

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**APLICAÇÃO DO ESTERCO DE GALINHA NAS
CARACTERÍSTICAS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO
CAPIM MARANDU COM OU SEM A ESCARIFICAÇÃO**

Autor: Edson Sadayuki Eguchi
Orientador: Prof. Dr. Ulysses Cecato
Coorientador: Prof. Dr. Antonio
Saraiva Muniz

Maringá
Estado do Paraná
Junho – 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**APLICAÇÃO DO ESTERCO DE GALINHA NAS
CARACTERÍSTICAS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO
CAPIM MARANDU COM OU SEM A ESCARIFICAÇÃO**

Autor: Edson Sadayuki Eguchi
Orientador: Prof. Dr. Ulysses Cecato
Coorientador: Prof. Dr. Antonio
Saraiva Muniz

Tese apresentada como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração Pastagem e Forragicultura.

Maringá
Estado do Paraná
Junho – 2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

E32a Eguchi, Edson Sadayuki
Aplicação do esterco de galinha nas características do solo e produtividade do capim marandu com ou sem a escarificação / Edson Sadayuki Eguchi. -- Maringá, 2014.
66 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ulysses Cecato.
Coorientador: Prof. Dr. Antonio Saraiva Muniz.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, 2014.

1. Resíduo orgânico. 2. Fertilização - Solo - Resíduo orgânico. 3. Forragicultura. 4. Capim marandu - Produção. I. Cecato, Ulysses, orient. II. Muniz, Antonio Saraiva, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 21.ed. 631.86

ECSL-001574



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

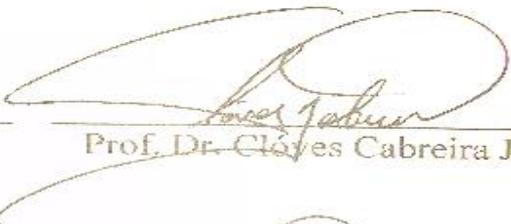
**APLICAÇÃO DO ESTERCO DE GALINHA NAS
CARACTERÍSTICAS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO
CAPIM MARANDU COM OU SEM A ESCARIFICAÇÃO**

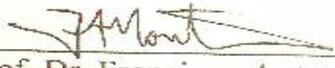
Autor: Edson Sadayuki Eguchi
Orientador: Prof. Dr. Ulysses Cecato

TITULAÇÃO: Doutor em Zootecnia - Área de Concentração Pastagem e
Forragicultura

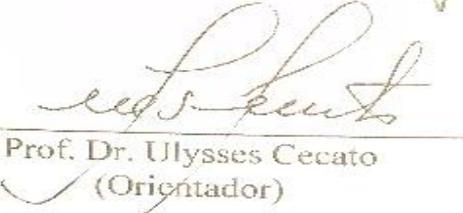
APROVADA em 09 de junho de 2014.


Prof. Dr. Antonio Saraiva Muniz


Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim


Prof. Dr. Francisco Antonio
Monteiro


Prof. Dr. Sandra Galbeiro


Prof. Dr. Ulysses Cecato
(Orientador)

Dedico

À minha amada esposa Aline Aparecida Silva Eguchi e minhas filhas Amanda Namyeguchi e Giovanna Umyeguchi, pela compreensão e amor que sinto por cada uma e por esta família.

Ao meu pai Mituro Eguchi, que onde estiver estará sempre me olhando e torcendo por mim e a minha mãe Nobuco Eguchi, que sempre me apoia nas maiores conquistas que a vida nos reserva.

Ao meu irmão Marcio Hiroyuki Eguchi e Marcelo Eguchi e suas famílias, pelas orientações, apoio e companheirismo de sempre.

Deus abençoe todos vocês, lhes dando a alegria de sempre e de tê-los sempre ao meu lado, nesta minha caminhada que continua...

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, pela saúde, família, amigos, oportunidade de vida e de conquistas.

À Universidade Estadual de Maringá (UEM) e a Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), em particular ao programa de Pós-graduação em Zootecnia, pela oportunidade de criação do Doutorado Interinstitucional (DINTER) para a minha qualificação profissional.

Ao Professor Orientador Dr. Ulysses Cecato, ao Professor Coorientador Dr. Antonio Saraiva Muniz, Professor Dr. Carlos Antonio Lopes de Oliveira e ao Professor Dr. Cássio Antônio Tormena, pelo total companheirismo, amizade, atenção, dedicação e acima de tudo pelos preciosos ensinamentos de vida.

Ao Professor Dr. Luiz Juliano Valério Geron, pelo início de todo o projeto DINTER e pela sua coordenação junto a Universidade do Estado de Mato Grosso.

Ao Professor Dr. Elias Nunes Martins e a Professora Dr.^a Eliane Gasparino, pela orientação, ensinamentos e coordenação do DINTER junto a Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPZ).

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, do Departamento de Zootecnia e Agronomia da UEM, pelos ensinamentos e orientações no decorrer do curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), pelos recursos concedidos nesta qualificação.

Aos amigos docentes de trabalho na Universidade do Estado de Mato Grosso e alunos do programa DINTER e PPZ.

A todos do Grupo de Estudos em Forragicultura Cecato (GEFORCE), pela amizade, companheirismo e dedicação quando se dispuseram a me ajudar para a conclusão desse trabalho, pois, sem eles, não teria esse privilégio e conquista.

Para o Raphael A. C. Murano do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI), pela disposição e ajuda na coleta de campo.

À minha família, pelo apoio, carinho, oportunidade e incentivo de sempre, ofertando esta grande conquista em minha vida, devendo-lhes, assim, mais esse mérito.

Aos funcionários da UEM e da UNEMAT, pela dedicação, atenção e pelo profissionalismo.

Aos integrantes do Laboratório de Nutrição Animal da UEM, pela orientação, paciência nas conduções das análises laboratoriais.

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pela disposição e prontidão para a condução dos serviços a campo.

A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação e concretização deste título.

OBRIGADO

BIOGRAFIA

EDSON SADAYUKI EGUCHI, filho de Mituro Eguchi (*In Memoriam*) e Nobuco Eguchi, nasceu no dia 09 de março de 1971 no Município Lins, Estado de São Paulo.

Em julho de 1994, concluiu o curso de Engenharia Agrícola pela Escola Superior de Agricultura Lavras (ESAL), Lavras-MG. Ingressou no mestrado em Engenharia Agrícola na área de Irrigação e Drenagem e em agosto de 1999 pela Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Em agosto de 2010, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado Interinstitucional (DINTER) na área de concentração em Pastagens e Forragicultura, da Universidade Estadual de Maringá (UEM), sendo que em 31 de janeiro de 2014, submeteu-se à banca para defesa da Dissertação de Doutorado.

É professor assistente na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) no Departamento de Zootecnia, Campos de Pontes e Lacerda, na área de Engenharia Agrícola, desde agosto de 2001.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xii
GENERAL ABSTRACT.....	xiv
I – INTRODUÇÃO.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5
II – HIPÓTESE E OBJETIVOS GERAIS.....	9
HIPÓTESE.....	9
OBJETIVOS GERAIS.....	9
III - Produtividade e características estruturais do capim Marandu fertilizado com esterco de galinha sem e com escarificação	
Resumo.....	10
Abstract.....	10
Introdução.....	11
Material e Métodos.....	12
Resultados e Discussão.....	15
Conclusões.....	26
Literatura Citada.....	26
IV - Alterações físicas e químicas no solo com capim Marandu fertilizado com esterco de galinha sem e com escarificação	
Resumo.....	29
Abstract.....	29

Introdução.....	30
Material e Métodos.....	32
Resultados e Discussão.....	35
Conclusões.....	45
Literatura Citada.....	45
V - Minerais na massa de forragem de capim Marandu fertilizado com esterco de galinha sem e com escarificação	
Resumo.....	49
Abstract.....	49
Introdução.....	50
Material e Métodos.....	51
Resultados e Discussão	53
Conclusões.....	63
Literatura Citada.....	63
VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66

LISTA DE TABELAS

Página

III - Produtividade e características estruturais do capim Marandu fertilizado com esterco de galinha sem e com escarificação

- Tabela 1.** Número de corte e produção de massa seca aérea do capim Marandu fertilizado com esterco de galinha e manejo sem e com escarificação do solo..... 23
- Tabela 2.** Avaliação de raízes do capim Marandu fertilizado com esterco de galinha e manejo sem e com escarificação do solo, abril de 2013..... 25

IV - Alterações físicas e químicas no solo com capim Marandu fertilizado com esterco de galinha sem e com escarificação

- Tabela 1.** Resultados da análise física do solo em manejo sem e com escarificação nas profundidades de 0,0 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m em capim Marandu fertilizado com esterco de galinha..... 36
- Tabela 2.** Análise química do solo com capim Marandu fertilizado com doses de esterco de galinha e manejo sem e com escarificação do solo, aos 180 dias..... 41
- Tabela 3.** Análise química do solo com capim Marandu fertilizado com doses de esterco de galinha e adubação mineral (NPK) manejado sem e com escarificação do solo, aos 180 dias..... 43

V - Minerais na massa de forragem de capim Marandu fertilizado com esterco de galinha sem e com escarificação

Tabela 1. Concentração de minerais na parte aérea no capim Marandu fertilizado com esterco de galinha e manejo sem e com escarificação do solo.....	55
Tabela 2. Extração mineral pela massa de forragem do capim Marandu fertilizado com esterco de galinha e manejado sem e com escarificação do solo (s,e).....	62

LISTA DE FIGURAS

Página

III - Produtividade e características estruturais do capim Marandu fertilizado com esterco de galinha sem e com escarificação

- Figura 1** Precipitação pluvial e temperaturas, no período experimental de setembro de 2012 a 2013. Fonte: Laboratório de Sementes da FEI..... 12
- Figura 2** Período de corte do capim Marandu e manejo do solo: A. sem escarificação e B. com escarificação..... 15
- Figura 3** Avaliação produtiva do capim: A. número de corte (NC), B. massa seca total acumulada (MST); C. massa seca do resíduo acumulado (MSR) e D. massa seca acumulada (MS). Esterco aplicado (E) e manejo sem (s) e com escarificação (e)..... 17
- Figura 4** Características estruturais do capim Marandu efetuados com IL de 95% para: A. lâmina foliar acumulada (LF) e B. colmo+bainha acumulado (CO). Esterco aplicado (E) e manejo sem (s) e com escarificação (e)..... 20
- Figura 5** Características estruturais do resíduo do capim Marandu para: A. lâmina foliar residual acumulada (LFR), B. colmo+bainha residual acumulado (COR), C. material morto residual acumulado (MMR). Esterco aplicado (E) e manejo sem (s) e com escarificação (e)..... 21
- Figura 6** Características estruturais do capim Marandu para: lâmina foliar (LFP). Esterco aplicado (E)..... 22

IV - Alterações físicas e químicas no solo com capim Marandu fertilizado com esterco de galinha sem e com escarificação

- Figura 1** Precipitação pluvial e temperaturas, no período experimental de setembro de 2012 a abril de 2013. Fonte: Laboratório de Sementes da FEI..... 32
- Figura 2** Parâmetros químicos do solo com fertilização de esterco de galinha e manejo sem e com escarificação (s,e). A. pH em H₂O; B. cálcio (Ca); C. potássio (K); D. fósforo (P) e E. zinco (Zn). Camadas (1) 0,0 - 0,1; (2) 0,1 - 0,2 e (3) 0,2 - 0,4 metros de profundidade..... 38

V - Minerais na massa de forragem de capim Marandu fertilizado com esterco de galinha sem e com escarificação

- Figura 1** Precipitação pluvial e temperaturas, no período experimental de setembro de 2012 a 2013. Fonte: Laboratório de Sementes da FEI..... 52
- Figura 2** Massa seca acumulada de capim Marandu fertilizado com esterco de galinha em período de 350 dias com manejo do solo: A. sem escarificação; B. com escarificação..... 54
- Figura 3** Concentração mineral na massa de forragem de capim Marandu fertilizado com esterco de galinha e manejo sem e com escarificação do solo (s,e). A. cálcio; B. potássio; C. nitrogênio; D. cobre e E. zinco..... 58
- Figura 4** Extração mineral pela massa de forragem do capim Marandu fertilizado com esterco de galinha e manejo sem e com escarificação do solo (s,e). A. magnésio; B. potássio; C. nitrogênio; D. fósforo..... 60
- Figura 5** Extração mineral pela massa de forragem do capim Marandu fertilizado com esterco de galinha e manejo sem e com escarificação do solo (s,e). A. cobre; B. zinco..... 61

RESUMO

Com produção anual de aproximadamente 21,9 milhões de toneladas e baixo custo no mercado interno brasileiro, o esterco de galinha poderia ser base de fornecimento de matéria orgânica, além de macro e micro nutrientes em pastagens. O objetivo foi avaliar a produtividade e nutrientes minerais no capim Marandu com 10 anos de pastejo e as alterações físicas e químicas do solo com aplicação de esterco de galinha sem e com uso do escarificador. O experimento foi conduzido de 09/2012 a 09/2013 na Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá (UEM), em Latossolo Vermelho distrófico. A área experimental recebeu aplicação de 490 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (V=50%) e 270 kg ha⁻¹ de gesso agrícola. O delineamento foi em blocos ao acaso com quatro repetições num arranjo fatorial 5 x 2, cinco doses de esterco (0, 1,037, 2,074, 4,148, 6,222 Mg ha⁻¹) e sem e com escarificação do solo. Um tratamento adicional com adubação mineral (NPK) baseado nos nutrientes contidos em 2,074 Mg ha⁻¹ ou (138 de N_{total}, 50 de P₂O₅, 77 de K₂O) kg ha⁻¹. O manejo de corte foi fundamentado na interceptação luminosa de 95%, com altura de resíduo de 0,15 m. Na produção com interceptação luminosa de 95% houve interação dose x manejo sem e com escarificação com modelos lineares para número de corte, massa seca total acumulada e massa seca do resíduo acumulado. Com efeitos no aumento de doses de esterco para massa seca acumulada, a produção foi de 19,31 Mg ha⁻¹ com dose de 6,222 Mg ha⁻¹. Nas características estruturais com IL de 95% houve interação dose x manejo para lâmina foliar acumulada com aumento de produção de 20,77% sem a escarificação com dose de 6,222 Mg ha⁻¹. Para o resíduo de 0,15 m, interação dose x manejo sem escarificação para lâmina foliar residual e material morto residual e efeito de dose para colmo+bainha residual. Entre o manejo adotado, a produção de lâmina foliar teve ajuste linear com aumento de produção de 6,19 Mg ha⁻¹ entre doses de esterco, demonstrando

a forte dependência com aplicação de esterco. No contraste de média entre o controle com cada dose de esterco de galinha, a produção de massa seca acumulada teve efeito com menor dose de esterco aplicado. Na avaliação de raízes do capim Marandu realizada em abril de 2013, houve interação dose x manejo sem e com escarificação na camada 0,2 - 0,4 m para massa seca de raiz, área superficial e comprimento. Na avaliação física do solo, o efeito de manejo com escarificação na profundidade de 0,2 m, houve na camada de 0,0 - 0,2 m, aumento de macroporosidade e na camada 0,2 - 0,4 m redução de densidade do solo e aumento de macroporosidade e porosidade total. Na análise química do solo, houve efeito de dose com aumento pH e ajuste ao modelo quadrático e linear nas camadas de 0,0 - 0,1 e 0,1 - 0,2 m, respectivamente. Na camada 0,0 - 0,1 m, com efeito de dose, o cálcio (Ca) e zinco (Zn) teve ajuste linear. Na camada 0,0 - 0,1 m, a interação dose x manejo sem escarificação para o potássio (K) o aumento foi de $0,21 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ com $6,222 \text{ Mg ha}^{-1}$ de esterco de galinha e nas camadas 0,1 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m, o ajuste foi linear com escarificação para o P com aumento de 8,10 e 3,95 mg dm^{-3} . Foi significativa a comparação da adubação mineral (NPK) com o controle e as doses para o pH, H + Al, Ca, Mg, P e Zn. Na avaliação de minerais presentes na massa de forragem do capim Marandu, a interação dose x manejo sem escarificação, com ajuste quadrático, a concentração foi máxima de N de $20,64 \text{ g kg}^{-1}$ e na interação dose x manejo com escarificação do solo, a concentração máxima de Zn foi de $60,60 \text{ mg kg}^{-1}$. Na extração mineral com efeito de dose e ajustes lineares para Mg, K e P e interação dose x manejo com escarificação para o N. No contraste de extração mineral entre adubação mineral (NPK) com o controle e doses de esterco de galinha, foi significativa no Ca, Mg, K, N, P, Cu e Zn. O esterco de galinha pode ser considerado uma alternativa de fertilização orgânica na recuperação do capim Marandu.

Palavras-chave: fertilização, forragicultura, produção, resíduo orgânico

GENERAL ABSTRACT

With annual production of approximately 21.9 million tons and low cost in the Brazilian market, the chicken manure could be the supply base of organic matter, and macro and micro nutrients in pastures. The objective was to evaluate the productivity and mineral nutrients in Marandu grass with 10 years of grazing and the physical and chemical soil changes with application of chicken manure with and without use of soil chiseling. The experiment was carried out from 09/2012 to 09/2013 in the Iguatemi Experimental Farm at the Maringá State University (UEM), in dystrophic Red Latosol (Rhodic Ferralsol). The experimental area received application of 490 kg ha⁻¹ of dolomitic limestone (V = 50%) and 270 kg ha⁻¹ of gypsum. The design was a randomized block with four replications in a 5 x 2 factorial arrangement of five doses of manure (0, 1.037, 2.074, 4.148, 6.222 Mg ha⁻¹) with and without soil chiseling. An additional treatment with mineral fertilizer (NPK) based on the nutrients contained in 2.074 Mg ha⁻¹ or (138 of N_{total}, 50 P₂O₅, 77 K₂O) kg ha⁻¹. The cut management was based on light interception of 95%, with a height of 0.15 m residue. In the production with 95% of light interception there was dose x management interaction with and without soil chiseling with linear models for cutting number, the total accumulated dry mass and dry mass of the accumulated residue. With effect in increasing doses of manure to dry matter accumulation, the production was 19.31 Mg ha⁻¹ at a dose of 6.222 Mg ha⁻¹. In the structural characteristics with IL of 95%, there was a dose x management interaction for accumulated leaf blade with increased production of 20.77% without soil chiseling with doses of 6.222 Mg ha⁻¹. To the residue of 0.15 m, there was dose x management interaction without soil chiseling for residual leaf blade and residual dead material and dose effect for residual stem + sheath. Among the adopted management, production of leaf blade had linear fit with increased production of 6.19 Mg ha⁻¹ among manure rates,

demonstrating the strong dependence on manure application. In the average contrast medium between the control with each dose of chicken manure, the accumulated dry matter production had effect with smaller dose of manure applied. In evaluating the Marandu grass roots done in April 2013, there was dose x management interaction with and without soil chiseling in the layer of 0.2 - 0.4 m for root dry weight, surface area and length. On soil physical examination, the effect of handling soil with chiseling in the depth of 0.2 m, there was in the layer of 0.0 - 0.2 m, an increased macroporosity and in the layer of 0.2 - 0.4 m reduction in the density soil and increased macroporosity and total porosity. In the chemical analysis of the soil, there was no effect of dose with increasing pH and adjust to the quadratic and linear model in layers 0.0 - 0.1 and 0.1 - 0.2 m, respectively. In layer 0.0 - 0.1 m, with dose effect, calcium (Ca) and zinc (Zn), had a linear fit. The layer from 0.0 - 0.1 m, the dose x management interaction without soil chiseling for potassium (K) the increase was of $0.21 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ with 6.222 Mg ha^{-1} of chicken manure and in layers of 0.1 - 0.2 and from 0.2 - 0.4 m, there was a linear fit chiseling for P with increase of 8.10 and 3.95 mg dm^{-3} . Was significant the comparison of mineral fertilization (NPK) with control and doses for pH, H + Al, Ca, Mg, P and Zn. In the evaluation of minerals in herbage mass of Marandu grass the dose x management interaction without soil chiseling, with quadratic fit, the maximum N concentration was 20.64 g kg^{-1} and in the dose x management interaction with soil chiseling, the maximum Zn concentration was 60.60 mg kg^{-1} . Mineral extraction with effect of dose and linear adjust for Mg, K and P and dose x management interaction with soil chiseling for N. In contrast of mineral extraction from mineral fertilizer (NPK) with control and doses of chicken manure was significant Ca, Mg, K, N, P, Cu and Zn. The chicken manure can be considered an alternative to organic fertilization on Marandu grass recovery.

Key words: fertilization, forage crops, production, organic residue

I – INTRODUÇÃO

A globalização inspira no sistema agropecuário a corrida pela eficiência e alta produtividade. Equacionar uma razão de produção com o ambiente, criando elos de sustentabilidade entre as diversas cadeias produtivas, é um desafio para qualquer modelo de sistema agroindustrial.

No contexto produtivo agropecuário brasileiro, em 2012, destacaram o frango com 5,23 bilhões de cabeças abatidas e a produção de ovos com efetivo de galinhas de 499,85 milhões (IBGE, 2013). Segundo Konzen (2003), a criação de frango de corte produz em média quatro toneladas de cama por ano para cada 1000 aves e considerando que 1000 poedeiras produzem cerca de 0,12 t dia⁻¹ de esterco (Moreng & Avens, 1990), são gerados anualmente no Brasil 42,85 milhões de toneladas de dejetos sólidos.

A utilização de resíduos animais como incremento da matéria orgânica do solo é prática popular e antiga em todas as partes do mundo (Azeez & Averbek, 2010). Há a necessidade de desenvolvimento de pesquisas que viabilizem a utilização dos resíduos agropecuários, para que possam atuar na melhoria dos aspectos físicos, químicos e biológicos em solos tropicais. Para Kiehl (1985), os fertilizantes orgânicos podem oferecer maior contribuição nestes aspectos que os fertilizantes minerais.

A aplicação deste resíduo em solos agrícolas é o baixo custo do esterco nas granjas, ficando por conta do comprador o transporte de baixa densidade. Outros fatores contribuem, como a baixa relação carbono : nitrogênio que favorece a disponibilidade da maior parte do nitrogênio (Endale et al., 2008), além da presença de macro e de micronutrientes e de matéria orgânica (Moore et al., 1995).

No Brasil, as pastagens são vastas com aproximadamente 172,3 milhões de hectares (IBGE, 2006) e se estima que as Braquiárias ocupem mais da 80 milhões de hectares (ANUALPEC, 2008). A *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu* é a forrageiras

mais cultivadas em áreas de pecuária no Brasil Central (Euclides et al., 2009). Além das regiões norte e parte do sul, em que se adaptaram em condições variadas de solo e clima, é importante forrageira para a produção animal. Requer solos profundos, boa drenagem no perfil e fertilidade média a alta, para garantir bom estabelecimento e persistência, com alta produtividade e boa qualidade (Valentim et al., 2000).

Segundo Peron & Evangelista (2004), a degradação das áreas de pastagens tem sido grande problema para a pecuária brasileira. No cerrado cerca de 80% se encontra em algum estágio de degradação (Barcellos et al., 2001). Na estimativa de Dias-Filho (2007), são 70 milhões de hectares de pastagens do Centro-Oeste e Norte do país, com problemas de degradação e necessidades de estudos sobre tecnologias adequadas e econômicas de sua recuperação.

As interações produtivas da braquiária com uso de fertilizantes orgânicos são complexas e tendo menor número de pesquisa nessa área. De acordo com a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA de nº8 de 26/3/2004 e de nº25, de 23/07/2009, o uso da cama de aviária e ou esterco de aves em pastagens e capineiras é permitido com incorporação após 40 dias (BRASIL, 2009).

A compactação do solo pelo pisoteio bovino se concentra em até 0,1m (Reichert et al., 2007). A escarificação em área de pastagem rompe camadas compactadas superficialmente, operação que proporciona menor desagregação sem promover a inversão das camadas, mantendo os resíduos vegetais e a forragem já estabelecida. Segundo Câmara & Klein (2005), essa operação proporciona condições físicas e hídricas favoráveis ao desenvolvimento das plantas.

Para Costa et al. (2009), os efeitos benéficos dos resíduos de animais aplicados como fertilizantes nas propriedades físicas do solo, dependem de suas características intrínsecas de formação. Solos com boas qualidades físicas, assim como elevados teores de nutrientes, tendem a não responder de forma significativa em curto prazo à aplicação desses resíduos.

Os dejetos e os resíduos orgânicos oriundos das atividades agropecuárias podem ser à base de fornecimento de matéria orgânica e de macro e micronutrientes na integração de produção de forragens. Sendo, a fertilidade e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas dependentes da matéria orgânica, que fornece nutrientes para os organismos presentes no solo (Costa et al., 2006).

A disponibilidade de nutrientes no cultivo do capim Marandu é um dos principais fatores que interferem na produtividade e qualidade da forrageira. A

fertilização orgânica em solos com baixa fertilidade e de classe textural arenosa, eleva a sua produção (Silva et al., 2012).

Os nutrientes presentes no esterco variam com a espécie e idade do animal, eficiência de conversão alimentar, ingestão de água, sistema de gestão e sexo (Azeez & Averbek, 2010). Também há influência do tempo e local de armazenamento, em função da umidade e temperatura, número de lotes criados e do tipo de material utilizado como cama aviária. No entanto, macro e micronutrientes presentes na matéria orgânica são decompostos e mineralizados lentamente ao longo do tempo, favorecendo a produção forrageira.

As taxas de aplicação de adubos orgânicos devem ser determinadas com base na necessidade de produção e corte da forrageira para evitar os riscos associados de contaminação de solo e água (Gaskin et al., 2013). Segundo Biguelini & Gummy (2012), o problema de contaminação fica restrito a alguns micronutrientes e, principalmente aos macronutrientes, como nitrogênio e fósforo.

De acordo com França et al. (2006), o nitrogênio quando aplicado via fertilizantes tende a ser convertido a amônio (NH_4^+) e este por sua vez é convertido a nitrato por meio de processos microbianos. Selbach & Sá (2004) alertaram sobre o arraste de material orgânico solúvel ou particulado pela enxurrada, provocando a eutrofização e elevação da demanda bioquímica de oxigênio nos corpos água.

Segundo Da Silva & Nascimento Júnior (2007), um dos marcos na avaliação de pastagens foi a publicação dos resultados experimentais de Brougham (1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960), demonstrando a importância do índice de área foliar para a compreensão das relações entre interceptação luminosa pelo dossel e acúmulo de forragem, além da interação frequência x intensidade de desfolhação nos estudos sobre produção e manejo de plantas forrageiras em pastagens.

Os resultados têm mostrado que o conceito de índice de área foliar crítico, condição em que o dossel intercepta 95% da luz incidente, originalmente descrito para plantas de clima temperado, é válido e pode ser aplicado em gramíneas tropicais (Mello & Pedreira, 2004; Carnevalli et al., 2006; Pedreira, 2006).

Com resíduo a 0,15 m de altura e boas condições nutricionais no solo e clima, maior é a capacidade de recomposição estrutural do dossel forrageiro com menores intervalos de corte. Segundo Nascimento Junior et al. (2002), em desfolhas frequentes, mas pouco intensas assegurando a manutenção de área foliar suficiente para interceptar

a luz incidente se tem crescimento e produção em taxas próximas do máximo em curto período.

Segundo Pedreira et al. (2009), pode se caracterizar as alterações morfológicas e estruturais da planta forrageira por meio do fracionamento da forragem acumulada em estratos horizontais do dossel e também os componentes morfológicos (folhas, colmos e material morto).

Atualmente com a evolução de tecnologias eletrônicas e de informática que podem auxiliar na coleta de dados e na decisão de pastejo e corte da forrageira. Muitas interações entre a adubação e o manejo podem ser adaptadas para os produtores que buscam maior eficiência de colheita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANUALPEC – Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo,SP: Instituto FNP/AGRA FNP Pesquisas Ltda, Consultoria & Comércio, 2008, 380p.
- Azeez, J. O.; Averbek, V. W. Nitrogen mineralization potential of three animal manures applied on a sandy clay loam soil. *Bioresource Technology*, v.101, p.5645-5651, 2010.
- Barcellos, A. O.; Vilela, L.; Lupinacci, A. V. Desafios da pecuária de corte a pasto na Região do Cerrado. Documento 31. Embrapa Cerrados, Planaltina, 2001, 39p.
- Biguelini, C. P.; Gumy, M. P. Saúde ambiental: índices de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos na região Sudoeste do Paraná. *Revista Faz Ciência*, Francisco Beltrão, v.14, p.153-175, 2012.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 25, de 23 de julho de 2009. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 28 de julho de 2009. Seção 1, 2009, 20p.
- Camara, R. K.; Klein, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.29, p.789-796, 2005.
- Carnevalli, R. A.; Silva, S. C. da; Bueno, A. A. O.; Uebele, M. C.; Bueno, F. O.; Silva, G. N.; Moraes, J. P. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. *Tropical Grasslands*, Cali, v.40, p.165-176, 2006.
- Costa, A. M. da; Borges, E. N.; Silva, A. de A.; Nolla, A.; Guimarães, E. C. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.33, p.1991-1998, 2009.

- Costa, K. A. de P.; Oliverira, I. P. de; Faquin, V. Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 60p. (Embrapa-CNPAF, Documentos, 192).
- Da Silva, S. C.; Nascimento Júnior, D. do. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.36, suplemento especial, p.121-138, 2007.
- Dias-Filho, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 3. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190p.
- Endale, D. M.; Shomberg, H. H.; Fisher, D. S.; Jenkins, M. B.; Sharpe, R. R.; Cabrera, M. L. No-till corn productivity in a Southeastern United States ultisol amended with poultry litter. *Agronomy Journal*, Madison, v.10, p.1401-1408, 2008.
- Euclides, V. P. B.; Macedo, M. C. M.; Valle, C. B. do; Difante, G. dos S.; Barbosa, R.A.; Cacere, E. R. Valor nutritivo da forragem e produção animal em pastagens de *Brachiaria brizantha*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.44, p.98-106, 2009.
- França, R. M.; Frischkorn, H.; Santos, M. R. P.; Mendonça, L. A. R.; Beserra, M. C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte/CE. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v.11, p.92-102, 2006.
- Gaskin, J.; Harris, G.; Franzluebbbers, A.; Andrae, J. Poultry litter application on pastures and hayfields. Bulletin 1330. College of Agricultural and Environmental Sciences, Cooperative Extension. University of Georgia, 2013, 8p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE. Estatística da produção pecuária. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/tabela1_1.pdf. Acesso em: 31/08/2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE. Estatística da produção pecuária. Março de 2013, 2013. 70p. Disponível em:< http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm> Acesso em: 31/06/2013.
- Kiehl, J. E. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.
- Konzen, E. A. Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 16p. Disponível em:< http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2003/circular/Circ_31.pdf> Acesso em: 31/03/2010.

- Mello, A. C. L.; Pedreira, C. G. S. Respostas morfológicas do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) irrigado à intensidade de desfolha sob lotação rotacionada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.33, p.282-289, 2004.
- Moore Jr., P. A.; Daniel, T. C.; Sharpley, A. N.; Wood, C. W. Poultry manure management: Environmentally sound options. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.50, p.321-327, 1995.
- Moreng, R. E.; Avens J. S. Ciência e produção de aves. Department of Animal Science. Fort Collins: Colorado State University. 1990. 380p.
- Nascimento Jr., D.; Garcez Neto, A. F.; Barbosa, R. A.; Andrade, C. M. S. Fundamentos para o manejo de pastagens: evolução e atualidade. In: Obeid, J. A.; Pereira, O. G.; Fonseca, D. M.; Nascimento Jr., D. (Eds.). Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem, 1., 2002, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, 2002. p.149-196.
- Pedreira, B. C.; Pedreira, C. G. S.; Silva, S. C. da. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.38, p.618-625, 2009.
- Pedreira, B. C. Interceptação de luz, arquitetura e assimilação de carbono em dosséis de capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] submetidos a estratégias de pastejo rotacionado. 2006, 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência Animal e Pastagens)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- Peron, A. J.; Evangelista, A. R.. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.28, p.655-661, 2004.
- Reichert, J. M.; Suzuki, L. E. A. S.; Reinert, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: Cerreta, C. A.; Silva, L. S. da; Reichert, J. M. (Ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.5, p.49-134, 2007.
- Selbach, P. A.; Sá, E. L. S. Fertilizantes orgânicos, organo-minerais e agricultura orgânica. In: Bissani C.A.; Gainello C.; Tedesco M.J.; Camargo F.A.O. (Eds.). Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. Porto Alegre, Gênese, p.175-186, 2004.
- Silva, C. C.; Santos, A. C. dos; Silva, G. F. da; Rocha, J. M. L. da; Pires, C. C.; Oliveira, L. B. T. de. Resposta do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf) a aplicação de NPK e fontes de matéria orgânica. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, Belém, v.7, p.43-57, 2012.

Valentim, J. F.; Amaral, E. F. do; Melo, A. W. F. de. Zoneamento de risco edáfico atual e potencial de morte de pastagens de *Brachiaria brizantha* no Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 26p. (Embrapa Acre. Boletim de Pesquisa, 29)

II - HIPÓTESE E OBJETIVOS GERAIS

Hipótese

O uso de esterco de galinha influencia as características morfológicas e de produção do capim Marandu e as condições física e químicas do solo com manejo ou não da escarificação.

Objetivo Geral

Objetivou-se avaliar as alterações produtivas na massa de forragem do capim Marandu e os aspectos físicos e químicos do solo com uso de doses de esterco de galinha manejado sem e com escarificação.

III - Produtividade e características estruturais do capim Marandu fertilizado com esterco de galinha sem e com escarificação

Resumo: Com 30 anos de cultivo o capim Marandu ainda é a forrageira de maior aceitação para produção de forragem. O objetivo foi avaliar a produção do capim Marandu fertilizado com esterco de galinha aplicado no solo sem e com escarificação, de setembro de 2012 a 2013. O delineamento foi em blocos ao acaso com quatro repetições num arranjo fatorial 5 x 2, com cinco doses de esterco (0, 1,037; 2,074; 4,148; 6,222 Mg ha⁻¹) sem e com escarificação. Os cortes foram efetuados conforme interceptação luminosa de 95% do dossel na altura de 0,15 m de resíduo. Com a produção acumulada durante o período houve interação dose x manejo, com ajuste ao modelo linear e maior produção sem a escarificação do solo. Na interceptação luminosa de 95%, com número de corte, massa seca total acumulada e lâmina foliar acumulada e no resíduo de 0,15 m, com massa seca do resíduo, lâmina foliar residual e material morto residual. Entre o manejo adotado com efeito de dose, a produção massa seca e lâmina foliar foram de 19,31 e 13,52 Mg ha⁻¹ na maior dose de esterco. O uso do esterco e o manejo do solo não alteraram na camada de 0,0 - 0,2 m as raízes do capim Marandu. O esterco de galinha pode ser uma alternativa de fertilização para a recomposição produtiva do capim Marandu.

Palavras-chave: fertilização, forragicultura, manejo, massa de forragem

III - Productivity and structural characteristics of Marandu grass fertilized with chicken manure with and without soil chiseling

Abstract: With 30 years of cropping the Marandu grass is still the most widely accepted forage for production. The objective was to evaluate the production of Marandu grass fertilized with chicken manure applied to the soil with and without soil chiseling, from September 2012 / 2013. Design was a randomized block with four replications in a 5 x 2 factorial arrangement with five doses of manure (0, 1.073, 2.074, 4.148, 6.222 Mg ha⁻¹) with and without soil chiseling. The cuts were made with light interception of 95% of the canopy in the height of 0.15m of residue. With cumulative production during the period there was dose x management interaction with the linear model fit and increased production without soil chiseling. With 95% of light interception with cutting number, total dry matter and leaf blade accumulated and in the

residue height of 0.15 m, with dry mass of the residue, residual leaf lamina and residual dead material. Between management adopted with dose effect, dry matter production and leaf blade were 19.31 and 13.52 Mg ha⁻¹ at the highest dose of manure. The use of manure and soil management did not change in the 0.0 - 0.20 m the Marandu grass roots. The chicken manure can be an alternative fertilization for productive rearrangement of Marandu grass.

Key words: fertilization, forage crops, management, forage mass

Introdução

O Brasil produziu 2,689 bilhões de dúzias de ovos, com número efetivo de aproximadamente 499,85 milhões de galinha (IBGE, 2013), e são gerados anualmente cerca 21,90 milhões de toneladas de esterco.

O uso de esterco sólido é uma alternativa de redução dos custos na adubação de pastagens (Araújo et al., 2011) e o esterco de galinha possui maiores teores de matéria orgânica, nitrogênio total, fósforo total e carbono (C) do que outros tipos de esterco (Azeez & Averbeke, 2010). Segundo o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009), no Brasil é permitido o uso da cama ou esterco de aves em pastagens e capineiras, com 40 dias de carência após incorporação.

A incorporação mecânica do esterco de aves ao solo em áreas de recuperação pode ser efetuada com uso da grade leve ou do escarificador. Neste processo a grade causa a movimentação do solo em forma de leiva e corte da forrageira pela ação dos discos, enquanto a haste do escarificador rompe as camadas compactadas com pouca movimentação do solo e preservando a planta forrageira na superfície do solo.

Desde o seu lançamento em 1984 a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu tem tido grande aceitação pelos criadores de gado (Verzignassi et al., 2012). Este capim abrange 70% de sementes comercializadas no mercado interno (Macedo, 2005) e com 30 anos de cultivo é a forrageira em condições mais favoráveis a degradação por parte dos produtores que não efetuam controle da fertilidade do solo e manejo adequado da pastagem.

Para Alexandrino et al. (2004), existem carências de informações nas características estruturais durante a rebrota da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, sob doses de nitrogênio e manejo de pastagens. Sabe-se que as taxas máximas de acúmulo de massa seca de plantas forrageiras estão associadas à interceptação da luz em 95% da radiação incidente (Trindade et al., 2007; Pedreira et al., 2009). Embora seja complexo

o processo dinâmico entre solo, planta, clima e animal é importante o conhecimento das alternativas mecânicas e de fertilizações na recuperação do capim Marandu ao longo do tempo.

Assim, objetivou-se avaliar a produção do capim Marandu (massa de forragem, composição estrutural e raízes), fertilizado com esterco de galinha e manejado sem e com escarificação do solo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá - PR, e localização de 23° 25'S de latitude e 51° 57'O de longitude e altitude média de 550 metros. O tipo climático predominante é o Cfa subtropical úmido mesotérmico (classificação Köppen), com temperatura média anual de 22 °C, e predominância de verões quentes, concentração de chuvas e baixa frequência de geadas severas (Figura 1). O período experimental ocorreu entre setembro de 2012 a 2013.

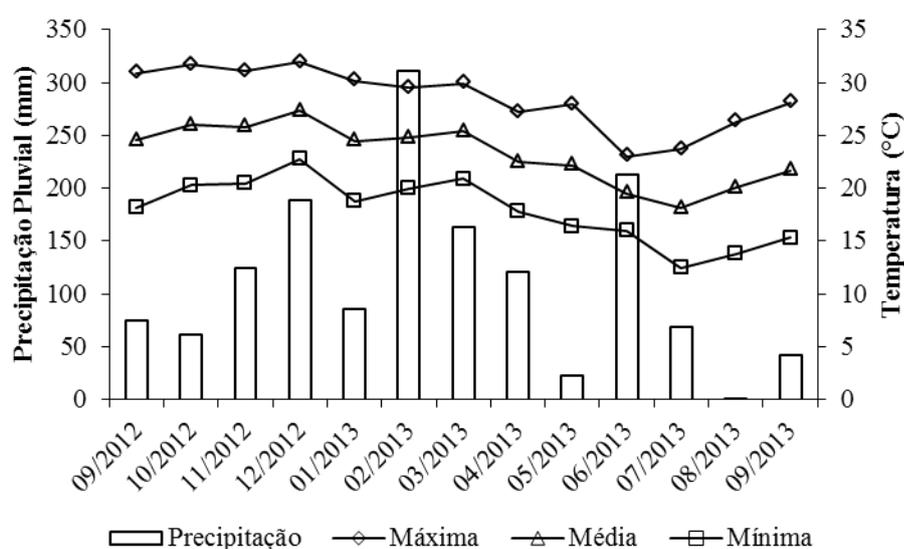


Figura 1. Precipitação pluvial e temperaturas, no período experimental de setembro de 2012 a 2013. Fonte: Laboratório de Sementes da FEI

O experimento foi instalado em área de 0,16 hectares cultivado com capim Marandu com 10 anos de pastejo, declividade de 5%, em Latossolo Vermelho distrófico com presença na camada de 0,0 - 0,2 m, 87,25; 1,00 e 11,75% de areia, silte e argila, respectivamente.

A análise química do solo (Laboratório de solo e Planta - UEM) da área experimental coletado a 0,0 - 0,2 m, apresentou entre bloco os teores médios de pH (H₂O)=6,00; C=8,23 g dm⁻³; P=6,28 mg dm⁻³; H⁺+Al⁺³=2,54; Ca⁺²=0,87; Mg⁺²=0,57; K⁺=0,13 cmol_c dm⁻³ e Fe=180,86; Zn=4,04; Cu=3,20; Mn=144,21; S-SO₄²⁻=3,25 mg dm⁻³.

O esterco de galinha da linhagem Hy Line W36 em postura com gaiolas, foi armazenado à sombra por 45 dias e coberto com lona. A análise química do esterco (Laboratório de agroquímica e meio ambiente - UEM) apresentou 6,0 g kg⁻¹ de matéria orgânica, 0,66 g kg⁻¹ (N_{total}), 3,53 g kg⁻¹ (CaO), 0,55 g kg⁻¹ (MgO), 0,37 g kg⁻¹ (K₂O), 0,24 g kg⁻¹ (P₂O₅), relação C/N 4,96:1, Cu=220,10; Mn=1226,90; Zn=368,00 mg kg⁻¹ e pH (H₂O) de 6,98.

CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Para elevação da saturação por bases do solo em 50% fez a aplicação manual de 490 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (32% CaO e 15% MgO) sobre o capim Marandu no mês de agosto de 2012 e depois de 25 dias corte de uniformização com roçadora a 0,1 m do solo.

A dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi baseada na manutenção de espécies do grupo III (Menezes et al., 2004; Oliveira, 2003) presente em 2,074 Mg ha⁻¹ de esterco. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições num arranjo fatorial 5 x 2, cinco doses de esterco (0, 1,037, 2,074, 4,148, 6,222 Mg ha⁻¹) e dois manejos sem e com escarificação do solo. Foi acrescentado um tratamento com adubação mineral em NPK contido em 2,074 Mg ha⁻¹ de esterco de galinha com 138 kg ha⁻¹ (N_{total}), 50 kg ha⁻¹ (P₂O₅), 77 kg ha⁻¹ (K₂O) para discussão dos resultados quanto ao número de cortes.

No final de mês de setembro foram aplicados 270 kg ha⁻¹ de gesso agrícola e cada parcela correspondente 6 m x 4 m doses única de esterco e no tratamento com adubação mineral de P₂O₅ e 1/3 do N_{total} e K₂O parcelados a cada 60 dias. E escarificação com uso de Arado Descompactador Tanden da marca IKEDA (DPT320M) que apresentava um disco de corte, posicionado anteriormente a cada haste helicoidal com ponteira inclinada de laminas de aço, a 0,2 m de profundidade.

CARACTERIZAÇÃO PRODUTIVA DO CAPIM MARANDU

A avaliação produtiva do capim Marandu foi com interceptação luminosa (IL) de 95% pelo dossel do capim Marandu (Trindade et al., 2007), utilizando aparelho AccuPAR modelo LP - 80 PAR/LAI Ceptometer com avaliações semanais com 3 leituras acima do nível do dossel e abaixo na superfície do solo em cada parcela. A altura de resíduo foi de 0,15 m (Trindade et al., 2007; Difante et al., 2011) rebaixado com aparador mecânico e remoção manual de toda biomassa.

Na produção de massa de forragem foi utilizado um quadrado de ferro com 0,25 m² de área (0,50 x 0,50 m), num total de quatro coletas por parcela, sendo duas amostras ao nível do solo com IL de 95% e mais duas a 0,15 m.

Para posterior avaliação, foram retiradas duas alíquotas de forragem de cada amostra, sendo uma para a determinação da massa seca com IL de 95% (MST) e resíduo de 0,15 m (MSR) e a outra para separação dos componentes morfológicos da forragem. De uma subamostra com IL de 95% e resíduo de 0,15 m foi realizada a separação manual para caracterização estrutural: frações de lâmina foliar verde (LF), colmo+bainha verde (CO) e material morto (MM). Pesadas e colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C por 72 horas, para posterior pesagem das frações secas. Os valores de massa seca de forragem e das características estruturais foram acumulados e convertidos para Mg ha⁻¹.

A avaliação do sistema radicular do capim Marandu foi realizada em abril e setembro de 2013, com tubo metálico de diâmetro interno 0,081 m e uma amostra coletada no centro de cada parcela ou nas entrelinhas das hastes com escarificação nas profundidades 0,0 - 0,1; 0,1 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m. As raízes foram lavadas em água corrente utilizando peneira de malha de 2 mm e acondicionadas em sacos plásticos com solução de álcool a 70%. De todas as amostras foram retiradas a alíquota de 1g para determinar a área superficial (m² dm⁻³) e o comprimento (m dm⁻³) por meio do aparelho DELTA T SCAN equipado com o software de análise de imagem de raízes. O restante da massa de raízes foi seca em estufa com circulação forçada de ar a 55 °C por 72 horas para massa seca (g dm⁻³).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise de variância foi realizada com o auxílio do pacote estatístico R (R, 2009), segundo o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_j + B_k + TE_{ij} + e_{ijk}$$

Em que: Y_{ijk} = valor da variável observada no bloco k, escarificação j, recebendo dose i; μ = média geral; T_i = efeito dose com i variando de 1 a 5; E_j = efeito em razão do manejo sem e com escarificação do solo, com j variando de 1 a 2; B_k = efeito pelo bloco com k variando de 1 a 4; TE_{ij} = é a interação dose x escarificação do solo; e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação. A 5% de probabilidade, o contraste de média pelo teste F avaliou a estimativa entre dose zero com cada dose de esterco de galinha e regressão aos modelos lineares e quadráticos com software Sisvar (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

No período experimental, foram realizados de três a nove cortes (IL de 95%) entre a combinação controle (sem esterco) com escarificação e a maior dose de esterco de galinha sem escarificação (Figura 2). Com dose de 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco de galinha e adubação mineral (NPK) sem escarificação o primeiro corte ocorreu aos 40 dias e no tratamento controle o período foi maior com 143 dias após a aplicação de esterco sem e com escarificação. Entre as doses de esterco com alterações físicas do solo pelo arado escarificador foi maior o período para o início de corte se comparado sem o manejo físico do solo.

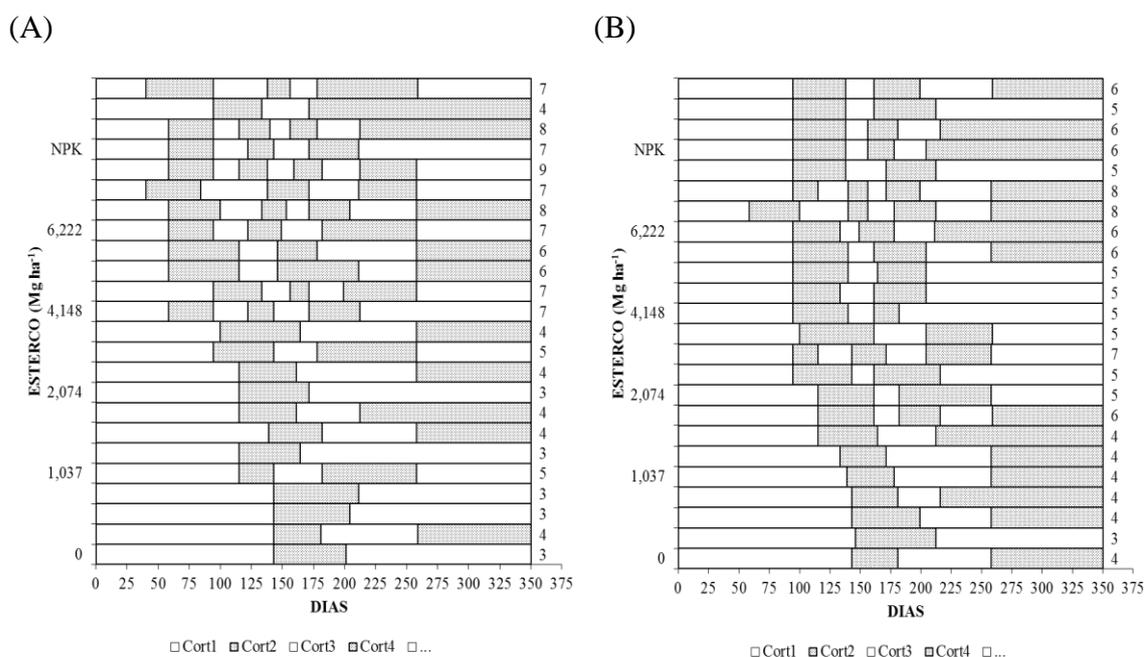


Figura 2. Período de corte do capim Marandu e manejo do solo: A. sem escarificação e B. com escarificação

O maior intervalo médio entre cortes foi de 177 dias para menores doses de esterco e controle. Segundo Pedreira et al. (2009), nesta situação maior é a chance da comunidade vegetal repor de alguma forma as reservas utilizadas na recuperação de um novo dossel, gerando alterações nos padrões de acúmulo. E o menor intervalo médio entre cortes foi de 44 dias com maior dose de esterco e adubação mineral. Segundo Difante et al. (2011), a maior eficiência do capim Marandu é alcançada com cortes mais frequentes. Os resultados confirmam Trindade et al. (2007), com dependência do capim Marandu pela fertilidade natural do solo ou maior adubação nitrogenada com novas estruturas dos dosséis.

As condições climáticas favoráveis também contribuíram na frequência dos cortes entre 90 e 210 dias principalmente pelas altas temperaturas e precipitações pluviais. Após esse período essa frequência foi comprometida pela baixa temperatura em torno de 20 °C (Figura 1). Em relação ao manejo sem e com escarificação do solo a possibilidade de maior utilização do pasto foi para os tratamentos com 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco de galinha e químico mineral (NPK) ambos com simples aplicação superficial sem a escarificação.

A interação doses de esterco x manejo do solo sem e com escarificação para o número de corte (NC), massa seca total acumulada (MST) e massa seca do resíduo acumulado (MSR) e efeito de doses para massa seca acumulada (MS), Figura 3.

A aplicação de maiores doses de esterco de galinha promoveu incremento no número de cortes nos dois manejos utilizados no capim Marandu com ajustes aos modelos lineares (Figura 3A).

O maior número de cortes sem escarificação (NCs) em relação ao número de cortes com escarificação (NCe) entre doses de 1,037 e 6,222 Mg ha⁻¹ esta relacionado com as alterações físicas ocasionadas pela haste do arado escarificador, que pode ter desagregado o solo próximo as raízes justificando a redução no número de cortes mesmo com aumento de doses de esterco.

Para aplicações de esterco maiores que 3,20 Mg ha⁻¹, o NCs é maior que o NCe mesmo com a redução da densidade do solo, aumento da macroporosidade e porosidade total do solo pelo arado escarificador na profundidade de 0,20 m. Em fertilizações menores que 3,20 Mg ha⁻¹ o NCe é maior que o NCs, talvez pela aeração do solo houve aumento de ação proporcionada por microrganismo na decomposição da matéria orgânica nesta camada mesmo com baixa dose de esterco aplicado na superfície. Para

Colussi (2013), a escarificação pode auxiliar no fornecimento de maior concentração de nutrientes mesmo para as menores dosagens de esterco. A ocorrência de nova reciclagem de nutrientes pela alteração física do solo é por causa da nova interação e desenvolvimento de populações de microrganismos decompositores de matéria orgânica existente no solo (Bot & Benites, 2005).

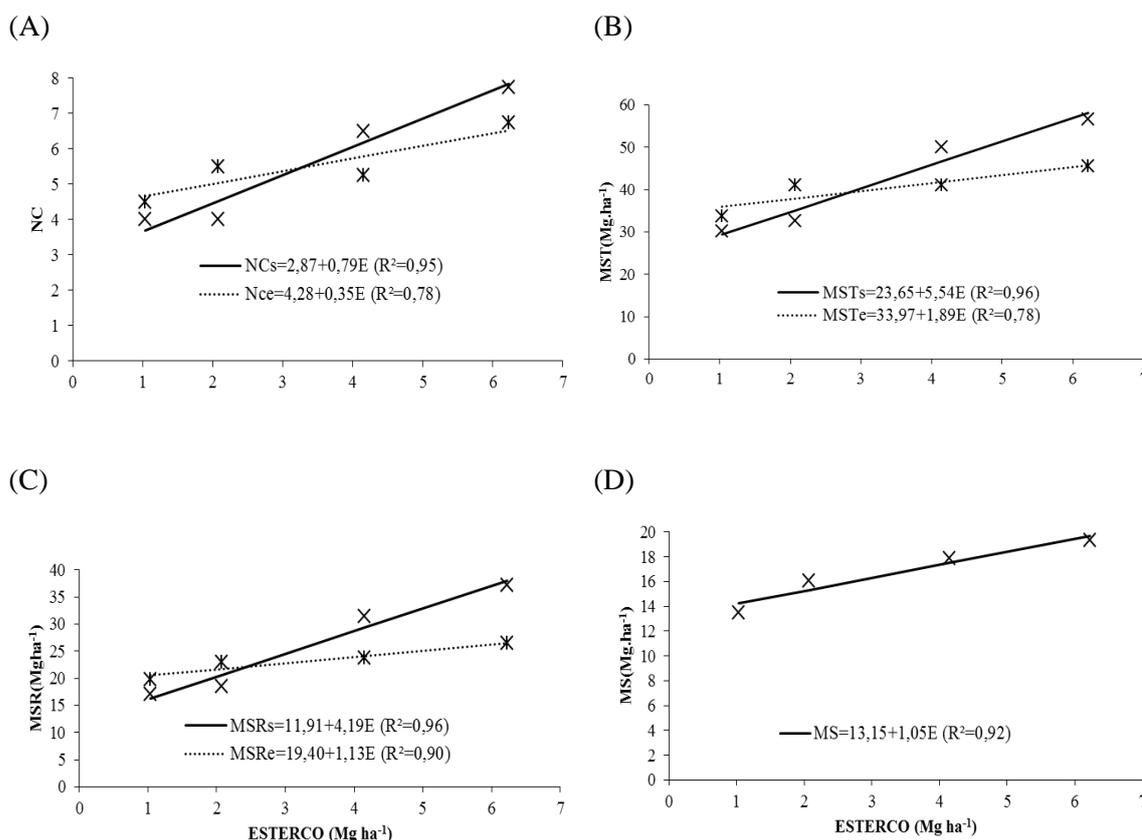


Figura 3. Avaliação produtiva do capim: A. número de corte (NC), B. massa seca total acumulada (MST); C. massa seca do resíduo acumulado (MSR) e D. massa seca acumulada (MS). Esterco aplicado (E) e manejo sem (s) e com escarificação (e)

Com a dose de esterco de $6,222 \text{ Mg ha}^{-1}$, os resultados de NCs são semelhantes aos trabalhos com intervalo de corte fixado em dias, variando quanto às estações de chuva e de seca, somando de seis a sete cortes ao longo de um ano de avaliação (Oliveira et al., 2005; Silva et al., 2013). Apesar da relevância destes trabalhos, os cortes efetuados com IL de 95% consideram os aspectos fisiológicos da forrageira no momento de maior produção.

A diferença entre os manejos e a maior disponibilidade de macro e micronutrientes mineralizados, contribuiu para a evolução do índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL), proporcionado por maior número de perfilhos em razão de maiores espaços e incidência de luz e recomposição estrutural do dossel forrageiro em menor tempo pelo aparecimento de folhas mais jovens. Em parcelas cortadas a 0,15 m de altura, Difante et al. (2011), observaram populações mais estáveis de perfilhos, confirmando Sbrissia & Da Silva (2008), com pastos mantidos mais baixas possuem maior densidade populacional de perfilhos pequenos.

Segundo Pedreira et al. (2009) o papel das folhas em aumentar o índice de área foliar é fundamental, enquanto altas taxas de crescimento podem ser alcançadas em um índice de área foliar que causa interceptação quase total da luz incidente. Dessa forma, dosséis em que é efetuado o corte ou pastejo com menores intervalos de descanso, mantendo um IL próximo de 95%, supostamente seriam mais eficientes em assimilar carbono (Pedreira & Pedreira, 2007), mas, como o tempo de rebrota é menor, o resultado é baixa taxa média de acúmulo de forragem.

Segundo Nascimento Júnior & Adese (2004), a recuperação do IAF com IL de 95%, pela retirada de parte da fitomassa produzida em razão de cortes ou pastejo, é variável, em virtude das condições ambientais e notadamente da disponibilidade de nitrogênio no solo.

Na massa seca total acumulada sem escarificação (MSTs) e com escarificação (MSTe), os modelos lineares demonstram que o aumento de doses de esterco e manejo do solo ofereceram condições favoráveis de produção (Figura 3B). A MSTe é superior a MSTs, quando a fertilização com esterco é menor que $2,82 \text{ Mg ha}^{-1}$. Certamente as alterações físicas no solo permitiram a mineralização orgânica dos nutrientes por microrganismos, desenvolvimento do sistema radicular em razão da frequência de corte e condições para absorção de nutrientes mesmo com baixa dose de esterco. Nas fertilizações de maiores de $2,82 \text{ Mg ha}^{-1}$ a massa seca total acumulada sem escarificação foi superior a massa seca total acumulada com escarificação do solo.

Em relação ao intervalo de dose aplicado de $1,037$ e $6,222 \text{ Mg ha}^{-1}$ de esterco de galinha, há incremento de $26,53 \text{ Mg ha}^{-1}$ na produção de MSTs e de $11,86 \text{ Mg ha}^{-1}$ na produção de MSTe. A escarificação do solo visou melhorar a incorporação de esterco de galinha ao solo, além das condições físicas locais, causando mínima mobilização superficial do solo, preservando o capim Marandu na superfície. Mesmo com o aumento de aplicação de esterco e escarificação a $0,20$ m de profundidade em que se concentra

grande parte das raízes do tipo fasciculada essas alterações físicas podem causar a desestruturação do solo próximo as raízes, bem como o seu rompimento causando redução de produção. Os resultados diferem de Colussi (2013) em que o fator de manejo do solo (sem e com escarificação) não apresentou diferença na produção de massa acumulada de capim Tifton 85 em quatro cortes realizados, talvez pelo pouco tempo de avaliação.

Segundo Alexandrino et al. (2004), esse incremento provavelmente é pelo aumento de área foliar e melhor relação entre carbono e nitrogênio e de novas rebrotas, principalmente nas maiores doses.

Na relação de MSTs/NCs e MSTe/NCe, os resultados encontrados são maiores do que os verificados por Silva et al. (2013), que obteve produção média de 6,48 Mg ha⁻¹ de capim Marandu, com dose de 5 Mg ha⁻¹ de esterco de galinha aos 95 dias de aplicação e manejo. De acordo com Marcelino et al. (2006), o aumento no intervalo de desfolhações proporciona maiores quantidades de pseudocolmo e material morto, compensados pela maior produção de massa forrageira. Com IL de 95%, respeitando a fisiologia de produção e corte da forrageira podendo obter bons resultados de produção de massa seca por corte.

Para massa seca do resíduo acumulado sem escarificação (MSRs) e com escarificação do solo (MSRe), os modelos lineares são crescentes com aumento de doses de esterco de galinha (Figura 3C).

A MSRs e MSRe são semelhantes com aplicação de 2,44 Mg ha⁻¹, sendo que na a dose de 6,222 Mg ha⁻¹ a MSRs é superior a MSRe em 40,53%. Os resultados diferem de Oliveira et al. (2007) que não observaram diferenças entre as formas de aplicação de ureia (superficial e incorporada com cultivador) em capim Marandu para a massa do resíduo acumulado na superfície do solo. Na relação MSR/NC, independentemente do manejo os valores encontrados são maiores que Pedreira et al., (2009), devido a estratégia de desfolhação do capim Xaraés com animais.

Na produção de massa seca acumulada (MS) entre IL de 95% e 0,15 m de resíduo, obteve crescimento linear com incremento de doses de esterco de galinha (Figura 3D). A dose de 6,222 Mg ha⁻¹ propiciou a produção de 19,31 Mg ha⁻¹ de MS, ou seja, 43,08% superior a dose de 1,074 Mg ha⁻¹. Com aplicação de 2,074 e 4,148 Mg ha⁻¹ houve incremento de 19,06 e 32,62%, respectivamente em relação a menor dose de esterco de galinha.

Para Lima et al. (2007), a produção de massa seca de capim Marandu cresceu linearmente com o incremento de doses de cama de frango, com dose máxima de 20 Mg ha⁻¹ (80 kg de P₂O₅) e produção de 21,3 Mg ha⁻¹ de MS, que foi superior em 126% em relação à dose de 5 Mg ha⁻¹. Lana et al. (2010), observaram no segundo corte da *Brachiaria decumbens* a maior produção massa seca com 5,41 Mg ha⁻¹ mediante aplicação de 9,37 Mg ha⁻¹ de cama de frango.

Nas características estruturais do capim Marandu com IL de 95%, foi significativa a interação doses x manejo sem e com escarificação do solo para produção de lâmina foliar acumulada (LF) e foi significativo o efeito de doses para produção de colmo+bainha (CO) (Figura 4). Para produção de material morto acumulado (MM) essa interação não foi significativa, bem como foi não significativa o efeito de dose de esterco, que teve média de 14,71 Mg ha⁻¹.

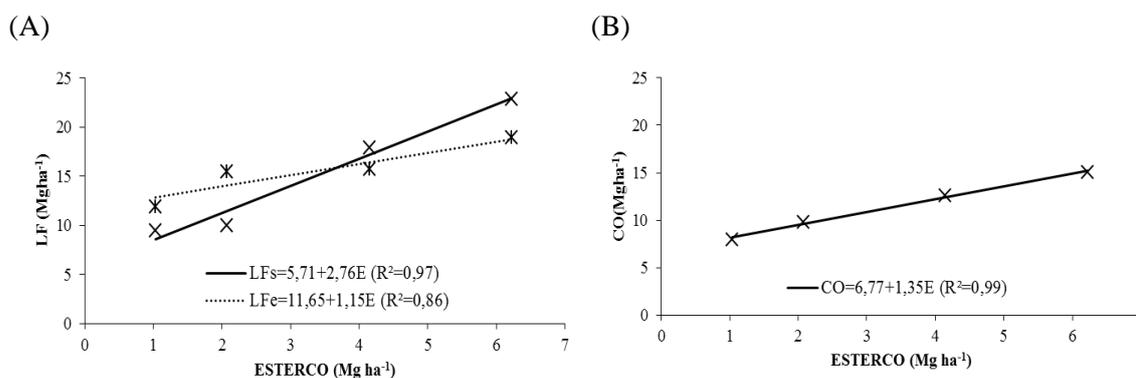


Figura 4. Características estruturais do capim Marandu efetuados com IL de 95% para: A. lâmina foliar acumulada (LF) e B. colmo+bainha acumulado (CO). Esterco aplicado (E) e manejo sem (s) e com escarificação (e)

Com as doses de esterco de galinha, ocorreu produção de 13,31 Mg ha⁻¹ para lâmina foliar acumulada sem escarificação (LFs) e 6,97 Mg ha⁻¹ para lâmina foliar com escarificação (LFe), o que correspondeu ao incremento de 90,32% no manejo sem escarificação. A LFs e LFe foram crescentes com aumento de dose de esterco, sendo valor semelhante entre o manejo com dose de 4,33 Mg ha⁻¹. Com dose de 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco de galinha a LFs é superior a LFe em 20,77%. Nesta condição, tanto a LFe como a LFs, foram influenciadas pela aplicação de esterco e o manejo adotado. Os resultados confirmam os verificados por Difante et al. (2011), em que a participação de

lâminas foliares na produção total de forragem é elevada pela densidade populacional de perfilhos e maior produção de massa de lâminas foliares jovens e mais ativas.

O aumento de doses de esterco de galinha promoveu incremento linear na produção de colmo+bainha acumulado (CO) do capim Marandu (Figura 4B). O aumento de CO entre as doses analisadas foi de 7,09 Mg ha⁻¹, um incremento de 89,24%, ocasionado pelo maior perfilhamento em razão da maior disponibilidade de nutrientes oriundos do esterco e pelos cortes realizados.

No resíduo de 0,15 m de altura, foi significativa a interação dose x manejo do solo para lâmina foliar residual (LFR) e material morto residual (MMR) e efeito de doses de esterco para colmo+bainha residual (COR) (Figura 5).

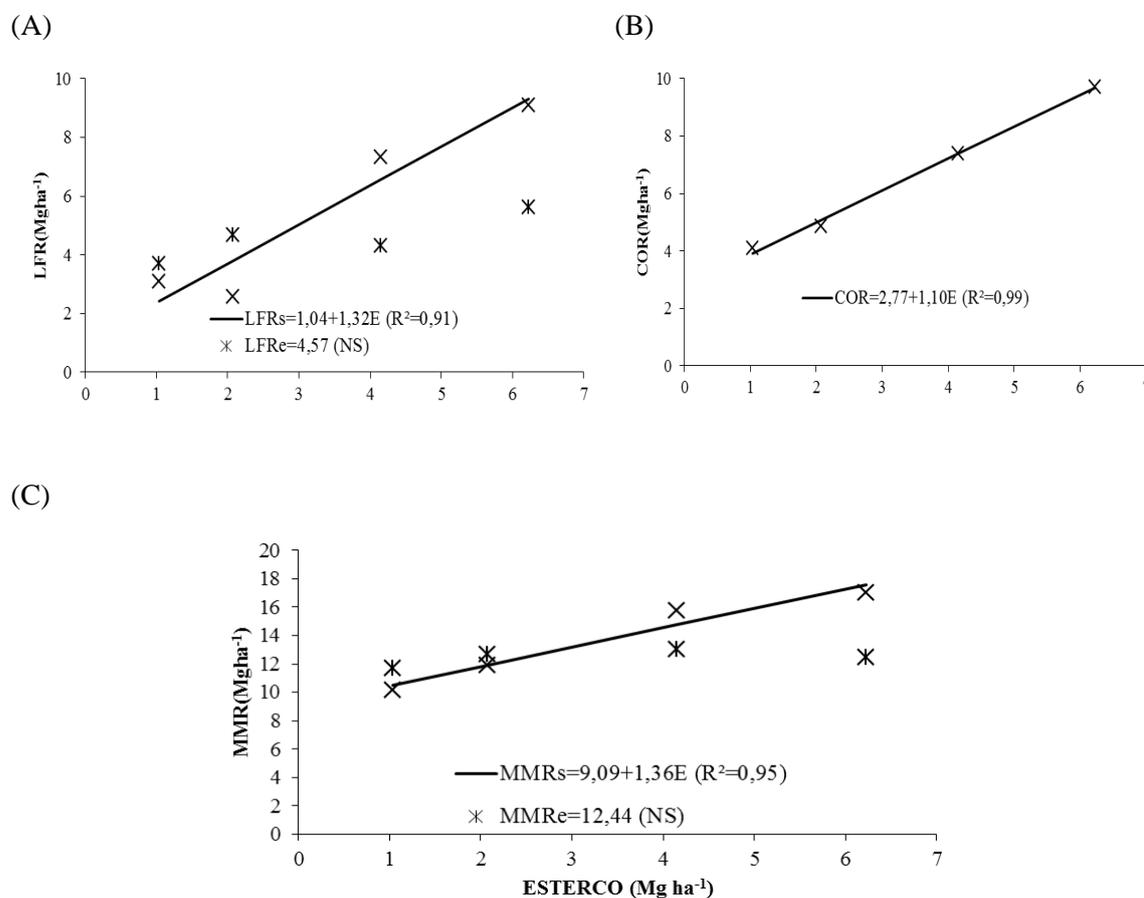


Figura 5. Características estruturais do resíduo do capim Marandu para: A. lâmina foliar residual acumulada (LFR), B. colmo+bainha residual acumulado (COR), C. material morto residual acumulado (MMR). Esterco aplicado (E) e manejo sem (s) e com escarificação (e)

A lâmina foliar residual acumulada sem escarificação (LFRs) foi linear com o aumento na dose de esterco de galinha e para lâmina foliar residual acumulada com escarificação (LFR_e) não houve ajuste ao modelo (Figura 5A). A maior produção de LFRs com 9,08 Mg ha⁻¹ na maior dose de esterco de galinha, mostrou aumento de 193% em relação a menor dose. Além da dependência de nutrientes fornecidos pelo esterco, a massa de lâmina foliar residual se relaciona com a capacidade de maior interceptação luminosa e assimilação fotossintética com acúmulo de carbono. Os resultados confirmam os de Trindade et al. (2007), no manejo do capim Marandu com altura de resíduo de 0,15 m, na frequente e intensidade de corte, potencializa o acúmulo de folhas residuais em extratos próximos a superfície do solo.

A massa de colmo+bainha residual acumulado (COR) a produção foi de 4,10 e 9,70 Mg ha⁻¹ com fertilização de 1,037 e 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco, respectivamente (Figura 6B). As condições favoráveis de produção aliado ao manejo adequado com altura de resíduo (0,15 m) houve estímulo à geração de novos perfilhos com aumento de iluminação dentro do dossel forrageiro.

A massa de material morto residual acumulado sem escarificação do solo (MMRs) mostrou incremento linear com aumento nas fertilizações com esterco (Figura 5C). Houve aumento de 6,87 Mg ha⁻¹ entre a dose de 1,074 e 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco. O resíduo morto representa no futuro o material que vai reduzir a erosão, manter a umidade na superfície do solo favorecendo a ação dos microrganismos a sintetizarem diversas enzima (Oliveira et al., 2007). Para Pedreira et al. (2009), em desfolhação de 95% IL com animais, a 0,15 m de altura em cada pós-pastejo a massa média foi de 1,63 Mg ha⁻¹ de material morto seco e de 1,26 Mg ha⁻¹ de colmo seco do capim Xaraés.

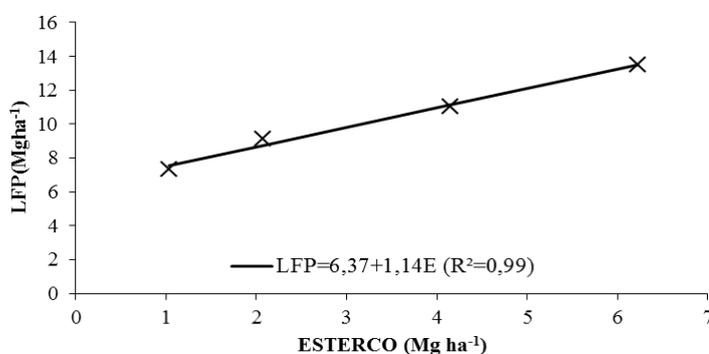


Figura 6. Características estruturais do capim Marandu para: lâmina foliar (LFP). Esterco aplicado (E)

Com a IL de 95% e resíduo de 0,15 m, houve efeito de doses de esterco de galinha para produção de lâmina foliar (LFP) (Figura 6). Com ajuste linear o aumento foi de 6,19 Mg ha⁻¹ entre as doses de esterco aplicado. O aumento de 84,46% é pelo aumento de macro e micronutrientes no solo pela fertilização com esterco de galinha, principalmente de nitrogênio mineralizado pelos microrganismos nas formas de amônio e de nitrato, que estimula ao aumento na produção e expansão das folhas no capim Marandu. Os resultados corroboram com Araújo et al. (2011) em que o tratamento com 100% de esterco bovino melhorou a produção de massa seca de folhas com valores entre 88,74 e 80,37% para a primeira e segunda simulação, respectivamente.

O contraste avaliou a estimativa entre a dose zero com cada dose de esterco de galinha aplicado no capim Marandu (Tabela 1). O número de corte (NC) com interação doses x manejo do solo sem escarificação foi significativo com doses de 4,148 e 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco e estimativa de - 3,25 e - 4,5, respectivamente. Na interação dose x manejo do solo com escarificação foi acima de 2,074 Mg ha⁻¹ de esterco aplicado.

Tabela 1. Número de corte e produção de massa seca aérea do capim Marandu fertilizado com esterco de galinha e manejo sem e com escarificação do solo

Parâmetro	Dose (Mg ha ⁻¹)				0	Média	CV(%)	Efeito	
	Manejo	1,037	2,074	4,148					6,222
NC		4,00 ^{NS}	4,00 ^{NS}	6,50	7,75	3,25	5,12	17,56	**s
		4,50 ^{NS}	5,50	5,25	6,75	3,75			**e
MST		30,09 ^{NS}	32,63	49,97	56,62	23,86	38,17	15,20	**s
		33,74 ^{NS}	41,05	40,99	45,61	27,21			**e
MSR	Mg ha ⁻¹	17,07 ^{NS}	18,56 ^{NS}	31,38	37,15	14,16	22,76	19,25	**s
		19,75 ^{NS}	22,96	23,76	26,43	16,42			**e
MS		13,50	16,07	17,90	19,31	10,24	15,40	17,97	*

Número de corte (NC), massa seca total acumulada (MST), massa seca do resíduo acumulado (MSR) e massa seca acumulada (MS). ^{NS} - Contraste não significativo entre controle e dose de esterco de galinha pelo teste F (P>0,05). * efeito de dose ** interação dose x manejo sem e com escarificação (s,e)

A massa seca total acumulada (MST) com interação doses x manejo do solo sem e com escarificação foi significativa na fertilização acima de 2,074 Mg ha⁻¹ de esterco aplicado. Para massa seca do resíduo acumulado (MSR) a interação doses x manejo,

houve efeito sem escarificação acima de 4,148 Mg ha⁻¹ e para massa seca do resíduo acumulado com escarificação foi acima de 2,074 Mg ha⁻¹ de esterco aplicado.

Com a IL de 95% e altura de resíduo de 0,15 m, para produção de massa seca acumulada (MS) com efeito dose foi significativo para todas as doses de esterco aplicado, com estimativa de produção de - 3,26 Mg ha⁻¹ na menor dose. Em resultado de quatro cortes, na dose máxima testada de 20 Mg ha⁻¹ com cama de frango propiciou a produção de 21,31 kg ha⁻¹ de MS de forragem de capim Marandu, o seja, 354% superior à dose zero (Lima et al., 2007).

Na avaliação de raízes do capim Marandu os coeficientes de variações foram altos, mesmo seguindo os procedimentos de coleta o solo contribui com sua variabilidade espacial. Na coleta de raízes na camada 0,2 - 0,4 m em abril de 2013, houve interação doses x manejo sem e com escarificação, mas sem ajustes aos modelos propostos para massa seca de raiz (MS - g dm⁻³ de solo), área superficial (A - cm² dm⁻³) e comprimento (C - m dm⁻³). Na coleta de raízes em setembro de 2013, não foi significativa o efeito de dose de esterco bem como interação dose x manejo.

No contraste na camada 0,2 - 0,4 m em abril de 2013, foi significativo para massa seca de raiz sem escarificação e com escarificação na dose de 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco aplicado com estimativa de - 0,33 e + 0,47 g dm⁻³ de solo, respectivamente (Tabela 2).

Os resultados sem escarificação são semelhantes aos de Silveira et al. (2011) na primeira estação chuvosa, o aumento da massa seca de raiz de *Brachiaria decumbens* foi de 1,2 para 1,8 g dm⁻³ entre dose zero e 600 kg ha⁻¹ por ano de nitrogênio, respectivamente, na camada de 0,3 - 0,4 m de profundidade do solo. A redução na massa seca de raízes com escarificação na maior dose está relacionada ao confinamento nas camadas superiores pela aplicação superficial do esterco no capim Marandu e ao maior número de cortes realizados. Segundo Cecato et al. (2001) os cortes realizados nas plantas forrageiras podem conduzir a morte de até 50% do sistema radicular.

A área superficial das raízes com manejo sem e com escarificação variou significativamente com doses de 1,037 e 6,222 Mg ha⁻¹ esterco. A maior área superficial de raízes sem escarificação na menor dose reflete o maior período em que a forrageira necessitou para atingir IL de 95% e menor frequência de corte pela baixa condição nutricional do solo. A redução de área na maior dose de esterco é pelo aumento de macro e micronutrientes no solo com menor período e maior frequência de corte. Os resultados são menores que os de Silveira et al. (2011) na primeira estação de chuva,

com efeito de doses de nitrogênio para a superfície radicular, que foram de 99 e 162 cm² dm⁻³ na camada de 0,3 - 0,4 m.

Tabela 2. Avaliação de raízes do capim Marandu fertilizado com esterco de galinha e manejo sem e com escarificação do solo, abril de 2013

Camada	Manejo	Dose (Mg ha ⁻¹)				0	Média	CV(%)
		1,037	2,074	4,148	6,222			
0,0 - 0,1	MS	10,11 ^{NS}	9,02 ^{NS}	8,29 ^{NS}	7,87 ^{NS}	12,22	9,50	52,77
	A	472,41 ^{NS}	475,64 ^{NS}	399,47 ^{NS}	375,93 ^{NS}	438,89	432,46	41,46
	C	135,77 ^{NS}	129,50 ^{NS}	213,44 ^{NS}	100,81 ^{NS}	118,97	139,69	90,45
0,1 - 0,2	MS	4,19 ^{NS}	3,99 ^{NS}	5,02 ^{NS}	4,57 ^{NS}	3,36	4,22	64,94
	A	78,17 ^{NS}	90,67 ^{NS}	114,21 ^{NS}	89,56 ^{NS}	81,04	90,72	32,80
	C	28,89 ^{NS}	25,79 ^{NS}	68,36 ^{NS}	32,17 ^{NS}	19,52	34,95	134,11
0,2 - 0,4	MS	0,57 ^{NS}	0,60 ^{NS}	0,48 ^{NS}	0,73	0,40	0,54	40,74
	(s) A	39,18	30,81 ^{NS}	25,13 ^{NS}	40,79	12,56	38,49	46,26
	C	9,12	6,81 ^{NS}	5,80 ^{NS}	8,37 ^{NS}	2,40	9,82	46,82
(e)	MS	0,56 ^{NS}	0,64 ^{NS}	0,49 ^{NS}	0,22	0,69	0,54	40,74
	A	41,61	48,61 ^{NS}	50,49 ^{NS}	23,92	71,82	38,49	42,26
	C	13,08	12,74	13,40	6,41	20,09	9,82	46,82

Massa seca (MS - g dm⁻³ de solo), área superficial (A - cm² dm⁻³) e comprimento (C - m dm⁻³) de raízes capim Marandu. ^{NS} - Contraste não significativo entre controle e dose de esterco de galinha pelo teste F (P>0,05). Manejo s-sem e e-escarificado

Para o comprimento de raízes, o contraste mostrou efeito sem a escarificação com dose de 1,037 Mg ha⁻¹ e em todas as doses de esterco aplicado para manejo com escarificação do solo, tabela 4. O manejo sem escarificação a estimativa de - 6,72 m dm⁻³ é reflexo das condições nutricionais do solo e de frequência de corte já descrita anteriormente e os resultados de certa forma são semelhantes aos de Silveira et al. (2011) para o comprimento das raízes. Para manejo com escarificação a estimativa foi de - 7,01; - 7,35; - 6,69 e - 13,68 m dm⁻³ para 1,037, 2,074, 4,148 e 6,222 Mg ha⁻¹, respectivamente em função do aumento da dose de esterco aplicado na superfície do solo e redução da densidade do solo e aumento da macroporosidade e porosidade total pela haste de escarificação.

Conclusões

Com aplicação de esterco de galinha, o manejo sem escarificação do solo proporcionou maior produção acumulada de massa seca total e resíduo do capim Marandu.

A produção de massa seca e de laminas foliares acumuladas foram elevadas com aplicação de esterco de galinha sobre o capim Marandu.

O esterco de galinha e manejo do solo não alteraram a massa seca, área superficial e comprimento de raízes do capim marandu nas profundidades de 0,0 - 0,1 m e 0,1 - 0,2 m.

Literatura Citada

- Alexandrino, E.; Nascimento Júnior, D.; Mosquim, P. R.; Regazzi, A. J.; Rocha, F. C. Características morfogênicas e estruturais na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.33, n.6, p.1372-1379, 2004.
- Araujo, A. dos S.; Silva, J. E. C. da; Santos, A. C. dos; Silva Neto, S. P. da; 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*, Salvador, v.12, n.4, p.852-866, 2011.
- Azeez, J. O.; Averbek, V. W. Nitrogen mineralization potential of three animal manures applied on a Sandy Clay loam soil. *Bioresource Technology*, v.101, n.14, p.5645-5651, 2010.
- Bot, A.; Benites, J. The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food and production. *Bulletin 80*. Food and Agriculture Organization of The United Nations Rome, 2005, 80p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.25, de 23 de julho de 2009. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 28 de julho de 2009. Seção 1, p.20, 2009.
- Cecato, U.; Cano, C.C.P.; Bortolo, M.; Herling, V. R.; Canto, M. W.; Castro, C. R. C. Teores de carboidratos não estruturais, nitrogênio total e peso de raízes em coastcross-1 (*Cynodon dactylon* L. Pers) pastejado por ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.30, n.3, p.644-650, 2001.

- Colussi, G. Escarificação e adubação com cama de aves na produção de Tifton 85. 2013. 94 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, RS Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós- Graduação em Ciência do Solo.
- Difante, G. dos S.; Nascimento Jr., D. do; Silva, S.C. da; Euclides, V. P. B.; Montagner, D. B.; Silveira, M. C. T. da; Pena, K. da S. Características morfogênicas e estruturais do capim-marandu submetido a combinações de alturas e intervalos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.40, n.5, p.955-963, 2011.
- Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE. Estatística da produção pecuária. Março de 2013, 2013. 70p. Disponível em:< http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm> Acesso em: 31/06/2013.
- Lana, R. M. Q.; Assis, D. F. de; Silva, A. de A.; Lana, A. M. Q.; Guimarães, E. C.; Borge, E. N. Alterações na produtividade e composição nutricional de uma pastagem após segundo ano de aplicação de diferentes doses de cama de frango. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v.26, n.2, p.249-256, 2010.
- Lima, J. J.; Mata, J. D. V.; Neto, R. P.; Scapim, C. A. Influência da adubação orgânica nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico e na produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v.29, n.5, p.715-719, 2007.
- Macedo, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. A produção animal e o foco no agronegócio: Anais... Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia: Universidade Federal de Goiás, 2005. p.56-84.
- Marcelino, K. R. A.; Nascimento Junior, D. do; Da Silva, S. C.; Euclides, V. P. B.; Fonseca, D. D. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.35, n.6, p.2243-2252, 2006.
- Menezes, J. F. S.; Alvarenga, R. C.; Silva, G. P.; Konzen, E. A.; Pimenta, F. F. Cama-de-frango na agricultura: perspectivas e viabilidade técnica e econômica. *Boletim Técnico*, 3. Rio Verde, GO: Fundação do Ensino Superior de Rio Verde, 2004. 28p.
- Nascimento Jr., D.; Adese, B. II Simpósio Sobre Manejo Estratégico da Pastagem, UFV, 2004, Viçosa, Anais... Viçosa: UFV, 2004, p.289-346.

- Oliveira, E. L. de. Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 2003. 30p.
- Oliveira, P. P. A.; Trivelin, P. C. O.; Oliveira, W. S. de. Balanço do nitrogênio (15N) da uréia nos componentes de uma pastagem de capim-marandu sob recuperação em diferentes épocas de calagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.36, n.6, p.1982-1989, 2007.
- Oliveira, P. P. A.; Trivelin, P. C. O.; Oliveira, W. S. de; Corsi, M. Fertilização com N e S na recuperação de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo quartzarênico. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.34, n.4, p.1121-1129, 2005.
- Pedreira, B. C. e; Pedreira, C. G. S.; Silva, S. C. da. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.38, n.4, p.618-625, 2009.
- Pedreira, B. C.; Pedreira, C. G. S. Fotossíntese foliar do capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] e modelagem da assimilação potencial de dosséis sob estratégias de pastejo rotativo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.36, n.4, p.773-779, 2007.
- R Development Core Team (2009). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Sbrissia, A. F.; Da Silva, S. C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.37, n.1, p.35-47, 2008.
- Silva, A. A.; Simioni, G. F.; Lucena, A. Efeito da adubação orgânica no crescimento do capim *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu em Parecis/Rondônia. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.9, n.16, p.923-932, 2013.
- Silveira, C. P.; Oliveira, D. A. de; Bonfim-Silva, E. M.; Monteiro, F. A. Two years of nitrogen and sulfur fertilizations in a signal grass pasture under degradation: changes in the root system. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.40, p.1195-1203, 2011.
- Trindade, J. K.; Da Silva, S. C.; Souza Júnior, S. J.; Giacomini, A. A.; Zeferino, C. V.; Guarda, V. D. A.; Carvalho, P. C. de F. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim Marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.42, n.6, p.883-890, 2007.

Verzignassi, J. R.; Poltronieri, L. S.; Benchimol, R. L.; França, S. K. S. de; Carvalho, E. de A.; Fernandes, C. D. *Pyricularia grisea*: novo patógeno em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no Pará. *Fitopatologia Summa*, Botucatu, v.38, n.3, p.254-254, 2012.

IV – Alterações físicas e químicas no solo com capim Marandu fertilizado com esterco de galinha sem e com escarificação

Resumo: O esterco de aves e o manejo mecânico podem influenciar na distribuição de nutrientes no perfil do solo. O objetivo foi avaliar as alterações físicas e químicas no solo com capim Marandu fertilizado com doses de esterco de galinha sem e com uso de escarificador, após 180 dias de aplicação e manejo. O delineamento foi em blocos ao acaso com quatro repetições num arranjo fatorial 5 x 2, com cinco doses de esterco (0, 1,037; 2,074; 4,148; 6,222 Mg ha⁻¹) sem e com escarificação. E, mais um tratamento adicional com adubação mineral N, P e K contidos em 2,074 Mg ha⁻¹. A escarificação provocou alterações físicas com aumento de macroporosidade na camada 0,0 - 0,2 m e redução de densidade do solo e aumento de macroporosidade e porosidade total camada 0,2 - 0,4 m. Com doses de esterco o pH nas camadas 0,0 - 0,1m teve ajuste quadrático com valor máximo de 7,2 e 0,1 - 0,2 m com valor de 5,91 na maior dose. O aumento nos teores de Ca e Zn na camada 0,0 - 0,1 m foi de 0,61 cmol_c dm⁻³ e de 2,99 mg dm⁻³. Na interação dose x manejo sem escarificação do solo o K teve ajuste linear com aumento de 1,39 vezes. E na interação entre dose x manejo com escarificação nas camadas 0,1 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m, o P teve aumento de 8,10 e 3,95 mg dm⁻³. No contraste entre adubação mineral (NPK) com dose de esterco foi significativo para pH, H + Al, Ca, Mg, P e Zn na camada 0,0 - 0,1 m.

Palavras-chave: braquiária, fertilização, forragicultura, resíduo

IV - Physical and chemical changes in the soil with Marandu grass fertilized with chicken manure with and without soil chiseling

Abstract: The chicken manure and mechanical management may influence the distribution of nutrients in the soil profile. The objective was to evaluate the physical and chemical changes in the soil with Marandu grass fertilized with doses of chicken manure with and without use of soil chiseling, after 180 days of application and management. The design was a randomized block with four replications in a 5 x 2 factorial arrangement with five doses of manure (0, 1.073, 2.074, 4.148, 6.222 Mg ha⁻¹) with and without soil chiseling. An additional treatment with mineral fertilizer of N, P and K contained in 2.074 Mg ha⁻¹. Soil chiseling caused physical changes with an increase of macroporosity in the layer 0.0 - 0.2 m and reduction in soil density and

increase macroporosity and total porosity in layer 0.2 - 0.4 m. With doses of manure pH in layers from 0.0 - 0.1 m had quadratic fit with maximum value of 7.2 and 0.1 - 0.2 m with a value of 5.91 at the highest dose. The increase in Ca and Zn in the layer 0.0 - 0.1 m was $0.61 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ and 2.99 mg dm^{-3} . In dose x management interaction without scarifying the soil K was fit with linear increase of 1.39 times. And the interaction between dose x management with soil chiseling in layers 0.1 - 0.2 and from 0.2 - 0.4 m, P increased by 8.10 and 3.95 mg dm^{-3} . In contrast between mineral fertilizer (NPK) at a dose of manure was significant for pH, H + Al, Ca, Mg, P and Zn in the 0.0 - 0.1 m layer.

Key words: palisadegrass, fertilization, foraging, residue

Introdução

Como em todas as regiões do país, no noroeste do Paraná, a baixa produtividade de uma pastagem implantada é caracterizada pela retirada de nutrientes do solo pela exigência das forrageiras e dos animais (Macedo et al., 2000), pela erosão do solo e lixiviação de nutrientes (Inácio et al., 2007), falta de matéria orgânica (Lima et al., 2007), manejo inadequado (Soares Filho et al., 1992) e falta de cuidados com capim braquiária em áreas de baixa fertilidade (Martha Júnior & Vilela, 2002).

Nesse cenário, a maior parte das áreas tem apresentado alterações físicas e principalmente químicas do solo. Segundo Moreira et al (2005), a descompactação do solo, aliada à aplicação de calcário e fertilizantes, permitem maior e mais rápido desenvolvimento das pastagens.

A decomposição dos resíduos orgânicos sólidos aplicados sobre o solo é um processo complexo e lento (Moreira & Siqueira, 2006), influenciada pela sua qualidade e quantidade (Valente et al., 2009), condições edafoclimáticas do local e manejo do solo (Freitas et al., 2012). O esterco de aves é um importante fertilizante orgânico com boa fonte de nutrientes e matéria orgânica.

É importante descrever e quantificar a recuperação da qualidade física e química do solo em resposta as variações de fertilização e manejo mecânico nestas áreas. Segundo Scherer & Nesi (2009), o sistema de preparo do solo e a fonte de fertilizante influenciam na disponibilidade e distribuição de nutrientes no perfil do solo. Em área com pastagem recuperada, foram observados por Moreira et al. (2005), maiores valores de pH, Ca^{+2} , Mg^{+2} , P, K^+ , Zn, matéria orgânica, macroporosidade, porosidade total e menores valores de densidade do solo e de resistência à penetração.

Na agricultura sustentável, vários sistemas de fertilização com manejo mecânico podem ser adotados visando a manutenção da fertilidade do solo (Moreti et al., 2007). O uso de equipamentos agrícolas de escarificação em áreas de pastagens com problemas físicos e químicos do solo podem oferecer dupla aptidão, primeiro o de rompimento das camadas superficiais compactadas e segundo na incorporação de esterco de aves (BRASIL, 2009). A recuperação destas áreas pode evitar que o capim Marandu com 30 anos de histórico no mercado, seja substituído por outra forrageira de menor exigência de fertilidade.

Dentro deste contexto, o objetivo foi avaliar as alterações físicas e químicas no solo com capim Marandu fertilizado com esterco de galinha e manejado sem e com escarificação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá - PR, e localização de 23° 25'S de latitude e 51° 57'O de longitude e altitude média de 550 metros. O tipo climático predominante é o Cfa subtropical úmido mesotérmico (classificação Köppen), com temperatura média anual de 22 °C, e predominância de verões quentes, com concentração de chuvas e baixa frequência de geadas severas (Figura 1). O período experimental ocorreu entre setembro de 2012 a 2013.

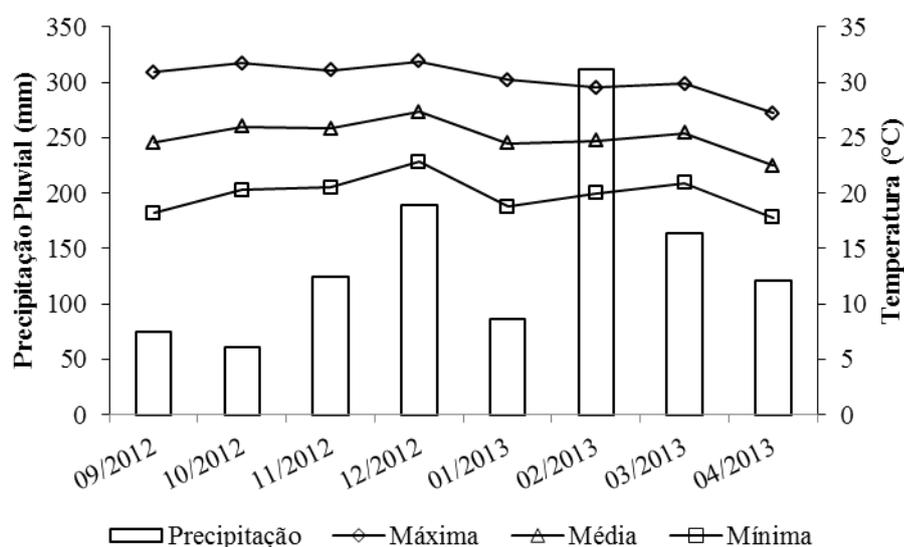


Figura 1. Precipitação pluvial e temperaturas, no período experimental de setembro de 2012 a abril de 2013. Fonte: Laboratório de Sementes da FEI

O experimento foi instalado em área de 0,16 hectares estabelecida com capim Marandu com 10 anos de pastejo, declividade de 5%, em Latossolo Vermelho distrófico, camada de 0,0 - 0,2 m com 87,25; 1,00 e 11,75% para areia, silte e argila, respectivamente.

A análise química do solo (Laboratório de solo e Planta - UEM) da área experimental coletado a 0,0 - 0,20 m, apresentou entre bloco os teores médios de pH (H₂O)=6,00; C=8,23 g dm⁻³; P=6,28 mg dm⁻³; H⁺+Al⁺³=2,54; Ca⁺²=0,87; Mg⁺²=0,57; K⁺=0,13 cmol_c dm⁻³ e Fe=180,86; Zn=4,04; Cu=3,20; Mn=144,21; S-SO₄²⁻=3,25 mg dm⁻³.

O esterco de galinha da linhagem Hy Line W36 em postura com gaiolas, foi armazenado à sombra por 45 dias e coberto com lona. A análise química do esterco (Laboratório de agroquímica e meio ambiente - UEM) apresentou 6,0 g kg⁻¹ de matéria orgânica, 0,66 g kg⁻¹ (N_{total}), 3,53 g kg⁻¹ (CaO), 0,55 g kg⁻¹ (MgO), 0,37 g kg⁻¹ (K₂O), 0,24 g kg⁻¹ (P₂O₅), relação C/N 4,96:1, Cu=220,10; Mn=1226,90; Zn=368,00 mg kg⁻¹ e pH (H₂O) de 6,98.

CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Para elevação da saturação por bases do solo em 50% fez a aplicação manual de 490 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (32% CaO e 15% MgO) sobre o capim Marandu no mês de agosto de 2012 e depois de 25 dias corte de uniformização com roçadora a 0,1 m do solo.

A dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi baseada na manutenção de espécies do grupo III (Menezes et al., 2004; Oliveira, 2003) presente em 2,074 Mg ha⁻¹ de esterco. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições num arranjo fatorial 5 x 2, cinco doses de esterco (0, 1,037, 2,074, 4,148, 6,222 Mg ha⁻¹) e dois manejos sem e com escarificação do solo. Foi acrescentado o tratamento com adubação mineral em NPK contido em 2,074 Mg ha⁻¹ de esterco de galinha com 138 kg ha⁻¹ (N_{total}), 50 kg ha⁻¹ (P₂O₅), 77 kg ha⁻¹ (K₂O). No final de mês de setembro foram aplicados 270 kg ha⁻¹ de gesso agrícola e cada parcela correspondente 6 m x 4 m doses única de esterco e no tratamento com adubação mineral o P₂O₅ e 1/3 do N_{total} e K₂O parcelados a cada 60 dias. E escarificação com Arado Descompactador Tanden da marca IKEDA (DPT320M) que apresentava um disco de corte, posicionado anteriormente a cada haste helicoidal com ponteira inclinada de laminas de aço, a 0,2 m de profundidade.

O manejo do capim Marandu foi realizado com interceptação luminosa (IL) de 95% medido com aparelho (AccuPAR modelo LP-80 PAR/LAI Ceptometer) com leituras semanais (Trindade et al., 2007) e com aparador mecânico rebaixado na altura de resíduo de 0,15 m, sendo toda a biomassa de capim retirado de cada parcela.

A avaliação da qualidade física do solo foi realizada aos 180 dias, nas camadas de 0,0 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m de profundidade. Com anéis volumétricos de aço inox de dimensões de 0,05 m de altura e diâmetro, foram coletadas as amostras indeformadas localizadas no centro de cada parcela experimental e nas entrelinhas das hastes em parcelas escarificadas. Cada anel amostrado foi envolto em papel alumínio para evitar perdas de solo e água. Em laboratório, as amostras foram saturadas em bandejas, com uma lâmina de água até dois terços da altura dos anéis. A obtenção do conteúdo de água, no potencial matricial de - 6 kPa, foi realizada com uso de mesa de tensão (EMBRAPA, 1997).

Em seguida, as amostras foram secadas em estufa a 105 °C por 48 horas e pesadas para a determinação da massa de sólidos e cálculo da densidade do solo (DS). A porosidade total do solo (Pt) foi estimada pela equação: $Pt = 1 - (\text{densidade do solo} / \text{densidade de partículas do solo})$, tendo utilizado o valor médio de 2,62 Mg m⁻³ para a densidade de partículas do solo. A macroporosidade (MAC) foi estimada pela diferença entre o conteúdo de água do solo saturado e o conteúdo de água no potencial matricial de - 6 kPa e a microporosidade (MIC) foi estimada no conteúdo de água do solo retido no potencial matricial de - 6 kPa (EMBRAPA, 1997).

Para a determinação da condutividade hidráulica do solo saturado (Ks) foi utilizado o mini infiltrômetro de disco. Após limpeza e nivelamento do local, o infiltrômetro foi instalado sobre área superficial com bom contato hidráulico entre o disco e o solo. As leituras foram realizadas de 30 em 30 segundos, até obter infiltração constante, sendo o míni-infiltrômetro ajustado para sucção h₀ igual a 0,06 m por causa da textura arenosa do solo (DECAGON DEVICE, 2012).

Para avaliação química do solo aos 180 dias, foram coletadas três amostras deformadas em linha com distância de 2 m no centro de cada parcela, nas camadas de 0,0 - 0,1; 0,1 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m de profundidade, constituindo amostras compostas de cada camada. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Solos e Plantas da Universidade Estadual de Maringá (UEM) para a determinação P e K⁺ (extraído por mehlich 1); Ca⁺² e Mg⁺² (extraídos com KCl 1mol L⁻¹); C (método Walkley & Black) H+Al (método SMP) e Zn, Cu e Mn (extraído por mehlich 1) (EMBRAPA, 1997)

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise de variância foi realizada com o auxílio do pacote estatístico R (R, 2009), segundo o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + E_j + B_k + TE_{ij} + e_{ijk}$$

Em que: Y_{ijk} = valor da variável observada no bloco k, escarificação j, recebendo a dose i; μ = média geral; T_i = efeito de dose com i variando de 1 a 5; E_j = efeito por causa do manejo sem e com escarificação do solo, com j variando de 1 a 2; B_k = efeito pelo bloco com k variando de 1 a 4; TE_{ij} = é a interação dose x manejo do solo; e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação. A 5% de probabilidade, as médias entre os manejos foram comparadas pelo teste Tukey, o contraste de média pelo teste F avaliou as estimativas entre a dose zero com cada dose de esterco de galinha aplicado bem como da adubação mineral (NPK) e regressão aos modelos lineares e quadráticos com software Sisvar (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

A densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total nas camadas 0,0 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m e condutividade hidráulica do solo saturado na superfície do solo, não foram influenciadas com aumento de doses de esterco de galinha. Os resultados são semelhantes ao de Colussi (2013), que em duas avaliações não observou efeito de doses de esterco e significância da interação dose x escarificação do solo nos indicadores físicos do solo. Contudo, Rós et al. (2013) registraram redução da densidade do solo de 1,45 para 1,28 kg dm⁻³ e aumento de porosidade total de 0,45 para 0,52 m³ m⁻³ entre a dose zero e 18 Mg ha⁻¹ de esterco incorporado com arado de disco.

Nos manejos com escarificação (e) e sem escarificação (s), houve alteração física de macroporosidade (MAC1) na camada 0,0 - 0,2 m e de densidade do solo (DS2), macroporosidade (MAC2) e porosidade total (Pt2) na camada 0,2 - 0,4 m (Tabela 1). Os resultados são semelhantes aos verificados por Colet et al. (2009), com aumento da macroporosidade e a porosidade total e redução da densidade do solo, na profundidade de 0,0 - 0,1 m nas entrelinhas de passagem do escarificador. Segundo Tormena et al. (2004), as alterações desses parâmetros físicos em áreas escarificadas se devem às fissuras criadas pela passagem das hastes.

Tabela 1. Resultados da análise física do solo em manejo sem e com escarificação nas profundidades de 0,0 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m em capim Marandu fertilizado com esterco de galinha

Manejo	DS1 kg dm ⁻³	MAC1m ³ m ⁻³	MIC1m ³ m ⁻³	Pt1	Ks cm s ⁻¹	DS2 kg dm ⁻³	MAC2m ³ m ⁻³	MIC2m ³ m ⁻³	Pt2
s	1,43	0,12 a	0,31	0,44	0,04	1,70 b	0,06 a	0,27	0,33 a
e	1,42	0,16 b	0,30	0,47	0,07	1,60 a	0,11 b	0,27	0,39 b
Média	1,43	0,14	0,31	0,45	0,06	1,65	0,06	0,27	0,26
CV(%)	6,53	23,44	6,37	9,29	76,75	5,75	45,61	9,99	14,17
Erro	0,02	0,008	0,004	0,010	0,01	0,02	0,01	0,006	0,01

*Médias com letras minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey (P>0,05). DS-Densidade do solo, MAC-Macroporosidade, MIC-Microporosidade, Pt-Porosidade total e Ks-Conductividade hidráulica do solo. 1 e 2 camadas 0,0 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m. Erro= erro padrão da média

Os valores de densidade do solo (DS1) na camada 0,0 - 0,2 m foram semelhantes com manejo e estão abaixo aos encontrados por Fidalski et al. (2008) em Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa média com valor de 1,66 kg dm⁻³ e também do limite considerado restritivo ao desenvolvimento do sistema radicular, de 1,70-1,75 kg dm⁻³ para solos arenosos (Reichert et al., 2003). No mesmo período, em duas camadas 0,0 - 0,10 m e 0,10 - 0,20 m, foram observados 96,2% de massa seca de raízes do capim Marandu sem efeito de manejo do solo que pode contribuir na redução de valores de densidade do solo.

Houve aumento da macroporosidade (MAC1) na camada 0,0 - 0,2 m com escarificação do solo com valor de 0,16 m³ m⁻³. Mesmo sem a escarificação a MAC1 é mais alto do que o limite mínimo de 0,10 m³ m⁻³, em que ocorre redução na taxa de difusão de gases no solo (Drewry et al., 2008). Segundo Kiehl (1979), deve-se situar entre 0,10 e 0,16 m³ m⁻³. Os resultados são próximos aos verificados por Araujo et al. (2004), que constataram valor médio para a macroporosidade de 0,15 m³ m⁻³ e porosidade total de 0,45 m³ m⁻³ sob mata nativa.

A microporosidade (MIC1) na camada 0,0 - 0,2 m foi semelhante entre os manejos do solo, resultados semelhantes foram observados por Colet et al. (2009), em que a escarificação não afetou a microporsidade nas camadas de 0,0 - 0,1 e 0,1 - 0,2 m. Os resultados corroboram com Silva & Kay (1997) e salientam que este atributo é

fortemente influenciado pela textura e teor de carbono orgânico e sofre pouca influência com operações de máquinas e implementos agrícolas.

A escarificação do solo não aumentou a porosidade total (Pt1) na camada 0,0 - 0,2 m na entrelinha da passagem das hastes do escarificador (Tabela 1). Resultados semelhantes foram observados por Colet et al. (2009), na camada 0,1 - 0,2 m.

A semelhança nos valores da condutividade hidráulica do solo (Ks) entre os manejos é por causa da baixa densidade do solo e alta macroporosidade relacionado principalmente pela textura arenosa do local. Também pelo fato das medidas serem realizadas na superfície do solo em que havia grande quantidade de resíduo e de raízes do capim Marandu. Colussi (2013) observou aumento da Ks com a escarificação, na primeira avaliação, com 943 mm h^{-1} nas profundidades de 0,03 - 0,08 m. O valor médio para Ks de $0,06 \text{ cm s}^{-1}$ é comparável ao relatado por Costa (2010) em pastagem com braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) em Latossolo vermelho distrófico.

A escarificação alterou a densidade do solo (DS2) na camada de 0,2 - 0,4 m, com redução de 6,25% em relação a sem escarificação do solo. Mesmo com a haste do escarificador na profundidade de 0,20 m existe ação física que vai além desta profundidade, como pequenas fissuras do solo e o rompimento e morte das raízes do capim Marandu que podem ser atribuídas a redução na DS2 com escarificação. Outro fator que contribuiu é o aumento de massa seca de raízes de $0,29 \text{ g dm}^{-3}$ de solo com a escarificação do solo na mesma época de amostragem. Esses resultados diferem de Colet et al. (2009), para esse parâmetro físico que permaneceram constante, na camada de 0,2 - 0,3 m.

A escarificação na camada de 0,2 a 0,4 m alteraram valores restritivos de macroporosidade (MAC2), aumentou o valor de porosidade total (Pt2) e não alterou a microporosidade (MIC2) na camada de 0,2 - 0,4 m. Essas variações são similares as relatadas por Colet et al. (2009), em que a escarificação reduziu a macroporosidade e a porosidade total, mas não alterou a microporosidade na profundidade de 0,2 - 0,3 m.

Nas camadas 0,0 - 0,1 e 0,1 - 0,2 m do solo foi significativo as fertilizações com de esterco de galinha o efeito de pH (H₂O) (Figura 2A). Segundo Lima et al. (2007) a elevação é pela liberação de amônia pela decomposição do resíduo orgânico aplicado na superfície do solo. Segundo Heckler et al. (1998), a transformação em ácidos orgânicos e húmus e mineralizados os nitratos, fosfatos, sulfatos, formas amoniacais e gás carbônico promovem aumento das cargas negativas no solo, que atraem cátions. Atribuído a mineralização da matéria orgânica e ação de microorganismos, o modelo

quadrático do pH (H₂O) na camada 0,0 - 0,1 m, teve ponto de máximo de 7,21. Os resultados confirmam os de Lima et al. (2007) em que os valores de pH apresentaram ajuste quadrática com dose zero.

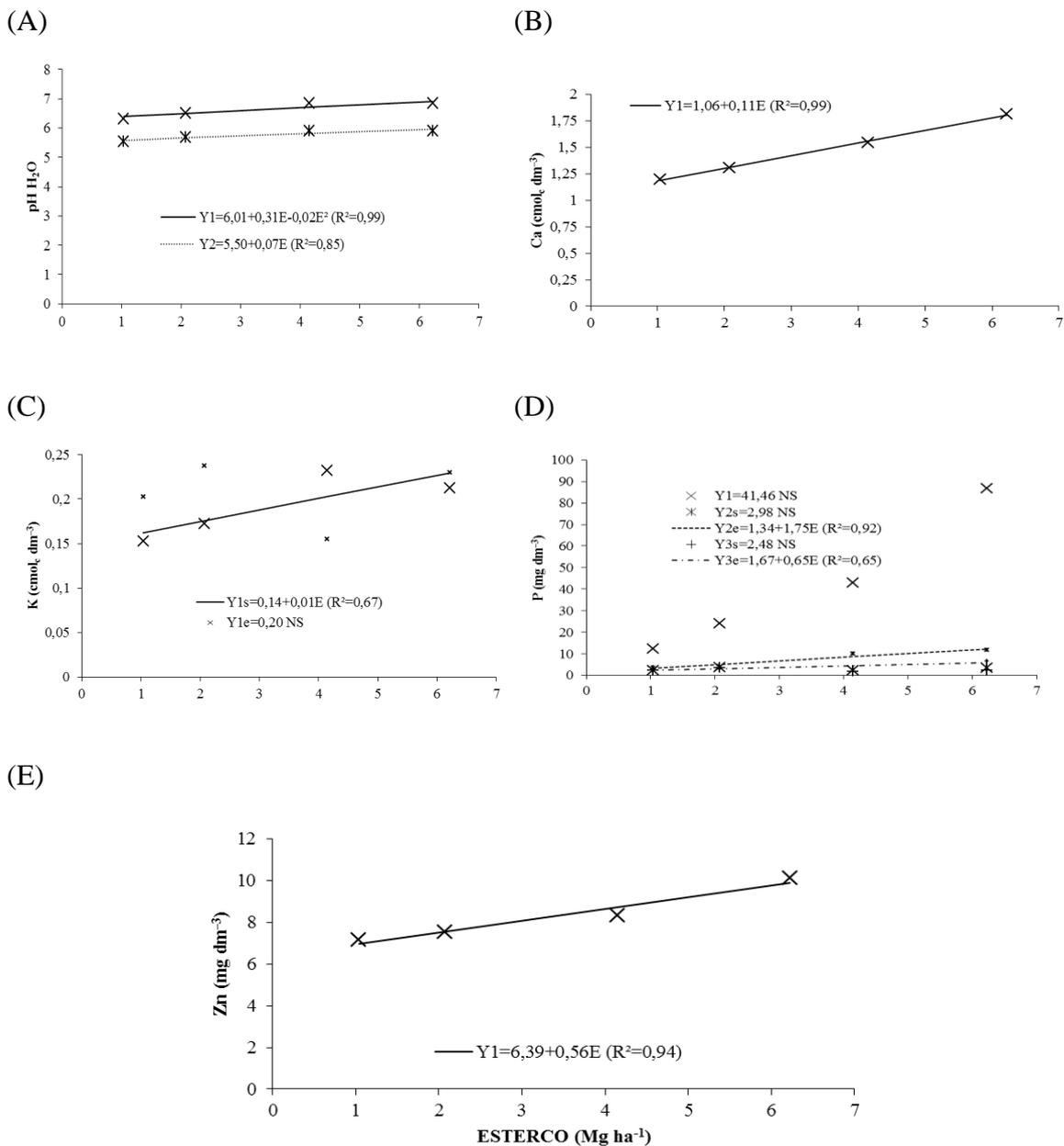


Figura 2. Parâmetros químicos do solo com fertilização de esterco de galinha e manejo sem e com escarificação (s,e). A. pH em H₂O; B. cálcio (Ca); C. potássio (K); D. fósforo (P) e E. zinco (Zn). Camadas (1) 0,0 - 0,1; (2) 0,1 - 0,2 e (3) 0,2 - 0,4 metros de profundidade

O pH (H_2O) na camada 0,1 - 0,2 m aumentou linearmente com doses de esterco de galinha e apresentou menores valores que o registrado na camada de 0,0 - 0,1 m (Figura 2A). A dose máxima testada de $6,222 \text{ Mg ha}^{-1}$ propiciou valor de 5,91, ou seja, 6,77% superior a $1,037 \text{ Mg ha}^{-1}$ de esterco aplicado. Para Moreti et al. (2007), com aplicação de esterco de galinha em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) típico argiloso, o pH ($CaCl_2$) na camada de 0,1 - 0,2 m foi de 5,3. Resultados semelhantes foram observados por Silva Neto et al. (2013), com menores valores de pH nas camadas inferiores, atribuídos a própria característica física do resíduo e as intrínsecas do solo que podem ter lixiviado o nitrogênio amoniacal para essas camadas e intensificado o processo de nitrificação.

Houve incremento linear nos teores de cálcio (Ca) com as doses de esterco aplicado. O aumento foi de $0,61 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na camada 0,0 - 0,1 m, (Figura 2B). Resultados semelhantes foram obtidos por Andreola et al. (2000), Scherer & Nesi (2009) e Rós et al. (2013) com utilização de esterco de aves. Essas observações corroboram com Moreti et al. (2007), em que na camada de 0,0 - 0,1 m, os teores de Ca foram maiores quando se utilizou o esterco de galinha e esterco de galinha + metade da adubação mineral, atribuindo ao maior teor de matéria orgânica no esterco de galinha, que promove menor lixiviação dos cátions.

Para o potássio (K) na camada 0,0 - 0,10 m, houve interação dose x manejo, (Figura 2C). Com ajuste ao modelo linear sem a escarificação do solo, os teores de potássio observados foram $0,15$ e $0,21 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ com doses $1,037$ e $6,222 \text{ Mg ha}^{-1}$, um aumento de 39,34%. Os teores de K no solo estão em níveis considerados médios conforme Raij et al. (1997). Não houve ajuste aos modelos propostos com a escarificação do solo, pelo aumento de macroporosidade ocasionada pela haste do escarificador. E, também pela grande mobilidade deste elemento e perdas por lixiviação (Neves et al., 2009) e pela porcentagem de areia, porosidade ou de estar imobilizada na cobertura do solo pelo tipo de manejo adotado no capim Marandu (Andreola et al., 2000).

Na Figura 2D, os teores de fósforo (P) na camada superficial aumentaram com as doses de esterco de galinha, mas não se ajustaram aos modelos de regressão propostos e o teor médio observado foi de $41,46 \text{ mg dm}^{-3}$. Lima et al. (2007) observaram ajuste quadrático, com ponto de máximo na dose $14,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ de cama de frango e valor máximo de P de $20,8 \text{ mg dm}^{-3}$ na camada 0,0 - 0,2 m. E, nas camadas 0,1 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m, houve interação entre dose x manejo, com ajuste aos modelos

lineares com escarificação do solo o aumento foi de 8,10 e 3,95 mg dm⁻³ entre doses de esterco aplicado, respectivamente. As alterações de macroporosidade pelo arado escarificador e a alta porcentagem de areia deste solo, pode ter contribuído para o movimento do P da camada superior para essas camadas, mesmo pela baixa mobilidade desse elemento. Para Rós et al. (2013) o teor de P aumentou linearmente com o incremento na dose de esterco incorporado.

O teor de zinco (Zn) na camada de 0,0 - 0,1 m cresceu linearmente com aumento de esterco aplicado (Figura 2E). Na dose de 6,222 Mg ha⁻¹ o teor de Zn atingiu 10,13 mg dm⁻³, com incremento de 41,75% em relação à dose de 1,037 Mg ha⁻¹ de esterco aplicado. Os resultados corroboram com os de Scherer & Nesi (2009), que verificaram que esterco de aves aplicado em Latossolo Vermelho distroférico resultou nos maiores teores de Zn na camada superficial 0,0 - 0,1 m do solo.

No contraste foi significativo para o pH em H₂O nas camadas 0,0 - 0,1 e 0,1 - 0,2 m para dose de 2,074, 4,148 e 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco aplicado com estimativa em relação a dose zero de - 0,39, - 0,71 e - 0,71 e - 0,3, - 0,54 e - 0,54, respectivamente (Tabela 2). O aumento de pH em H₂O é pela maior quantidade de esterco de galinha aplicado na superfície relacionado com maior liberação de cátions presentes e mineralização da matéria orgânica do solo pelos microrganismos transformando em substâncias orgânicas (ácidos orgânicos e húmicos) que atraem cátions, bem como a liberação de NH₄⁺ que pode ter efeito de alcalinidade inicialmente. Na camada de 0,2 - 0,4 m não houve efeito significativo mesmo com o aumento das doses pela aplicação superficial de esterco de galinha sobre o capim Marandu.

Não foi possível verificar o efeito de contraste significativo com dose de esterco de galinha na acidez potencial (H + Al) mesmo com efeito do pH nas camadas de 0,0 - 0,1 a 0,1 - 0,2 m.

Para o Ca, o contraste foi significativo para doses 2,074, 4,148 e 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco aplicado na camada de 0,0 - 0,1 m com estimativa de - 0,29, - 0,52 e - 0,8 cmol_c dm⁻³ (Tabela 2). De acordo com a classificação de Raij et al. (1997), os teores de Ca em todas as doses, são considerados altos (> 0,7 cmol_c dm⁻³). Na camada de 0,1 - 0,2 m com interação entre dose x manejo, o contraste foi significativo para a maior dose sem escarificação e não significativo em todas as doses de esterco aplicado com escarificação. Mesmo com o aumento das doses de esterco, a escarificação aumentou a aeração do solo e ação de microrganismos na decomposição da matéria orgânica existente com aumento de Ca nas menores doses.

Tabela 2. Análise química do solo com capim Marandu fertilizado com doses de esterco de galinha e manejo sem e com escarificação do solo, aos 180 dias

Parâmetro	Camada	Dose (Mg ha ⁻¹)				0	Média	CV(%)	Efeito
		1,037	2,074	4,148	6,222				
pH (H ₂ O)	1	6,32 ^{NS}	6,51	6,83	6,83	6,12	6,52	3,40	*
	2	5,53 ^{NS}	5,67	5,91	5,91	5,37	5,68	4,88	*
	3	5,66 ^{NS}	5,66 ^{NS}	5,55 ^{NS}	5,56 ^{NS}	5,59	5,60	5,46	
H+Al cmol _c dm ⁻³	1	2,36 ^{NS}	2,26 ^{NS}	1,98 ^{NS}	2,13 ^{NS}	2,35	2,21	13,58	
	2	2,38 ^{NS}	2,32 ^{NS}	2,25 ^{NS}	2,22 ^{NS}	2,45	2,32	7,43	
	3	3,08 ^{NS}	3,14 ^{NS}	3,14 ^{NS}	3,17 ^{NS}	3,14	3,13	5,98	
Ca cmol _c dm ⁻³	1	1,20 ^{NS}	1,31	1,54	1,82	1,02	1,37	15,84	*
	2	0,59 ^{NS}	0,54 ^{NS}	0,53 ^{NS}	0,71	0,44	0,61	20,92	**s
	3	0,50 ^{NS}	0,63 ^{NS}	0,90 ^{NS}	0,72 ^{NS}	0,64			**e
Mg cmol _c dm ⁻³	1	0,55 ^{NS}	0,54 ^{NS}	0,52 ^{NS}	0,66 ^{NS}	0,62	0,57	23,21	
	2	0,87 ^{NS}	0,88 ^{NS}	0,91 ^{NS}	1,06 ^{NS}	0,70	0,88	28,99	
	3	0,26 ^{NS}	0,28 ^{NS}	0,34 ^{NS}	0,32 ^{NS}	0,23	0,28	30,98	
K cmol _c dm ⁻³	1	0,26 ^{NS}	0,26 ^{NS}	0,21 ^{NS}	0,27 ^{NS}	0,28	0,25	24,79	
	2	0,18 ^{NS}	0,21 ^{NS}	0,19 ^{NS}	0,22 ^{NS}	0,16	0,19	31,23	
	3	0,08 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,11 ^{NS}	0,12 ^{NS}	0,09	0,10	45,61	
P mg dm ⁻³	1	0,06 ^{NS}	0,10 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,05	0,07	64,94	
	2	12,23 ^{NS}	23,95 ^{NS}	42,95	86,73	7,49	34,66	89,81	*
	3	2,33 ^{NS}	3,78 ^{NS}	2,38 ^{NS}	3,48 ^{NS}	1,03	4,49	58,71	**s
Zn mg dm ⁻³	1	3,52 ^{NS}	3,82 ^{NS}	10,02	11,62	2,95			**e
	2	2,56 ^{NS}	3,39 ^{NS}	2,26 ^{NS}	4,53 ^{NS}	2,65	3,07	53,25	
	3	7,15 ^{NS}	7,55 ^{NS}	8,31	10,14	6,33	7,89	24,89	*
Zn mg dm ⁻³	1	2,76 ^{NS}	3,16 ^{NS}	3,63 ^{NS}	3,40 ^{NS}	2,46	3,08	36,51	
	2	1,14 ^{NS}	1,28 ^{NS}	1,36 ^{NS}	1,64	1,12	1,30	26,56	*
	3								

NS – Contraste não significativo entre controle e dose de esterco de galinha pelo teste F (P>0,05). 1, 2 e 3 camadas 0,0 - 0,1; 0,1 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m de profundidade, respectivamente. * efeito de dose e ** interação dose x manejo sem e com escarificação (s,e)

Não foi significativo o contraste para o Mg e K nas três camadas amostradas (Tabela 2), enquanto para o P o contraste foi significativo na camada de 0,0 - 0,1 m para dose de 4,148 e 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco, com estimativa em relação ao controle de -

35,46 e - 79,24 mg dm⁻³, respectivamente. Esses resultados corroboram os de Moreti et al. (2007), que observaram diferença de 78,25 mg dm⁻³ entre dose de esterco de galinha e testemunha. Na camada de 0,1 - 0,2 m o contraste foi significativo com interação entre dose x manejo com a escarificação do solo para doses de 4,148 e 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco, com estimativa de - 7,07 e - 8,67 mg dm⁻³. Rós et al. (2013) verificaram aumento de 106 mg dm⁻³ com aplicação de 18 Mg ha⁻¹ de esterco de galinha incorporado com arado, que representou acréscimo de 2,70 vezes em relação o controle.

O Zn teve contraste significativo na camada de 0,0 - 0,1 m, em relação à dose zero com doses de 4,148 e 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco com estimativa de - 1,98 e 3,81 mg dm⁻³ e na camada 0,2 - 0,4 m a dose de 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco teve estimativa de - 0,52 mg dm⁻³, (Tabela 2). Scherer & Neside (2009) verificaram mesmo comportamento do Zn no perfil do solo, em função das fontes de fertilizantes e sistema de preparo do solo. Ashjaei et al. (2011), trabalhando em solo bem drenado, relataram aumento de 89,0 mg dm⁻³ de Zn na camada 0,0 - 2,5 cm em relação a testemunha, com aplicação de 5 Mg ha⁻¹ de cama de frango por ano.

Foi significativo o contraste com adubação mineral (NPK) e doses de esterco de galinha para o pH, H + Al, Ca, Mg, P e Zn, enquanto para o K não houve diferença significativa (Tabela 3). Os resultados diferem Lima et al. (2007) que verificaram no pH, H + AL, Ca e Mg semelhança dos tratamentos com adubação orgânica em relação à química que pode ter sido resultado da profundidade de 0,0 - 0,2 m amostrada no solo.

O pH (H₂O) com adubação mineral (NPK), na camada 0,0 - 0,1 m, foi de 5,9, significativo com aplicação de esterco e semelhante a dose zero com estimativa de - 0,2 e na camada 0,1 - 0,2 m significativo com aplicação de 2,074, 4,148 e 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco (Tabela 3). Resultados semelhantes foram verificados por Moreti et al. (2007) e Scherer & Nesi (2009), com maiores valores de pH verificados com a utilização de esterco de aves e os menores com aplicação de nitrato de amônio. No processo de nitrificação há formação de dois prótons (H⁺) para cada NH₄⁺ nitrificado, contribuindo na redução do pH do solo com fertilizante nitrogenado (Moreira & Siqueira, 2006).

Para o H + Al, a comparação foi significativa nas duas camadas 0,0 - 0,1 e 0,1 - 0,2 m, com doses de esterco maiores do que 2,074 Mg ha⁻¹ e 4,148 Mg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 3). Por causa da aplicação do esterco e adubação mineral ter sido superficial e de certa forma indicando que a decomposição dos resíduos orgânicos presentes no esterco de galinha por agentes biológicos é mais intensa com maior dose, com aumento do pH e redução H + Al. Para Moreti et al. (2007) a maior acidez

potencial foi na adubação química e menor para o esterco de galinha, com valor de 2,35 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Tabela 3. Análise química do solo com capim Marandu fertilizado com doses de esterco de galinha e adubação mineral (NPK) manejado sem e com escarificação do solo, aos 180 dias

Parâmetro	Camada	Dose (Mg ha^{-1})					NPK	Média	CV(%)	Ef.
		0	1,037	2,074	4,148	6,222				
pH H_2O	1	6,1 ^{NS}	6,3	6,5	6,8	6,8	5,9	6,4	4,0	*
	2	5,3 ^{NS}	5,5 ^{NS}	5,6	5,9	5,9	5,3	5,6	4,6	*
	3	5,5 ^{NS}	5,6 ^{NS}	5,6 ^{NS}	5,5 ^{NS}	5,5 ^{NS}	5,5	5,5	5,0	
H + Al $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	1	2,3 ^{NS}	2,3 ^{NS}	2,2	1,9	2,13	2,8	2,3	18,0	*
	2	2,4 ^{NS}	2,3 ^{NS}	2,3 ^{NS}	2,2	2,2	2,4	2,3	6,7	*
	3	3,1 ^{NS}	3,0 ^{NS}	3,1 ^{NS}	3,1 ^{NS}	3,1 ^{NS}	3,2	3,1	5,4	
Ca $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	1	1,0 ^{NS}	1,2 ^{NS}	1,3 ^{NS}	1,5	1,8	1,1	1,3	16,5	*
	2	0,4 ^{NS}	0,5 ^{NS}	0,5 ^{NS}	0,5 ^{NS}	0,7 ^{NS}	0,6	0,6	22,5	**s
	3	0,6 ^{NS}	0,5 ^{NS}	0,6 ^{NS}	0,8	0,7	0,5	0,5	25,6	**e
Mg $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	1	0,6 ^{NS}	0,8 ^{NS}	0,8 ^{NS}	0,9 ^{NS}	1,0	0,6	0,8	30,1	*
	2	0,2 ^{NS}	0,2 ^{NS}	0,2 ^{NS}	0,3 ^{NS}	0,3 ^{NS}	0,2	0,2	31,4	
	3	0,2 ^{NS}	0,2 ^{NS}	0,2 ^{NS}	0,2 ^{NS}	0,2 ^{NS}	0,2	0,2	23,1	
P mg dm^{-3}	1	7,4 ^{NS}	12,2 ^{NS}	23,9 ^{NS}	42,9 ^{NS}	86,7	10,5	30,6	92,4	*
	2	1,0 ^{NS}	2,3 ^{NS}	3,7 ^{NS}	2,3 ^{NS}	3,4 ^{NS}	1,6	4,0	60,4	**s
	3	2,9 ^{NS}	3,5 ^{NS}	3,8 ^{NS}	10,0	11,6	2,1	2,9	51,7	**e
Zn mg dm^{-3}	1	2,6 ^{NS}	2,5 ^{NS}	3,3 ^{NS}	2,2 ^{NS}	4,5	2,2	2,9	51,7	*
	2	6,3 ^{NS}	7,1 ^{NS}	7,5 ^{NS}	8,3 ^{NS}	10,1	6,1	7,6	24,6	*
	3	2,4 ^{NS}	2,7 ^{NS}	3,1 ^{NS}	3,6	3,4 ^{NS}	2,2	2,9	35,1	
		1,1 ^{NS}	1,1 ^{NS}	1,2 ^{NS}	1,3 ^{NS}	1,6	1,1	1,2	25,7	*

^{NS} – Contraste não significativo com adubação mineral (NPK) e dose de esterco de galinha pelo teste F ($P > 0,05$). 1, 2 e 3 camadas 0,0 - 0,1; 0,1 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m de profundidade, respectivamente. * efeito de dose e ** interação dose x manejo sem e com escarificação (s,e)

O contraste da adubação mineral (NPK) com doses de esterco para o Ca foi significativo na camada de 0,0 - 0,1 m com aumento de 36 e 63% para 4,148 e 6,222 Mg ha^{-1} , respectivamente (Tabela 3). Na camada de 0,1 - 0,2 m com interação entre

dose x manejo com escarificação houve efeito com doses de 4,148 e 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco, aumento de 0,3 e 0,2 cmol_c dm⁻³ em relação à adubação mineral. A escarificação alterou a macroporosidade com aumento da aeração do solo, contribuindo na ação de microrganismos e na mineralização orgânica do esterco liberando íons no solo, bem como de atração de cátions pela formação de ácidos orgânicos e húmicos. Segundo Gebrim et al. (2008), a movimentação de Ca, Mg, K e Na para as camadas mais profundas do solo foi em razão de grandes quantidades desses nutrientes presentes na composição da cama aviária e provável efeito de ânions inorgânicos acompanhantes e também de ânions orgânicos de ácidos de baixa massa molecular.

Para o Mg na camada 0,0 - 0,1 m o contraste foi significativo com maior dose e estimativa de - 0,4 cmol_c dm⁻³ em relação à adubação mineral, por causa da aplicação superficial e aumento no teor de Mg com aumento de fertilização. Nas demais camadas os contrastes não foram significativos entre a adubação mineral e a fertilização com esterco de galinha. Em relação ao Mg, os resultados diferem daqueles de Andreola et al. (2000), que não detectaram efeito da adubação orgânica e mineral e Moreti et al. (2007) que destacaram o maior teor de Mg quando utilizou o esterco de galinha (2,15 cmol_c dm⁻³) na camada de 0,0 - 0,1 m.

Os teores P no solo foram significativos em todas as camadas, (Tabela 3). Na camada 0,0 - 0,1 m a estimativa foi de - 76,2 mg dm⁻³ entre a adubação mineral e a maior dose de esterco. Lima et al. (2007) observaram para o P na camada 0,0 - 0,2 m, aumento de 4,9, 23,5 e 10,2 mg dm⁻³ nas doses 10, 15 e 20 Mg ha⁻¹ de cama aviária em relação à adubação química na dose 100 kg ha⁻¹ com nitrogênio na forma de ureia. Na camada 0,1 - 0,2 m com interação entre dose x manejo com escarificação foi significativo com doses de 4,148 e 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco com estimativa de - 7,9 e - 9,5 cmol_c dm⁻³ em relação a adubação mineral. O aumento da macroporosidade pela escarificação do solo e presença de 87,25% de areia no solo podem contribuir na movimentação do P nesta camada, em função da sua maior concentração com as maiores doses na camada superior. Esses resultados corroboram os de Scherer & Nesi (2009), que verificaram maior disponibilidade de fósforo no sistema de plantio direto na camada de 0,1 - 0,2 m com aplicação orgânica de esterco. Na camada 0,2 - 0,4 m, foi significativo os teores de P entre adubação mineral e a maior dose de esterco aplicado com estimativa de - 2,3 mg dm⁻³. Além do teor de P nas camadas superiores, a existência de canais preferenciais de mobilidade de água pela morte e decomposição de raízes e atividade biológica pode ter contribuído na alteração do teor de P.

Para o teor de Zn, com a dose de 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco foi significativo nas camadas 0,0 - 0,1 e 0,2 - 0,4 m com estimativa de - 4,0 e - 0,5 mg dm⁻³, respectivamente (Tabela 3). Os resultados são semelhantes aos de Scherer & Nesi (2009), que verificaram alterações no teor de Zn no solo com aplicação de esterco de galinha e adução com nitrato de amônio nas mesmas camadas, em sistema de plantio direto. Para Ashjaei et al. (2011), os resultados mostraram que as concentrações de Zn foram significativamente maiores em solos que receberam superficialmente cama de frango durante 14 anos, em camadas 0,0 - 2,5 e 2,5 - 7,5 cm de profundidade.

Conclusões

A fertilização com esterco de galinha não alterou a densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e condutividade hidráulica do solo saturado.

O manejo mecânico de escarificação reduziu a densidade do solo, aumentou a macroporosidade e porosidade total do solo.

O esterco de galinha contribuiu no aumento do pH (H₂O) e nos teores de P, Ca e Zn na camada superficial de 0,0 - 0,10 m.

O processo mecânico de escarificação do solo aumentou os teores de P nas camadas 0,1 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m.

Literatura Citada

- Andreola, F., Costa, L. M., Mendonça, E. S., Olszewski, N. Propriedades químicas de uma Terra Roxa Estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo*, Viçosa, v.24, p.609-620, 2000.
- Araújo, M. A.; Tormena, C. A.; Silva, A. P. Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, n.2, p.337-345, 2004.
- Ashjaei, S.; Miller, W. P.; Cabrera, M. L.; Hassan, S. M. Arsenic in soils and forages from poultry litter-amended pastures. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Basel, v.8, n.8, p.1534-1546, 2011.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 25, de 23 de julho de 2009. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 28 de julho de 2009. Seção 1, p.20, 2009.

- Colet, M. J.; Sverzut, C. B.; Weirich Neto, P. H.; Souza, Z. M. de. Alteração em atributos físicos de um solo sob pastagem após escarificação. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.33, n.2, p.361-368, 2009.
- Colussi, G. Escarificação e adubação com cama de aves na produção de Tifton 85. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, RS, 2013, 94p. Dissertação mestrado.
- Costa, C. D. de O. Escoamento superficial e risco de erosão do solo na sub-bacia Jardim Novo Horizonte, Município de Ilha Solteira-Sp. Dissertação (mestrado)-Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, 2010, 81p.
- DECACON DEVICE, Inc. Mini disk infiltrometer: User's manual version10. Decagon Devices, Inc.2365 NE Hopkins Court Pullman, 2012, 26p.
- Drewry, J. J.; Cameron, K. C.; Buchan, G. D. Pasture yield and soil physical property responses to soil compaction from treading and grazing a review. *Australian Journal Soil Research*, v.46, p.237-256, 2008.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- Fidalski, J.; Tormena, C. A.; Cecato, U.; Barbero, L. M.; Lugão, S. M. B.; Costa, M. A. T. Qualidade física do solo em pastagem adubada e sob pastejo contínuo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.43, n.11, p.1583-1590, 2008.
- Freitas, M. do S. C. de; Araújo, C. A. de S.; Silva, D. J. Decomposição e liberação de nutrientes de esterco em função da profundidade e do tempo de incorporação. *Revista Semiárido De Visu*, Petrolina, v.2, n.1, p.150-161, 2012.
- Gebrim, F. de O.; Silva, I. R. da; Novais, R. F.; Vergütz, L.; Procópio, L. C.; Nunes, T. N.; Jesus, G. L. de. Lixiviação de cátions favorecida pela presença de ânions inorgânicos e ácidos orgânicos de baixa massa molecular em solos adubados com camas de aviário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, n.8, p.2255-2267, 2008.
- Heckler, J. C.; Hernani, L. C.; Pitol, C.. Palha. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. Sistema de plantio direto. Brasília, Embrapa-Agropecuária Oeste, p.38-49, 1998.
- Inácio, E. dos S. B.; Cantalice, J. R. B., Nacif, P. G. S.; Araujo, Q. R. de; Barreto, A. C. Quantificação da erosão em pastagem com diferentes declives na microbacia do Ribeirão Salomea. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.11, n.4, p.355-360, 2007.

- Kiehl, E. J. Manual de edafologia. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- Lima, J. J.; Mata, J. D. V.; Neto, R. P.; Scapim, C. A. Influência da adubação orgânica nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico e na produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Acta Scientiarum Agronomy, Maringá, v.29, n.5, p.715-719, 2007.
- Macedo, M. C. M.; Kichel, A. N.; Zimmer, A. H. Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens. Campo Grande: EMBRAPACNPGC, 2000. 4p. (Comunicado Técnico, 62).
- Martha Júnior, G. B.; Vilela, L. Pastagens no Cerrado: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes em pastagens. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2002. 32p. (Documentos, 50).
- Menezes, J. F. S.; Alvarenga, R. C.; Silva, G. P.; Konzen, E. A.; Pimenta, F. F. Cama-de-frango na agricultura: perspectivas e viabilidade técnica e econômica. Boletim Técnico, 3. Rio Verde, GO: Fundação do Ensino Superior de Rio Verde, 2004. 28p.
- Moreira, F. M. S.; Siqueira, J. O. Microbiologia e Bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2006. 729p.
- Moreira, J. A. A.; Oliveira, I. P.; Guimarães, C. B.; Stone, L. F. Atributos químicos e físicos de um latossolo vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.35, n.3, p.155-161. 2005.
- Moreti, D.; Alves, M. C.; Filho, W. V. V.; Carvalho, M. P. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.31, n.1, p.167-175, 2007.
- Neves, L. S. das; Ernani, P. R.; Simonete, M. A.. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.33, n.1, p.25-32, 2009.
- Oliveira, E. L. de. Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 2003. 30p.
- R Development Core Team (2009). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Raij, B. V.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agronômico, 1997. 287p. (Boletim Técnico, 100).

- Reichert, J. M.; Reinert, D. J.; Braidá, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ciência & Ambiente*, Santa Maria, v.27, n.1, p. 29-48, 2003.
- Rós, A. B.; Hirata, A. C. S.; Narita, N. Produção de raízes de mandioca e propriedades química e física do solo em função de adubação com esterco de galinha. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.43, n.3, p.247-254, 2013.
- Scherer, E. E.; Nesi, C. N.. Características químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. *Bragantia*, Campinas, v.68, n.3, p.715-721, 2009.
- Silva Neto, S. P. da; Santos, A. C. dos; Silva, J. E. C. da; Dim, V. P.; Araújo, A. dos S. Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico sob capim-marandu adubado com resíduo líquido de frigorífico. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.34, n.3, p.1099-1110, 2013.
- Silva, A. P.; Kay, B. D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. *Soil Science Society of America*, Madison, v.61, n.3, p.877-883, 1997.
- Soares Filho, C. V., Monteiro, F. A., Corsi, M.. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. *Pasturas Tropicales*, Cali, v.14, p.2-6, 1992.
- Tormena, C. A.; Friedrich, R.; Pintro, J. C.; Costa, A. C. S; Fidalski, J.. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num latossolo vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, n.6, p.1023-1031, 2004.
- Trindade, J. K.; Da Silva, S. C.; Souza Júnior, S. J.; Giacomini, A. A.; Zeferino, C. V.; Guarda, V. D. A.; Carvalho, P. C. de F. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim Marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.42, n.6, p.883-890, 2007.
- Valente, B. S.; Xavier, E. G., Morselli, T. B. G. A.; Jahnke, D. S., Brum Jr.; B. de S., Cabrera, B. R.; Moraes, P. de O.; Lopes, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Archivos de Zootecnia*, Córdoba, v.58, n.1, p.59-85, 2009.

V - Minerais na massa de forragem de capim Marandu fertilizado com esterco de galinha sem e com escarificação

Resumo: O objetivo foi avaliar os nutrientes minerais presentes na massa produzida pelo capim Marandu fertilizado com esterco de galinha sem e com uso de escarificador em setembro de 2013. O delineamento foi em blocos ao acaso com quatro repetições num arranjo fatorial 5 x 2, com cinco doses de esterco (0, 1,037; 2,074; 4,148; 6,222 Mg ha⁻¹), sem e com escarificação. E, mais um tratamento adicional com adubação mineral N, P e K contidos em 2,074 Mg ha⁻¹. Os cortes foram efetuados conforme interceptação luminosa de 95% do dossel na altura de 0,15 m de resíduo. Na interação dose x manejo foi significativa as concentrações de Ca, N, Cu e Zn presente na massa de forragem do capim Marandu. Com manejo sem escarificação do solo foi observado concentração de N máximo de 20,64 g kg⁻¹ e com escarificação a concentração de Zn foi máximo de 60,60 mg kg⁻¹. Na extração mineral, com aplicação de esterco de galinha os ajustes foram lineares para Mg, K e P e na interação dose x manejo significativo para o N, Cu e Zn. No contraste de extração mineral entre adubação mineral (NPK) com controle e doses de esterco de galinha foram significativas para o Ca, Mg, K, N, P, Cu e Zn.

Palavras-chave: braquiária, extração, fertilização, manejo, química

V - Minerals in herbage mass of Marandu grass fertilized with chicken manure with and without soil chiseling

Abstract: The objective was to evaluate the nutrients minerals present in mass produced by Marandu grass fertilized with chicken manure with and without use of soil chiseling September 2013 The design was a randomized block with four replications in a 5 x 2 factorial arrangement with five manure rates (0, 1.073, 2.074, 4.148, 6.222 Mg ha⁻¹) with and without soil chiseling. An additional treatment with mineral fertilizer of N, P and K contained in 2.074 Mg ha⁻¹ was used. The cuts were made with light interception of 95% of the canopy in the height of 0.15m residue. In the dose x management interaction it was significant the concentrations of Ca, N, Cu and Zn present in the herbage mass of Marandu grass. With management without scarifying the soil N concentration was observed up to 20.64 g kg⁻¹ and in soil chiseling the Zn concentration was maximum at 60.60 mg kg⁻¹. In mineral extraction, applying chicken

manure the adjustments were linear for Mg, K and P and in dose x management interaction was significant for N, Cu and Zn. The contrast of mineral extraction between mineral fertilizer (NPK) with control and doses of chicken manure were significant for Ca, Mg, K, N, P, Cu and Zn.

Key words: palisadegrass, extraction, fertilization, management, chemical

Introdução

A produção de carne bovina brasileira se caracteriza pela dependência exclusiva de pastagens, com os animais extraíndo os minerais presentes na massa forrageira colhida. Pastagem estabelecida em solos com baixa fertilidade, sem manejo adequado, sem correção e adubação de reposição contribui para acelerar o processo de degradação conjunta de solo e planta.

Restabelecer os níveis adequados de disponibilidade de nutrientes, por meio de correção e fertilização é a forma mais eficiente de recuperação dos processos produtivos nas pastagens. Segundo Ashjaei et al. (2011), o esterco de galinha é um importante fertilizante orgânico. Além da sua composição química e sua relação C/N, a mineralização é contínua ao longo do tempo com a liberação de NH_4^+ e consequente formação de nitrato no solo (Azeez & Averbek, 2010).

A escarificação do solo rompe camadas compactadas na superfície, reduzindo a densidade e aumentando a macroporosidade e porosidade total, favorecendo a aeração e ação de microrganismos sobre o esterco aplicado. Segundo o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009), é permitido o uso da cama ou esterco de aves em pastagens e capineiras, com carência de 40 dias após processo de incorporação.

A fertilidade do solo e as estratégias de manejo podem resultar em variações na estrutura do dossel no momento do pastejo ou corte com influência no desempenho animal, em decorrência dos seus efeitos nos teores minerais e no valor nutritivo da forragem ofertada e consumida pelos animais.

O estudo na concentração e extração mineral pelo capim Marandu, sob doses e fontes de nitrogênio com intervalos fixos entre cortes, foram realizados por Primavesi et al. (2006) e Costa et al. (2009ab). Segundo Pedreira et al. (2009), a melhor estratégia de desfolhação é de 95% de interceptação luminosa com altura de resíduo de 0,15 m para o acúmulo de folhas. Para Voltolini et al. (2010), com esse manejo, possibilita aplicar intervalos variados e menores de pastejo com efeitos positivos na produção e no valor nutritivo da planta forrageira.

Dentro deste contexto, objetivou-se avaliar os minerais presentes e extraídos pela massa produzida pelo capim Marandu fertilizado com esterco de galinha e manejado sem e com escarificação do solo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi (23° 25'S e 51° 57'W a 550m de altitude), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá - PR. O período experimental iniciou em setembro de 2012 em área estabelecida de capim Marandu com 10 anos de pastejo em Latossolo Vermelho distrófico com 87,25% de areia na camada 0,0 - 0,2 m. Na área experimental a análise química do solo (Laboratório de solo e Planta - UEM) coletado a 0,0 - 0,2 m, apresentou entre bloco os teores médios de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})=6,00$; $\text{C}=8,23 \text{ g dm}^{-3}$; $\text{P}=6,28 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{H}^++\text{Al}^{+3}=2,54$; $\text{Ca}^{+2}=0,87$; $\text{Mg}^{+2}=0,57$; $\text{K}^+=0,13 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{Fe}=180,86$; $\text{Zn}=4,04$; $\text{Cu}=3,20$; $\text{Mn}=144,21$ e $\text{S-SO}_4^{2-}=3,25 \text{ mg dm}^{-3}$.

O esterco de galinha da linhagem Hy Line W36 em postura com gaiolas, foi armazenado à sombra por 45 dias e coberto com lona. A análise química do esterco (Laboratório de agroquímica e meio ambiente - UEM) apresentou $6,0 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria orgânica, $0,66 \text{ g kg}^{-1}$ (N_{total}), $3,53 \text{ g kg}^{-1}$ (CaO), $0,55 \text{ g kg}^{-1}$ (MgO), $0,37 \text{ g kg}^{-1}$ (K_2O), $0,24 \text{ g kg}^{-1}$ (P_2O_5), relação C/N 4,96:1, $\text{Cu}=220,10$; $\text{Mn}=1226,90$; $\text{Zn}=368,00 \text{ mg kg}^{-1}$ e $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ de 6,98.

Para elevação da saturação por bases do solo em 50% fez a aplicação manual de 490 kg ha^{-1} de calcário dolomítico (32% CaO e 15% MgO) sobre o capim Marandu no mês de agosto de 2012 e depois de 25 dias corte de uniformização com roçadora a 0,1 m do solo.

A dose de 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 foi baseada na manutenção de espécies do grupo III (Menezes et al., 2004; Oliveira, 2003) presente em $2,074 \text{ Mg ha}^{-1}$ de esterco. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições num arranjo fatorial 5 x 2, cinco doses de esterco (0, 1,037, 2,074, 4,148, 6,222 Mg ha^{-1}) e dois manejos sem e com escarificação do solo. Foi acrescentado o tratamento com adubação mineral em NPK contido em $2,074 \text{ Mg ha}^{-1}$ de esterco de galinha com 138 kg ha^{-1} (N_{total}), 50 kg ha^{-1} (P_2O_5), 77 kg ha^{-1} (K_2O).

No final de mês de setembro foram aplicados 270 kg ha^{-1} de gesso agrícola e cada parcela correspondente 6 m x 4 m dose única de esterco e no tratamento com adubação mineral de P_2O_5 e 1/3 do N_{total} e K_2O parcelados a cada 60 dias. E

escarificação com Arado Descompactador Tandem da marca IKEDA (DPT320M) que apresentava disco de corte, posicionado anteriormente a cada haste helicoidal com ponteira inclinada de lamina de aço, a 0,2 m de profundidade.

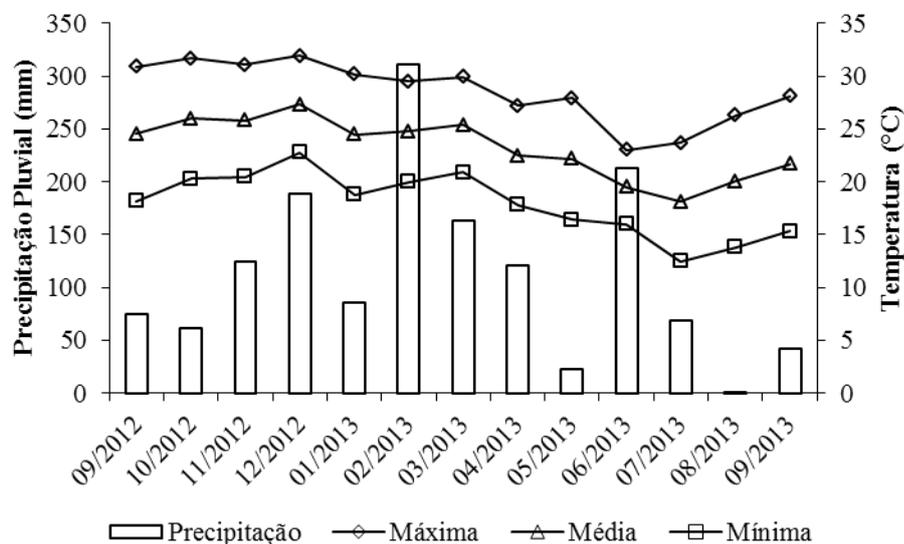


Figura 1. Precipitação pluvial e temperaturas, no período experimental de setembro de 2012 a 2013. Fonte: Laboratório de Sementes da FEI

O manejo do capim Marandu foi baseado na interceptação luminosa (IL) de 95% do dossel forrageiro medido com aparelho AccuPAR modelo LP-80 PAR/LAI Ceptometer com leituras semanais e rebaixado com aparador mecânico a altura de resíduo de 0,15 m e remoção de toda a massa cortada. Um quadrado de ferro com 0,25 m² de área (0,50 x 0,50 m) foi utilizado na coleta, duas amostras ao nível do solo com IL de 95% e duas com resíduo a 0,15 m. Toda a massa colhida foi acondicionada em sacos plásticos e pesada, de uma subamostra homogênea foi novamente pesada, acondicionada em saco de papel identificado e colocada em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C por 72 horas. Após a secagem, as subamostras foram pesadas novamente para obtenção da massa seca de forragem (Mg ha⁻¹). A massa seca acumulada foi calculada pela diferença de produção entre IL de 95% e resíduo a 0,15 m.

A avaliação química do capim Marandu foi realizada ao final do período experimental aos 350 dias, na condição de manejo adotado. As amostras colhidas foram pesadas e secas em estufa a 55 °C por 72 horas e moídas em moinho tipo Willey em peneira de 1mm e encaminhada para o Laboratório de Agroquímica e Meio Ambiente (UEM). Para o K, Mg, Ca, Cu e Zn (espectrometria de absorção atômica em amostra

digerida com solução nitro-perclórica); Fósforo total (P) (espectrofotometria UV-Vis em amostra digerida por solução nitro-perclórica) e Nitrogênio total (N) (método clássico de Kjeldahl). A extração mineral pelo capim Marandu foi calculada pela fórmula: nutriente extraído (kg ha^{-1}) = $0,001 \times [\text{massa seca produzida acumulada} (\text{kg ha}^{-1}) \times \text{concentração do nutriente} (\text{g kg}^{-1})]$.

Os resultados foram submetidos a análise de variância e a 5% de probabilidade o contraste de média pelo teste F avaliou as estimativas entre (controle, adubação mineral) com todas as doses de esterco de galinha e regressão aos modelos lineares e quadráticos com uso do software Sisvar (Ferreira, 2011).

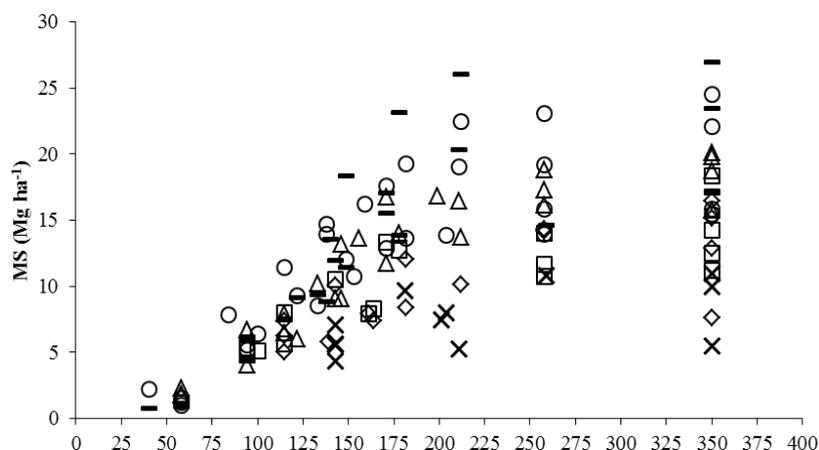
Resultados e Discussão

Com manejo entre a interceptação luminosa (IL) de 95% e resíduo de 0,15 m de altura, o maior número de caracteres nas maiores doses de esterco de galinha e adubação mineral (NPK), reflete a massa seca acumulada (MS) pelo capim Marandu com menor período e maior de número de cortes (NC), (Figura 2). Em todos os tratamentos a MS foi crescente e as condições climáticas favoráveis de acúmulo até 210 dias em razão de temperaturas e precipitações adequadas de produção, (Figura 1). Para Azeez & Averbek (2010), a produção deve ser sincronizada com período de alta disponibilidade de N pelo esterco de galinha, pois a relação entre a liberação de N e o tempo é polinomial (cúbico) com forte liberação de N aos 120 dias por causa da decomposição das células microbianas.

O tratamento mineral (NPK), apesar da equivalência em N, P e K contido na dose de $2,074 \text{ Mg ha}^{-1}$, o período de aplicação com parcelamento em 1/3 da dose para N_{total} e K_2O e maior disponibilidade de macronutrientes para o capim Marandu teve forte aumento de MS com média de $21,14 \text{ Mg ha}^{-1}$ sem escarificação (Figura 2A) e $19,53 \text{ Mg ha}^{-1}$ com escarificação do solo (Figura 2B).

Segundo Marcelino et al. (2006), a taxa de rebrota da planta após a desfolha depende da intensidade e frequência de colheita, dos fatores edafoclimáticos e de nutrientes que condicionam o potencial fotossintético do dossel forrageiro. De acordo com Pedreira et al. (2009), o maior número de pastejos nos piquetes manejados a 95% IL, proporcionaram produção de forragem mais jovem, com menor proporção de material morto e provavelmente com melhor valor nutritivo.

(A)



(B)

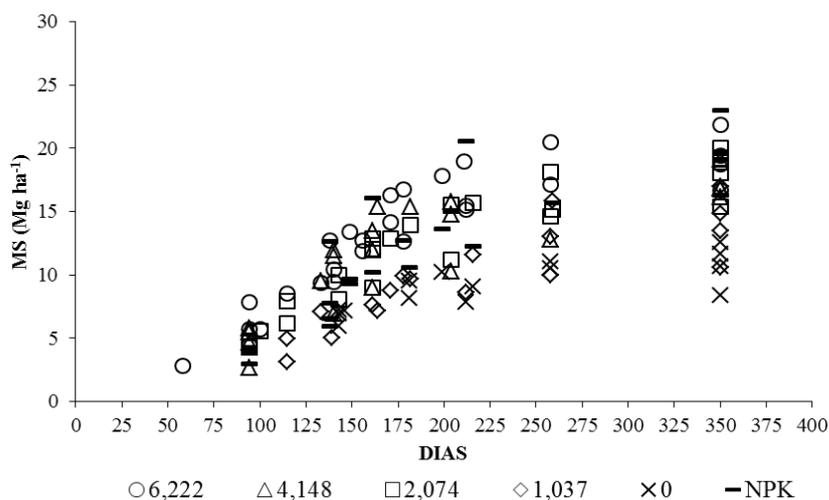


Figura 2. Massa seca acumulada de capim Marandu fertilizado com esterco de galinha em período de 350 dias com manejo do solo: A. sem escarificação; B. com escarificação

Nos minerais contidos na massa de forragem do capim Marandu, na interação dose x manejo sem escarificação do solo, foi significativo o contraste entre o controle (dose zero) com doses de 4,148 e 6,222 Mg ha^{-1} de esterco de galinha para concentração de cálcio (Ca), e estimativa de + 6,37 e + 5,26 g kg^{-1} , respectivamente (Tabela 1). A concentração de Ca em todas as doses estão acima de 3 a 6 g kg^{-1} para *Brachiaria brizantha* (Werner et al.,1997). Para o segundo corte da gramínea, na dose de N de 261

mg dm⁻³, Batista & Monteiro (2010) obtiveram o teor mais elevado de Ca (10 g kg⁻¹) em lâminas de folhas recém-expandidas do capim Marandu. Barnabé et al. (2007), verificaram aumentos médios de Ca com dejetos líquidos de suínos, com intervalo de corte fixo de 33 dias.

Para o magnésio (Mg), a interação dose x manejo sem escarificação do solo, o contraste foi não significativo quando se comparou o controle com as doses de esterco e na interação dose x manejo com escarificação do solo, o contraste foi significativo com aumento na concentração de Mg para dose igual ou maior que 4,148 Mg ha⁻¹. As concentrações estão acima das ideais para *Brachiaria brizantha* entre 1,5 e 4,0 g kg⁻¹ (Werner et al., 1997). Silva et al. (2013), verificaram redução nas concentrações de Mg com aumento de aplicação de esterco de galinha poedeira (média de 2,87 g kg⁻¹) aos 95 dias após aplicação em capim Marandu.

Tabela 1. Concentração de minerais na parte aérea no capim Marandu fertilizado com esterco de galinha e manejo sem e com escarificação do solo

Minerais	Dose (Mg ha ⁻¹)				0	Média	CV(%)	Efeito
	1,037	2,074	4,148	6,222				
Ca	14,96 ^{NS}	13,93 ^{NS}	9,09	10,20	15,46	12,51	15,66	**s
	11,28 ^{NS}	10,47 ^{NS}	12,92 ^{NS}	13,29 ^{NS}	13,55			**e
Mg	6,27 ^{NS}	6,32 ^{NS}	5,47 ^{NS}	5,99 ^{NS}	6,28	6,25	9,90	**s
	6,12 ^{NS}	6,38 ^{NS}	6,91	6,89	5,96			**e
K	11,62 ^{NS}	10,26 ^{NS}	9,60 ^{NS}	12,15 ^{NS}	10,14	10,75	17,54	*
N	14,63 ^{NS}	14,66 ^{NS}	22,31	15,34	10,62	15,42	20,46	**s
	15,34 ^{NS}	14,99 ^{NS}	13,95 ^{NS}	17,79 ^{NS}	14,63			**e
P	3,21	3,36	3,42	3,39	2,42	3,15	8,89	*
Cu	8,05	21,90	22,70	20,50	15,13	19,21	9,86	**s
	23,8	21,30	20,72	23,45	14,62			**e
Zn	52,35 ^{NS}	57,50 ^{NS}	51,85 ^{NS}	61,48 ^{NS}	59,75	55,41	13,25	**s
	56,60 ^{NS}	59,48 ^{NS}	58,58 ^{NS}	45,48 ^{NS}	51,08			**e

^{NS} - Contraste não significativo entre controle e dose de esterco de galinha pelo teste F (P>0,05).
* efeito de dose e ** interação dose x manejo sem e com escarificação (s,e)

O controle mostrou valor semelhante para concentração de potássio (K) no capim Marandu. Esses valores estão abaixo da faixa adequada para essa forrageira, que é de 12 a 30 g kg⁻¹ (Werner et al., 1997). Os resultados são semelhantes aos de Barnabé et al. (2007) que não verificaram variações significativa na concentração de K com aplicação dejetos líquido de suíno. Silva Neto et al. (2009), com aplicação de resíduo líquido de frigorífico não conseguiram manter as concentrações adequadas de K no tecido vegetal do capim Marandu. No segundo corte da *Brachiaria decumbens*, Lana et al. (2010), com uso de doses de 6,25, 9,375 e 12,50 Mg ha⁻¹ de cama de frango, observaram aumentos de 6,1, 8,1 e 7,1 g kg⁻¹ na concentração de K em relação ao controle.

Na interação dose x manejo sem escarificação do solo, o contraste foi significativo para o nitrogênio (N) com doses de 4,148 e 6,222 Mg ha⁻¹ com estimativa de - 11,69 e - 4,72 g kg⁻¹, respectivamente. Os resultados são maiores que Silva Neto et al. (2009) que observaram aumento de 2,80 g kg⁻¹ na concentração de nitrogênio (N) na biomassa do capim Marandu após receber doses 112,50 m³ ha⁻¹ de resíduo líquido de frigorífico. Na interação dose x manejo com escarificação do solo, o contraste foi semelhante para o N. O aumento da macroporosidade pela escarificação do solo proporcionou maior ação de microrganismo na decomposição e mineralização da matéria orgânica existente, contribuindo para elevar as concentrações de N na planta em baixas doses de esterco. As concentrações de N verificados estão na faixa adequada nessas plantas de 13 a 20 g kg⁻¹ (Werner et al., 1997).

O contraste foi significativo na comparação do controle com as doses de esterco para a concentração de fósforo (P), que foi maior que a faixa preconizada por Werner et al. (1997), de 0,8 a 3,0 g kg⁻¹. Silva et al. (2013), no tratamento com 15 Mg ha⁻¹ de esterco de galinha, verificaram 3,0 g kg⁻¹, superior aos demais tratamentos. Silva et al. (2012) observaram concentração de P de 0,32 e 0,21 mg dm⁻³ nos tecidos do capim Marandu em períodos de chuva e seca com fertilização de esterco de frango. Lana et al. (2010) observaram no segundo corte concentração 3,12 g kg⁻¹ de P com aplicação de 9,37 e 12,50 Mg ha⁻¹ de cama de frango de cama, ou seja aumento de 1,78 vezes em relação ao controle.

Foi significativo na interação dose x manejo do solo sem escarificação o contraste entre o controle e doses de esterco de galinha para concentração de cobre (Cu), com estimativa de 7,08, - 6,77, - 7,57, - 5,37g kg⁻¹ e com escarificação a

estimativa foi de - 9,18, - 6,68, - 6,10 e - 8,83. Para ambos os manejos as concentrações de Cu estão acima da faixa adequada, de 7 a 10 mg kg⁻¹ (Werner et al., 1997).

Com a interação dose x manejo sem e com escarificação do solo, o contraste entre o controle e doses de esterco de galinha foi semelhante nos dois manejos para o zinco (Zn). As concentrações de Zn estão acima da faixa adequada, conforme Abreu et al. (2007) e Werner et al. (1997) que variam de 20 a 50 mg kg⁻¹.

Houve interação entre dose x manejo mecânico do solo para a concentração de cálcio (Ca), Figura 3A. No manejo sem escarificação houve ajuste ao modelo quadrático com a concentração mínima de Ca de 9,44 g kg⁻¹ na dose de 5,09 Mg ha⁻¹ de esterco. Primavesi et al. (2006) verificaram na massa do capim Marandu ajuste ao modelo quadrático com menor valor na concentração de Ca de 4,0 g kg⁻¹, com aplicação 100 kg ha⁻¹ por corte de nitrato de amônio. No manejo com escarificação houve ajuste ao modelo linear com aumento de concentração de Ca de 2,01 g kg⁻¹ entre as doses de 1,037 e 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco. O aumento da aeração do solo pelo manejo de escarificação e o esterco aplicado contribuiu na ação de microrganismos na mineralização da matéria orgânica, com maior disponibilização e absorção de nutrientes pelo capim Marandu, explicando aumento da concentração de Ca na parte aérea do capim Marandu.

Para a concentração de potássio (K), nas doses de esterco houve ajuste ao modelo quadrático, com ponto de mínimo na concentração de K de 9,39 g kg⁻¹ na dosagem 3,57 Mg ha⁻¹ de esterco, (Figura 3B). Para Silva et al. (2013), a regressão foi linear obtendo na dose 20 Mg ha⁻¹ de esterco de galinha 17,72 g kg⁻¹ de potássio aos 95 dias após aplicação. Segundo Primavesi et al. (2006), existe uma relação inversa na concentração K com o aumento na eficiência de uso do N pela planta, fato não observado neste experimento pelo efeito de dose observado na concentração de potássio (K) e interação entre dose x manejo para o N.

Para concentração de nitrogênio (N) houve interação dose x manejo sem e com escarificação do solo, (Figura 3C). Sem escarificação o ajuste foi quadrático, com ponto de máximo na dose de 3,97 Mg ha⁻¹ de esterco e concentração de N de 20,64 g kg⁻¹. Com modelo linear, Silva Neto et al. (2009) observaram que as concentrações de N na parte aérea do capim Marandu no segundo corte foram de 15,7; 16,7 e 17,8 g kg⁻¹ nas doses 37,5; 75 e 112,5 m³ ha⁻¹ de resíduo líquido de frigorífico. Com escarificação não houve ajuste aos modelos propostos com média de 15,51g kg⁻¹. A escarificação do solo, de certa forma contribuiu na estabilização das concentrações de N no capim Marandu

mesmo com aumento das doses de esterco. Azeez & Averbek (2010) relataram que a ação de microrganismos na mineralização da matéria orgânica do solo é contínua ao longo do tempo.

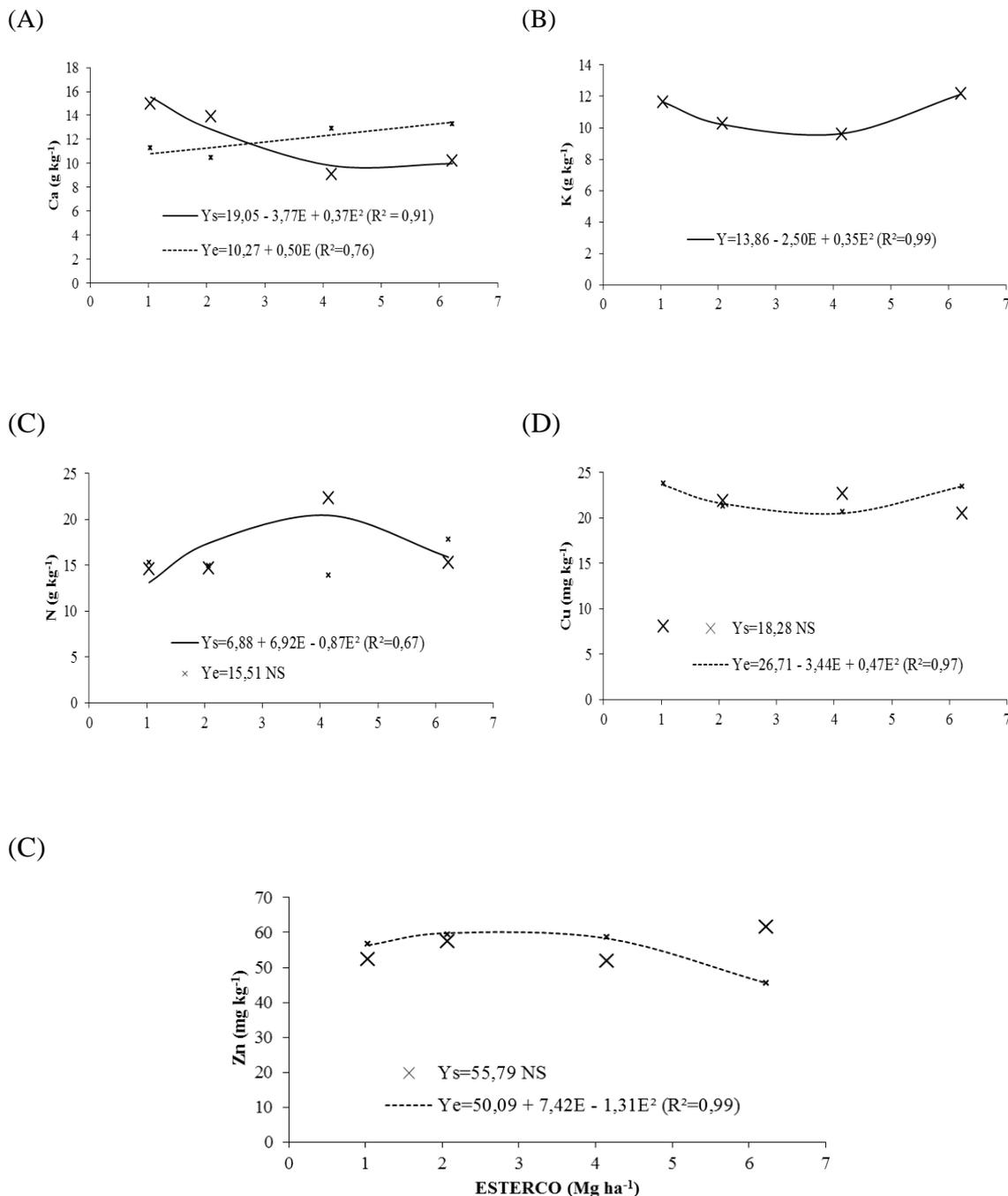


Figura 3. Concentração mineral na massa de forragem de capim Marandu fertilizado com esterco de galinha e manejo sem e com escarificação do solo (s,e). A. cálcio; B. potássio; C. nitrogênio; D. cobre e E. zinco

Houve interação de dose x manejo com escarificação do solo para concentração de cobre (Cu) e de Zinco (Zn), (Figura 3D e 3E). Com modelo quadrático, a concentração de Cu foi mínima de 20,40 mg kg⁻¹ com dose de 3,65 Mg ha⁻¹ de esterco. Com modelo quadrático, a concentração de Zn foi máxima de 60,60 mg kg⁻¹ com dose de 2,83 Mg ha⁻¹ de esterco. Ashjaei et al. (2011) verificaram concentração de Cu de 7,02 mg kg⁻¹ e Zn de 34,2 mg kg⁻¹ com aplicação superficial de 5 Mg ha⁻¹ de cama de frango por ano em *Cynodon dactylon*.

A extração de Mg, K e P foi linear com efeito das doses de esterco e para N foi linear com interação entre dose de esterco x manejo. Os ajustes lineares com incremento de minerais extraídos pela massa de forragem do capim Marandu foram por causa do aumento na produção de forragem com aumento de fertilização de esterco de galinha.

Na extração de Mg entre as dose de 1,037 e 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco de galinha aumentou de 39,72 kg ha⁻¹ isto ocorreu pela massa seca acumulada (MS) de 5,91Mg ha⁻¹ durante os 350 dia (Figura 4A). Os resultados confirmam o que Costa et al. (2009a), observaram no ajuste linear aumento de quatro vezes em relação à testemunha com o acréscimo de doses de nitrogênio nas extrações de magnésio pelo capim Marandu. Primavesi et al. (2006) constataram ajuste quadrático com aumento de 5,4 vezes na extração de Mg na dose de 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N aplicado, em relação à testemunha.

O aumento da extração do K pelo capim Marandu em relação à menor dose de esterco de galinha foi de 7,92, 9,08 e 49,94% para as doses de 2,074, 4,148 e 6,222 Mg ha⁻¹, respectivamente. Os resultados corroboram os de Costa et al. (2009a), que verificaram a maior extração de K de 251,87 kg ha⁻¹ no segundo ano de avaliação de capim Marandu e de Primavesi et al. (2006) que relataram extração de 429 kg ha⁻¹, sendo ambos com maior adubação e produção de massa seca.

Na interação dose x manejo com escarificação a extração de N com dose de 6,222 Mg ha⁻¹ foi de 344,30 kg ha⁻¹, ou seja aumento de 56,91% em relação dose de 1,037 Mg ha⁻¹ de esterco (Figura 4C). A escarificação do solo manteve constante a concentração de N no capim Marandu mesmo com aumento de dose de esterco (Figura 3C). Segundo Azeez & Averbek (2010), aos 120 dias apenas 80% do N presente no esterco de galinha é mineralizada, com dependência contínua de ação e morte de microrganismos. Primavesi et al. (2006) verificaram que a extração de nitrogênio foi linear para duas fontes (ureia e o nitrato de amônio) e entre doses de 200 e 800kg/ha/ano de N, a extração foi 2,5 e 2,86 vezes maior, respectivamente. Com

fertilização de esterco de galinha os valores verificados de extração de N são maiores do que K. Relacionado também, pelo sistema de manejo adotado com IL de 95% com maiores números de cortes e produção massa de forragem do capim Marandu com aumento de doses de esterco de galinha. Os resultados diferem de Primavesi et al. (2006) e Costa et al. (2009a), que verificaram extração maior de K em relação ao N pelo capim Marandu.

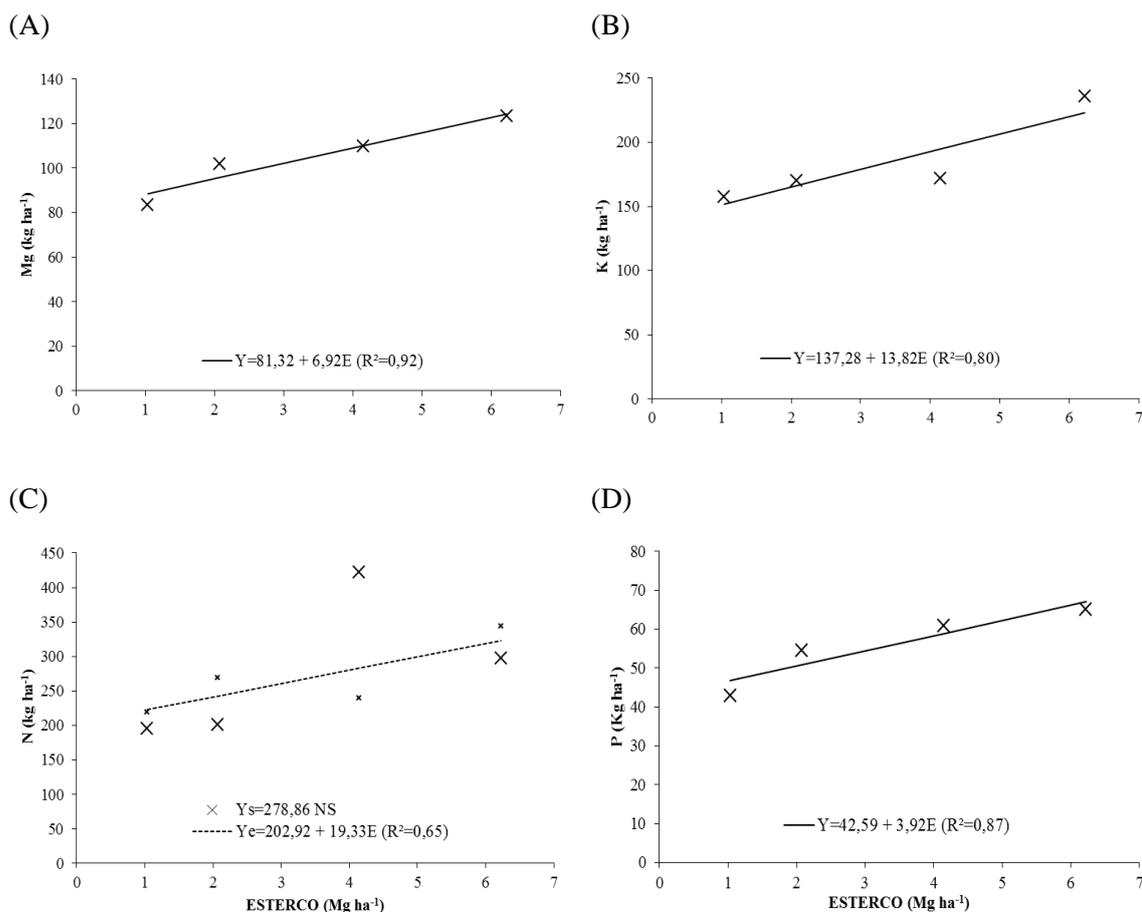


Figura 4. Extração mineral pela massa de forragem do capim Marandu fertilizado com esterco de galinha e manejo sem e com escarificação do solo (s,e). A. magnésio; B. potássio; C. nitrogênio; D. fósforo

O aumento de extração de P entre as doses de esterco aplicado foi de 22,14 kg ha⁻¹. Costa et al. (2009a) observaram no modelo quadrático o aumento extração de P de 6,26 kg ha⁻¹ no primeiro ano de avaliação entre doses de 100 e 300 kg ha⁻¹ de N. Primavesi et al. (2006) verificaram entre mesmas doses de N aumento de extração de 13 e 23 kg ha⁻¹ para ureia e nitrato de amônio, respectivamente.

Na interação entre doses x manejo do solo houve ajuste linear para o Cu (Figura 5A). Comparando a extração desse micronutriente na dose 6,222 Mg ha⁻¹ em relação à dose de 1,037 Mg ha⁻¹ de esterco, o aumento foi de 3,72 e 1,35 vezes, sem e com escarificação do solo, respectivamente. O aumento de extração com aplicação de esterco de galinha sem a escarificação do solo é por causa do aumento na massa seca acumulada (MS) pelo capim Marandu com maiores doses. Braz et al. (2004) encontraram extração de Cu de 0,69 kg ha⁻¹ nas folhas do capim Marandu aos 105 dias.

Na interação dose x manejo sem escarificação do solo houve ajuste linear para o Zn com aumento de 0,49 kg ha⁻¹ entre doses de esterco aplicado (Figura 5B). E na interação entre dose x manejo com escarificação do solo o ajuste foi quadrático com extração máxima de 1,06 kg ha⁻¹ com dose de 2,77 Mg ha⁻¹ de esterco. Braz et al. (2004) observaram valor máximo de extração de Zn de 0,204 kg ha⁻¹ nas folhas de capim Marandu. A extração de Zn foi maior que Cu no capim Marandu, estando de acordo com Primavesi et al. (2006) e Costa et al. (2009a).

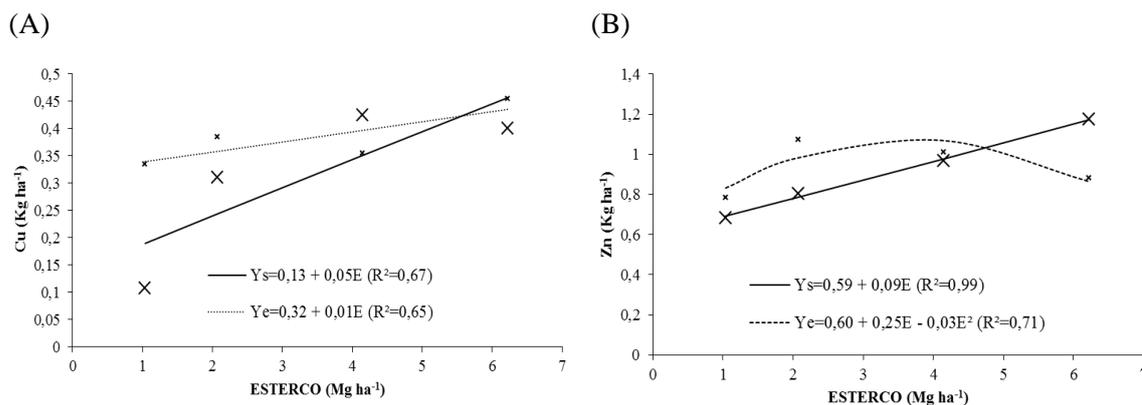


Figura 5. Extração mineral pela massa de forragem do capim Marandu fertilizado com esterco de galinha e manejo sem e com escarificação do solo (s,e). A. cobre; B. zinco

Foi significativo o contraste entre adubação mineral (NPK) com controle e doses de esterco de galinha para extração de Ca, Mg, K, N, P, Cu e Zn (Tabela 2). A extração com adubação mineral (NPK) foi superior a qualquer dose de esterco para o Ca e para o Mg exceto com dose de 6,222 Mg ha⁻¹ de esterco. A elevada produção de MS do capim Marandu com adubação mineral (NPK) contribuiu para a maior extração de Ca e Mg.

A extração de K foi significativa para as doses 0 e 1,037 Mg ha⁻¹ de esterco, com estimativa de 108,5 e 56,1 kg ha⁻¹ e na extração P foi significativa para mesmas doses, com estimativa de 31,8 e 13,9 kg ha⁻¹. Ambas as extrações foram motivadas pela

maior produção de MS com adubação mineral (NPK) contidos em 2,074 Mg ha⁻¹ de esterco.

Na interação dose x manejo sem escarificação do solo a extração de N pelo capim marandu foi significativa para 0, 1,037, 2,074 t. ha⁻¹ com estimativa de 208,0, 117,8, 112,1 kg ha⁻¹, respectivamente. E na interação dose x manejo com escarificação do solo a extração foi significativa somente sem aplicação de esterco, com estimativa de 128,2 kg ha⁻¹. As alterações físicas, aumento da macroporosidade e aplicação de esterco de galinha contribuíram para valores semelhantes de extração de N em contraste à adubação mineral.

Tabela 2. Extração mineral pela massa de forragem do capim Marandu fertilizado com esterco de galinha e manejado sem e com escarificação do solo (s,e)

Minerais (kg ha ⁻¹)	Dose (Mg ha ⁻¹)					NPK	Média	CV(%)	Efeito
	0	1,037	2,074	4,148	6,222				
Ca	147,3	173,4	192,1	194,9	224,2	308,5	206,7	23,0	*
Mg	62,3	83,5	101,9	109,8	123,2 ^{NS}	139,8	103,4	21,6	*
K	105,1	157,5	170,0 ^{NS}	171,8 ^{NS}	236,1 ^{NS}	213,6	175,7	29,9	*
N	104,7	194,9	200,6	422,1 ^{NS}	297,7 ^{NS}	312,7	254,36	30,98	**s
	159,4	219,4 ^{NS}	269,3 ^{NS}	239,2 ^{NS}	344,3 ^{NS}	287,6			**e
P	25,0	42,9	54,3 ^{NS}	60,7 ^{NS}	65,1 ^{NS}	56,8	50,8	20,1	*
Cu	0,15 ^{NS}	0,11 ^{NS}	0,31 ^{NS}	0,43	0,40	0,23	0,28	24,1	**s
	0,16 ^{NS}	0,34	0,39	0,36	0,46	0,16			**e
Zn	0,57	0,73	0,94 ^{NS}	0,99 ^{NS}	1,03 ^{NS}	1,11	0,89	19,4	*

^{NS} - Contraste não significativo entre adubação mineral (NPK) e dose de esterco de galinha pelo teste F (P>0,05). * efeito de dose e ** interação dose x manejo sem e com escarificação (s,e)

Na interação dose x manejo sem escarificação, a extração de Cu é semelhante a adubação mineral com doses 0, 1,037 e 2,074 t. ha⁻¹ de esterco de galinha e na interação dose x manejo com escarificação com dose zero. O efeito significativo é relacionado com aumento deste elemento pelo esterco de galinha no solo. E quanto ao Zn são semelhantes a adubação mineral com doses 2,074, 4,148 e 6,222 t. ha⁻¹ sendo relacionado com aumento de MS com adubação mineral (NPK).

Conclusões

A fertilização com esterco de galinha e o manejo do solo alteraram as concentrações de Ca, N, Cu e Zn na massa de forragem do capim Marandu.

Com uso de esterco de galinha alteraram as concentrações de K presentes na massa de forragem.

O esterco de galinha aumentou a extração de Mg, K e P pela massa de forragem do capim Marandu.

O N foi o mineral de maior extração pela massa de forragem do capim Marandu com uso de esterco de galinha

Literatura Citada

- Abreu, C. A.; Lopes, A. S.; Santos, G. Análise de plantas para avaliar a disponibilidade de micronutrientes. In: Fertilidade do solo. Novaes, R. F.; Alvarez, V. V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, B.; Neves, J. C. L. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo 1ª Ed. Cap. IX, p.676-680, 2007.
- Ashjaei, S.; Miller, W. P.; Cabrera, M. L.; Hassan, S. M. Arsenic in soils and forages from poultry litter-amended pastures. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Basel, v.8, n.8, p.1534-1546, 2011.
- Azeez, J. O.; Averbek, V. W. Nitrogen mineralization potential of three animal manures applied on a Sandy Clay loam soil. *Bioresource Technology*, v.101, n.14, p.5645-5651, 2010.
- Barnabé, M. C.; Rosa, B.; Lopes, E. L.; Rocha, G. P.; Freitas, K. R.; Pinheiro, E. de P. Produção e composição químico-bromatológica da *Brachiaria Brizantha* cv. marandu adubada com dejetos líquidos de suínos. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v.8, n.3, p.435-446, 2007.
- Batista, K.; Monteiro, F. A. Variações nos teores de potássio, cálcio e magnésio em capim-marandu adubado com doses de nitrogênio e de enxofre⁽¹⁾. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.34, n.1, p.151-161, 2010.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 25, de 23 de julho de 2009. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 28 de julho de 2009. Seção 1, p.20, 2009.
- Braz, A. J. B. P.; Silveira, P. M.; Kliemann, H. J.; Zimmermann, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.34, n.2, p.83-87, 2004.

- Costa, K. A. de P.; Faquin, V.; Oliveira, I. P. de; Severiano, E. da C.; Simon, G. A.; Carrijo, M. S. Extração de nutrientes do capim-marandu sob doses e fontes de nitrogênio. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v.10, n.4, p.801-812, 2009 (a).
- Costa, K. A. de P.; Faquin, V.; Oliveira, I. P. de; Severiano, E. da C.; Oliveira, M. A. Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-marandu. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v.10, n.1, p.115-123, 2009 (b).
- Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- Lana, R. M. Q.; Assis, D. F. de; Silva, A. de A.; Lana, A. M. Q.; Guimarães, E. C.; Borge, E. N. Alterações na produtividade e composição nutricional de uma pastagem após segundo ano de aplicação de diferentes doses de cama de frango. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v.26, n.2, p.249-256, 2010.
- Marcelino, K. R. A.; Nascimento Junior, D. do; Da Silva, S. C.; Euclides, V. P. B.; Fonseca, D. D. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.35, n.6, p.2243-2252, 2006.
- Menezes, J. F. S.; Alvarenga, R. C.; Silva, G. P.; Konzen, E. A.; Pimenta, F. F. Cama-de-frango na agricultura: perspectivas e viabilidade técnica e econômica. *Boletim Técnico*, 3. Rio Verde, GO: Fundação do Ensino Superior de Rio Verde, 2004. 28p.
- Oliveira, E. L. de. Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 2003. 30p.
- Pedreira, B. C.; Pedreira, C. G. S.; Silva, S. C. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.38, n.4, p.618-625, 2009.
- Primavesi, A. C.; Primavesi, O.; Corrêa, L. A.; Silva, A. G.; Cantarella, H. Nutrientes na fitomassa de capim-Marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.30, n.3, p.562-568, 2006.
- Silva Neto, S. P. da., Silva, J. E. C. da; Santos, A. C. dos; Castro, J. G. D.; Dim, V. P.; Araújo, A. dos S. Características agrônômicas e nutricionais do capim-Marandu em função da aplicação de resíduo líquido de frigorífico. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v.32, n.1, p.9-17, 2009.

- Silva, A. A.; Simioni, G. F.; Lucena, A. Efeito da adubação orgânica no crescimento do capim *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu em Parecis/Rondônia. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.9, n.16, p.923-932, 2013.
- Silva, C. C.; Santos, A. C. dos; Silva, G. F. da; Rocha, J. M. L. da; Pires, C. C.; Oliveira, L. B. T. de. Resposta do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf) a aplicação de NPK e fontes de matéria orgânica. Amazônia: Ciência & Desenvolvimento, Belém, v.7, p.43-57, 2012.
- Voltolini, T.V.; Santos, F.A.P.; Martinez, J.C.; Clarindo, R. L.; Penati, M. A.; Imaizumi, H. Características produtivas e qualitativas do capim-elefante pastejado em intervalo fixo ou variável de acordo com a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.39, n.5, p.1002-1010, 2010.
- Werner, J. C.; Paulino, V. T.; Cantarella, H.; Andrade, N. O.; Quaggio, J. A. Forrageiras. In: Raij, B.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2 ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. p.263-273.

VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação produtiva do capim Marandu com aplicação de esterco de galinha e manejo sem e com de escarificação do solo exige estudos multidisciplinares, para o entendimento das relações dinâmicas. É importante que o estudo biológico do solo seja realizado para verificar a ação de microrganismos nas relações químicas do esterco e físicas com manejo de escarificação.

O esterco de galinha pode ser considerado uma alternativa de fertilização orgânica como importante fonte de nutrientes para o aumento da produção do capim Marandu. Há necessidade de planejamento na aplicação para que o melhor período de disponibilidade dos nutrientes presentes no esterco coincida com as condições climáticas favoráveis de produção do capim.

Com a correção do solo e simples aplicação de esterco de galinha sem manejo de escarificação, o capim Marandu apresenta maior aumento de produção de massa seca da parte aérea e das lâminas foliares.

A fertilização do capim Marandu com esterco de galinha deve ser verificada a relação custo/benefício principalmente do transporte entre a granja e as áreas de produção.