

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

SILVANO HARKATIN

**RENDIMENTO E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES NO AZEVÉM ANUAL EM
SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA SUBMETIDO A FONTES E DOSES
DE FÓSFORO**

CASTRO

2011

SILVANO HARKATIN

**RENDIMENTO E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES NO AZEVÉM ANUAL EM
SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA SUBMETIDO A FONTES E DOSES
DE FÓSFORO**

Trabalho de conclusão de curso,
apresentado para obtenção de título de
grau em bacharelado, na Universidade
Estadual de Ponta Grossa, área de
Zootecnia.

Orientador: Dr. Adriel Ferreira da
Fonseca

CASTRO

2011

Sumário

Lista de figuras.....	3
Lista de tabelas.....	4
RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4. CONCLUSÕES.....	20
AGRADECIMENTOS.....	20
REFERÊNCIAS.....	21

Lista de figuras

Figura 1: Croqui da área experimental.....	14
Figura 2: Massa seca produzida no 1º, 2º e 3º ciclos de pastejo.....	15
Figura 3: Massa seca produzida para o plantio direto.....	18
Figura 4: Massa seca total produzida no período experimental.....	19
Figura 5: Macronutrientes acumulados na fitomassa do azevém anual.....	21

Lista de tabelas

Tabela 1: Resultados de análises químicas do solo.....[12](#)

Tabela 2: Precipitação e temperatura média do ar.....[13](#)

**Rendimento e acúmulo de macronutrientes no azevém anual em sistema de
integração lavoura pecuária submetido a fontes e doses de fósforo¹**

Annual ryegrass yield and nutrients accumulations in a crop livestock integration after application of phosphorus sources and doses¹

Silvano Harkatin², Adriel Ferreira da Fonseca³, Hendrik Ivan Reifur⁴

¹Trabalho de Conclusão de Curso do primeiro Autor

²Curso de Graduação em Zootecnia - UEPG, Ponta Grossa – PR

³Professor Adjunto do Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola - UEPG, Ponta Grossa - PR

⁴Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Curso de Mestrado) - UEPG, Ponta Grossa - PR, bolsista da CAPES

RESUMO

O azevém anual tem sido importante forrageira de inverno, no Sul do Brasil. Porém para o desenvolvimento do azevém anual há a necessidade de adequada fertilidade do solo, particularmente para o nutriente fósforo (P). Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) na parte aérea e o rendimento de massa seca (MS) do azevém anual, submetido a doses (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total) e fontes de fertilizante fosfatado [superfosfato triplo (SFT), fosfato natural reativo (FNR) e termofosfato magnésiano (TFM)], na integração lavoura pecuária (ILP) sob sistema plantio direto (SPD). O experimento foi instalado no município de Castro (PR), em um Cambissolo Háplico, empregando-se delineamento experimental de blocos completos casualizados com dez tratamentos e quatro repetições. O rendimento de MS no 1º pré-pastejo do azevém anual aumentou quadraticamente com a aplicação do TFM, que foi superior as demais fontes. No entanto para o 2º e 3º pré-pastejo o rendimento do azevém anual não foi influenciado pelas doses de P; porém o SFT foi superior as demais fontes. Isso ocorreu também para o rendimento de MS total (MST). Para os

nutrientes acumulados na parte área do azevém anual, o TFM propiciou maior acúmulo de N, P, K e Mg e o SFT, para o nutriente Ca.

Palavras chave: *Lolium multiflorum* Lam, superfosfato triplo, fosfato natural reativo, termofosfato magnésiano, sistema integrado de produção.

ABSTRACT

The annual ryegrass has been important winter forage in Southern Brazil. But for the annual ryegrass development is the need adequate soil fertility, particularly for the phosphorus (P) nutrient. The objective of this study was to evaluate the accumulation of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S) and shoot dry matter (DM) of annual ryegrass after application of phosphate fertilizer doses (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ of total P₂O₅) and sources [triple superphosphate (TSP), rock phosphate (RP) and magnesium thermophosphate (MTP)] in a crop-livestock integration (CLI) under no-tillage (NT). The experiment was carry out in the municipality of Castro (PR), in a Inceptsol, using experimental design of randomized complete block with ten treatments and four replications. The yield of DM in the 1st pre-grazing of annual ryegrass increased quadratically after MTP application, which it was higher than the other phosphates. For 2 and 3 pre-grazing the annual ryegrass yield was not changed by P doses; however, the TSP resulted in higher yield than the other phosphates. This fact occurred also for total DM yield (DMT). For the nutrients accumulated in the area part of ryegrass, the MTP resulted in higher accumulation of N, P, K and Mg, and TSP, for Ca nutrient.

Key words: *Lolium multiflorum* Lam, triple superphosphate, rock phosphate, magnesium thermophosphate, integrated production system

1. INTRODUÇÃO

A integração lavoura pecuária (ILP) pode ser definida como um sistema que integra as atividades de agricultura e pecuária, visando à maximização de forma racional do uso da terra, por meio dos recursos e benefícios que uma atividade proporciona à outra. Nesse contexto, as áreas de lavouras dão suporte à pecuária por meio da produção de alimento para o animal (seja na forma de grãos, silagem, feno ou em pastejo direto), proporcionando assim o aumento da capacidade de suporte e de receita da propriedade (MELLO et al., 2004).

O azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam) apresenta-se como espécie forrageira amplamente utilizada pelos produtores no Sul do Brasil, pois possui bom rebrote, resiste bem ao pastejo, ao excesso de umidade, com alta qualidade nutritiva e boa palatabilidade (CARAMBULA, 1977). Em sistema de produção a pasto, os cultivares desenvolvidos de azevém anual possuem algumas características superiores em relação ao azevém anual comum. Outra vantagem é que podem ser semeadas em cultivos solteiros, substituindo o consórcio aveia + azevém anual muito utilizado quando na utilização de cultivares comuns. Sendo assim, a utilização do azevém anual, constitui-se em uma excelente alternativa de produção de forragem, visando suprir a deficiência alimentar apresentada no outono e inverno (ROSO et al., 1999).

O sistema plantio direto (SPD) é uma excelente ferramenta desse sistema (ILP), pois preserva a matéria orgânica pré-existente no solo, além de ser uma alternativa econômica e sustentável para recuperar áreas degradadas de pastagens. Tem sido observado que na zona tropical e subtropical, a rotação de pastagens com culturas de grãos é o meio mais efetivo de elevar a fertilidade de solo, podendo assim evitar a abertura de novas áreas (SANTOS et al., 2003). Vários trabalhos destacam as vantagens do sistema ILP, como aumento nos teores de nutrientes do solo, quebra do ciclo de pragas e doenças, além de melhor uso de insumos, maquinários e mão de obra (VILELA et al., 2003).

Todavia, para adequado sistema de ILP, há necessidade de correto manejo da fertilidade do solo, sobretudo de fósforo (P). Esse nutriente é um elemento essencial para o metabolismo das plantas, pois desempenha papel importante na transferência de energia das células, na respiração e fotossíntese. As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em serias restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente (GRANT et al., 2001). Depois de corrigida a acidez do solo, o principal fator limitante ao desenvolvimento das plantas é o baixo teor de P naturalmente disponível nos solos brasileiros, justificando a grande importância deste elemento (NOVAIS & SMYTH, 1999).

No mercado há várias fontes de P disponíveis, tais como o SFT (420 a 480 g kg de P_2O_5), FNR (330 g kg de P_2O_5), TFM (180 g kg de P_2O_5 e 70 g kg de Mg), etc. Cada fonte apresenta determinadas particularidades como, solubilidade (maior ou menor), presença de outros elementos como silício (Si), magnésio (Mg), que são fatores que podem influir diretamente na produção no sistema integrado de produção agropecuário sob plantio direto.

O Si para o desenvolvimento vegetal é considerado como um elemento não essencial (a planta completa o seu ciclo sem a presença do mesmo), porém devido a sua ação, o mesmo pode aumentar o rendimento de algumas espécies cultivadas, promovendo vários processos fisiológicos desejáveis para as plantas (KORNDORFER & DATNOFF, 1995).

Outro elemento que se destaca na produção vegetal é o Mg, pois trata-se de um elemento onde nas células de plantas tem papel específicos como a ativação de enzimas da respiração e da fotossíntese. O Mg também é parte importante da estrutura da molécula de clorofila (pigmento associado à fotossíntese) (MALAVOLTA, 2006).

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar os efeitos de doses (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P_2O_5 total) e fontes de P, SFT, TFM e FNR sobre o acúmulo de macronutrientes na fitomassa do azevém anual, rendimento de MS desta cultura na produção integrada de sistema agropecuário.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Capão do Cipó (latitude: 24°51'49"; longitude: 49°56'61"; altitude média: 1.020 m), no município de Castro (PR), em um Cambissolo Háplico Argiloso. A área apresenta um histórico (de cinco anos anteriores ao experimento) de rotação com as seguintes culturas, aveia preta/milho, azevém anual/soja, trigo/soja, aveia preta/milho e azevém anual/soja no período de inverno e verão, respectivamente.

De acordo com a classificação de Köppen, o tipo climático predominante no município de Castro é o Cfb – clima temperado, caracterizado por apresentar temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C, com presença de geadas frequentes (mesotérmico), verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida (IAPAR, 2011).

Após a instalação do experimento (abril/2009), procederam-se aos cultivos de aveia preta (2009) e milho (2009/2010). No mês de abril/2010 foi semeada a pastagem de azevém anual, sob solo com teor médio de P (Tabela 1) e plantio direto já estabilizado.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos ao acaso com 10 tratamentos (T) e quatro repetições a saber: T1 – sem aplicação de P (controle absoluto); T2, T3 e T4 – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de SFT, respectivamente; T5, T6 e T7 – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de FNR, respectivamente; T8, T9 e T10 – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total na forma de TFM, respectivamente. Sendo que cada parcela constituía área total de 425 m² área (17 x 25 m), onde para amostragem desprezava-se 2 m de bordadura, o que resultava em 273 m² de área útil.

A semeadura do azevém anual foi realizada em abril/2010, utilizando-se espaçamento de 17 cm entre linhas e densidade de 400-500 sementes viáveis m⁻² (30 kg ha⁻¹ Azevém ABC1 + 15 kg ha⁻¹ Azevém Barjumbo). Foi estabelecido o consórcio entre os dois cultivar de azevém anual (Azevém

Barjumbo + Azevém ABC1) buscando a otimização (maior período de pastejo) da oferta de forragem. A adubação de base consistiu na aplicação do formulado NPK 25-00-25 na dose de 200 kg ha⁻¹. O pastejo do azevém anual foi iniciado quando este se encontrava com aproximadamente 35 cm de altura e finalizado quando apresentava 10 cm de altura. Foi adotado o sistema de manejo rotacionado (quatro piquetes de dimensões iguais ao dos referidos blocos), onde os animais permaneceram na área de 5-7 dias por bloco.

Tabela 1: Resultados de análises químicas do solo, em diferentes profundidades, antes da instalação do experimento.

Camada	pH ⁽¹⁾	H + Al	Al	Ca	Mg	K	CTC ⁽²⁾	V ⁽³⁾
cm		mmol. dm ⁻³						%
0-5	5,3	70,7	0,0	57,3	37,0	0,5	165,6	57,5
5-10	4,7	89,9	0,4	30,4	21,9	0,3	143,0	36,7
10-15	4,5	103,9	0,6	20,1	18,0	0,3	143,0	26,8
15-20	4,5	104,0	0,6	16,9	16,9	0,3	138,8	24,7
20-30	4,5	98,4	0,6	13,2	17,6	0,2	130,2	24,0
	P ⁽⁴⁾	S	COT ⁽⁵⁾	NT ⁽⁶⁾	Argila	Silte	Areia	
	mg dm ⁻³		g dm ⁻³		g kg ⁻¹			
0-5	9,0	10,4	33,8	2,9	570	252	178	
5-10	4,6	11,4	30,5	1,8	610	218	172	
10-15	2,0	13,4	27,8	1,7	620	212	168	
15-20	1,0	16,1	26,2	1,4	620	217	163	
20-30	2,0	19,6	23,2	1,1	640	214	146	

⁽¹⁾ pH em solução de cloreto de cálcio 0,01 mol L⁻¹

⁽²⁾ CTC: capacidade de troca de cátions a pH 7,0

⁽³⁾ V: saturação por bases

⁽⁴⁾ P disponível por solução de Mehlich-1

⁽⁵⁾ COT: carbono orgânico total

⁽⁶⁾ NT: nitrogênio total

Os pastejos no azevém anual foram iniciados cerca de 70 dias após a semeadura da cultura (14/07), o qual permitiu um total de três pastejos, sendo encerrados os mesmos em 15/10. Após o último pastejo, foi deixado um período de 16 dias para recuperação da pastagem e produção de MS para manutenção do SPD. O manejo da MS para o SPD foi feito com o herbicida glyphosate e, após 15 dias, procedeu-se a semeadura da cultura de verão (soja).

Tabela 2: Precipitação e temperatura média do ar, nos anos de 2009 e 2010, medida no sistema de monitoramento agrometeorológico da Fundação ABC (SMA), localizada a 550 m do experimento.

Ano	Mês												Média
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
<i>Precipitação, mm</i>													
2009	248	215	78	21	78	89	314	69	222	181	115	124	146,2
2010	200	110	122	151	113	55	75	21	53	112	109	212	111,1
Histórico ⁽¹⁾	198	162	150	92	112	113	91	79	134	156	126	152	130,4
<i>Temperatura média do ar, °C</i>													
2009	19,2	19,4	19,6	18,5	15,3	14,6	12,3	14,4	13,3	17,1	17,5	19,9	16,8
2010	19,5	19,4	19,7	19,3	16,1	14,1	12,2	13,8	14,4	17,5	16,9	19,8	16,9
Histórico ⁽²⁾	19,5	19,6	19,7	18,5	15,3	14,6	12,3	14,4	13,3	17,1	17,5	19,9	16,8

⁽¹⁾ Média histórica para precipitação, ocorrida na área experimental nos últimos 40 anos

⁽²⁾ Média histórica para a temperatura do ar, referente à área experimental nos últimos 6 anos

Antes e após cada pastejo animal e ainda, por ocasião do manejo do azevém anual com glyphosate, 0,34 m² por parcela foram aleatoriamente amostrados. Durante os pastejos esse procedimento foi realizado com a utilização de duas gaiolas de exclusão por parcela. O procedimento para amostragem consistiu na escolha, ao acaso, de áreas para alocação das gaiolas dentro das referidas parcelas experimentais (Moraes et al. (1990)). Esse procedimento visou à quantificação da MS e dos macronutrientes acumulados nos respectivos tratamentos.

Foram empregados os procedimentos sugeridos por Malavolta et al. (1997) para preparo e análises químicas da parte aérea do azevém anual. Onde as determinações das concentrações de P, K, cálcio (Ca), Mg e enxofre (S) foram realizadas por meio de digestão nítrico-perclórica e leitura por espectrofotometria de absorção molecular para P; espectrofotometria de emissão em chama para K; espectrofotometria de absorção atômica com atomização em chama para Ca e Mg; e turbidimetria para S. As concentrações de N foram determinadas mediante digestão sulfúrica e leitura pelo método semi-micro-Kjeldahl. As determinações de nutrientes nas plantas foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas e Laboratório Multiusuário da UEPG.

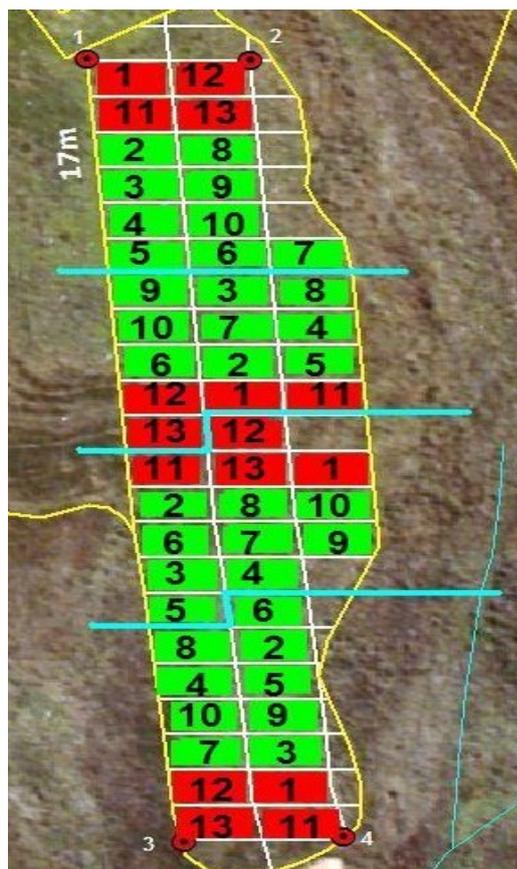


Figura 1: Croqui da área experimental, com os respectivos tratamentos citados anteriormente, onde os tratamentos 11, 12 e 13 constituem tratamentos com adubação antecedendo a cultura de verão, não sendo estudados no presente trabalho.

Todos os resultados foram submetidos à análise estatística univariada de acordo com o modelo de experimento em blocos completos casualizados. Foram ajustados aos modelos linear ou quadrático os efeitos das variáveis preditoras [dose de P (para cada uma das fontes)] nas variáveis respostas (acúmulo de macronutrientes na fitomassa e rendimento de forragem). Todas as análises estatísticas foram realizadas mediante uso do programa de computador SAS Versão 9.1 (SAS, 2004).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O azevém anual no 1º pré pastejo aumentou quadraticamente o rendimento de MS devido à aplicação de TFM (Figura 2). Para as demais fontes, as doses de P não alteraram o rendimento de

MS do azevém anual (Figura 2). O aumento do rendimento de MS do azevém anual devido à adição de doses de TFM pode ser explicado pelo fato deste fertilizante apresentar, em sua composição química, o Mg, nutriente que contribui com a absorção de P pelo sistema radicular.

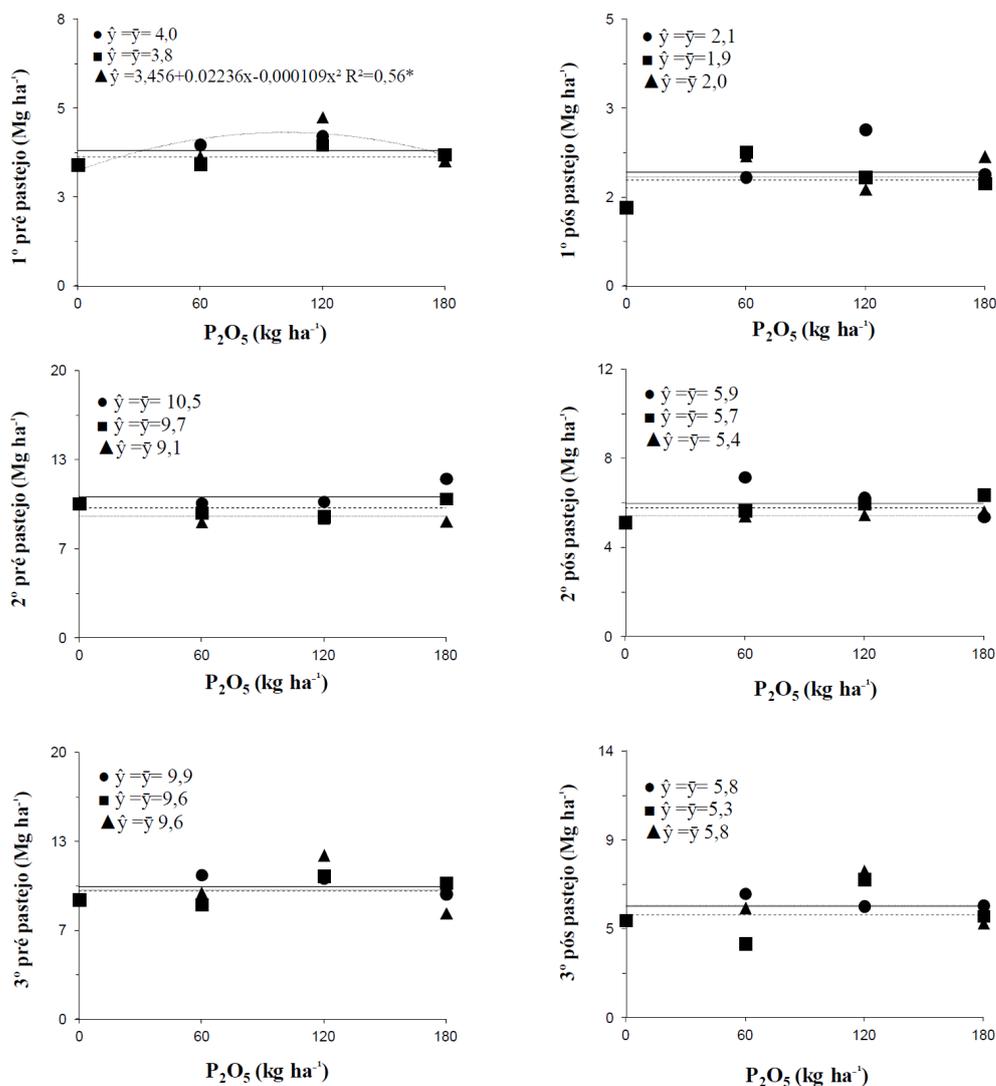


Figura 2: Massa seca produzida no 1^o, 2^o e 3^o ciclos de pastejo (●) Superfossfato triplo. (◐) Fossfato natural reativo. (◑) Termofossfato magnesiano. *: <0.05. Pontos são médias de quatro repetições.

Ainda, o TFM possui Mg em sua constituição e este nutriente atua como carregador de P na planta (participação na ativação de ATPases da membrana envolvidas na absorção iônica pelo sistema radicular do P) propiciando assim uma maior resposta a adubação fosfatada

(MALAVOLTA, 1997). O Mg dessa forma, atua no desenvolvimento das plantas com importante relação no desenvolvimento da mesma, principalmente no sistema radicular, podendo ser visível os efeitos de deficiência do mesmo (CAKMAK, 1994).

O FNR apresenta como característica, se dissolver no solo mais lentamente, apresentando um efeito residual compensatório em relação às fontes solúveis (VOLKEISS & RAIJ, 1977). O somatório da sua eficiência, quando estimada em períodos de mais de dois ciclos de cultivo, pode se igualar aos fosfatos solúveis, devido à perda, por fixação dos fertilizante fosfatados de alta solubilidade. Nessa situação, deixa de existir correlação entre a eficiência e a solubilidade (GOEDERT, 1983).

Resultados superiores com a utilização do FNR podem ser alcançados quando estes são aplicados em área total e incorporados ao solo, com o intuito de se maximizar a superfície de contacto entre as partículas do fertilizante com o solo (CHIEN, 2001). Outra forma de elevar a eficiência dos FNR seria a aplicação junto com enxofre elementar, FNR compactado com fontes fosfatadas de elevada solubilidade em água e mistura seca de FNR com fertilizantes fosfatados de elevada solubilidade em água (RAJAN, 2004). Todavia, apesar da maior solubilidade do SFT, no presente estudo obteve-se no curto prazo (1º pré pastejo) maior rendimento de MS com o TFM.

No segundo e terceiro pastejos (Figura 2), a aplicação de doses de P (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total) não resultaram em diferença para o rendimento de MS. No entanto, no 2º e 3º pré pastejo (Figura 2), o rendimento de MS do azevém anual com a fonte SFT foi, em média, ligeiramente superior aos dos demais fosfatos. Esse resultado pode estar ligado à alta solubilidade e disponibilidade do SFT quando comparado as demais fontes, resultando em maior resposta quanto ao rendimento de MS, em curto prazo. O SFT libera prontamente grande parte do P aplicado, incrementando assim de forma significativa a fração de P disponível no solo (PROCHNOW et al., 2003). Dessa forma a absorção de P pelas raízes é favorecida pela alta solubilidade do mesmo, da

mesma forma que as reações de fixação do P, especialmente nos solos mais oxídicos (NOVAIS & SMYTH, 1999).

Em trabalho com azevém anual e com doses crescentes de P (SFT), Mazza (2010) obteve rendimentos crescentes de MS de azevém anual (rendimento máximo próximo a dose de 200 kg ha⁻¹ de P), porém em experimento com campo nativo sem pastejo animal, com doses variando de 0 a 360 kg ha⁻¹. No presente trabalho (Figura 2) tal fato ocorreu apenas para o TFM (rendimento máximo próximo a dose de 100 kg ha⁻¹ de P) no início do ciclo na cultura e em SPD estabilizado.

Para a MS acumulada para o SPD (Figura 3), resultado semelhante as demais avaliações foi obtido, onde não foi constatada diferença significativa entre doses de P, porém entre fontes, onde a maior média de rendimento de MS foi alcançada com a fonte TFM (Figura 3). Deve se ressaltar que no início do ciclo do azevém anual houve um período com ligeiro déficit hídrico na região (Tabela 2). Considerando que o principal método de absorção de P pela planta ocorre via difusão, sendo o mesmo dependente de água para ocorrer, pode-se inferir que a absorção de P de fontes mais solúveis (SFT) tenha ficado prejudicada nesse período de déficit. Outro fator que deve ser analisado é o alto teor de matéria orgânica do solo (Tabela 1), aliado a presença de Si como constituinte do TFM, que juntos constituem fatores que reduzem a fixação de P no solo. Tal condição pode ter contribuído diretamente para o maior desenvolvimento radicular e maior rendimento de MS no início do ciclo, e para a MS acumulada para o SPD (devido à adubação com o TFM do primeiro ano de avaliação experimental).

Ainda, o rendimento de MS do azevém anual quando recebeu TFM apresentou média, no 3º pós-pastejo animal (Figura 2) valores próximos da média apresentada para o SFT. Isso evidencia a capacidade de produção do azevém anual frente à adubação com TFM, apresentando resultado superior (de MS acumulada para o SPD) ao SFT que apresenta maior solubilidade.

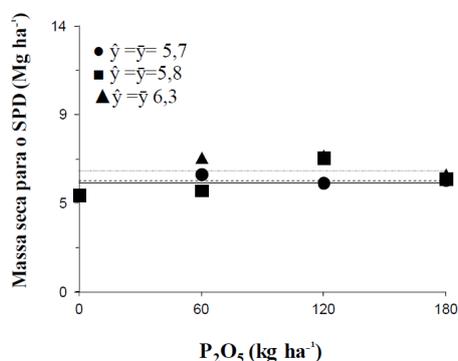


Figura 3: Massa seca produzida para o plantio direto (●) Superfosfato triplo. (•) Fosfato natural reativo. (◻) Termofosfato magnésiano. Pontos são médias de quatro repetições.

O TFM apesar de ser uma fonte de P insolúvel em água tem sido citado em vários trabalhos, onde o seu desempenho tem apresentado resultados de eficiência agrônômica similar ou superior aos obtidos com os superfosfatos de alta solubilidade em água + citrato neutro de amônio (MACHADO et al., 1983; SANZONOWICZ et al., 1987; COUTO et al., 1989; GOEDERT et al., 1990; FIRME et al., 1990; COUTINHO et al., 1991a; COUTINHO et al., 1991b; NAKAGAWA et al., 1993; PASSOS et al., 1997; NAKAYAMA et al., 1998; KORNDÖRFER et al., 1999). Outra propriedade interessante do TFM é a sua capacidade de amenizar a acidez do solo (principalmente em doses maiores de P), sendo essa característica atribuída à capacidade neutralizante do ânion silicato presente em sua composição, na forma de silicatos de Ca e Mg (FRANCO, 2003)

Para manutenção de adequado resíduo sobre o solo e aporte de MS final (residual mínimo) para manutenção do SPD são necessários aproximadamente 2,0 Mg ha⁻¹ de MS. Isso corresponde a cerca de 15-20 cm de altura para o caso de pastagens de aveia preta e/ou azevém anual, como observado na região sudeste do estado do Paraná (ASSMANN et al., 2008). Analisando a figura 3 (gráfico do acúmulo de MS para o plantio direto) observa-se que a cultura do azevém anual, apesar do curto espaço de tempo para gerar acúmulo de MS, apresentou rendimento suficiente para manter palhada para manutenção do plantio direto.

O rendimento de MST (massa seca total) nos tratamentos que receberam SFT apresentaram média ligeiramente superior às demais fontes avaliadas. O efeito positivo no rendimento de MST do azevém anual do SFT pode estar ligado a sua alta e rápida disponibilidade de P da fonte fosfatada

(SFT) e a resposta das plantas ao P presente no solo. Outro ponto que favorece uma resposta maior do SFT é a adoção do SPD. Pois segundo Brady (1989), produtos resultantes da decomposição da matéria orgânica (como os ácidos orgânicos e húmus), possuem a capacidade de formar complexos com os óxidos de ferro e alumínio, evitando dessa forma a fixação de P.

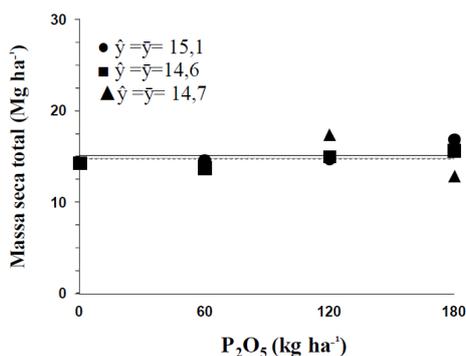


Figura 4: Massa seca total produzida no período experimental de abril a outubro de 2010 (massa seca consumida somada a massa seca acumulada para o sistema plantio direto) (●) Superfosfato triplo. (○) Fosfato natural reativo. (◻) Termofosfato magnésiano. Pontos são médias de quatro repetições.

Apesar da solubilidade imediata (facilitando o processo de fixação), os fosfatos solúveis (SFT) têm menor efeito residual em relação ao FNR e ao TFM, além do custo mais elevado para o produtor (LÉON et al., 1986). Porém tal fixação de P no solo ocorre com maior intensidade em solos não corrigidos quimicamente, com pH inferior a 5,2, condição contrária ao experimento, onde a camada de solo de 0 a 5 cm o pH se encontrava com valor de 5,3. Em pH 5,2 já se minimizam os efeitos tóxicos do alumínio e parece ser o mais indicado para ser trabalhado nessa faixa de pH quando da aplicação de FNR (ALMEIDA et al., 1999). O pH do solo influencia assim na dissolução e liberação de P do FNR. Isso ocorre devido à corrosão da estrutura cristalina do FNR por ação dos íons H⁺ quando esses apresentam alta atividade (RHEINHEIMER et al., 2001).

Em relação aos nutrientes acumulados na parte aérea do azevém anual (fitomassa acumulada) para o nutriente Ca (Figura 5), o acumulado no azevém anual nos tratamento com aplicação do SFT se mostrou superior as demais fontes, porém em relação às doses não houve efeito significativo. Já

para os nutrientes, N, P, K e Mg o acumulado na parte aérea do azevém anual foi superior com a fonte TFM, porém sem efeito significativo para as diferentes doses avaliadas.

Em trabalho com forragem do gênero *Brachiária*, foi observado acréscimo na concentração de P na parte aérea do capim-braquiária, em vista da aplicação de doses crescentes do elemento (ROSSI & MONTEIRO, 1999). Os autores concluíram que houve correlação entre o rendimento de MS, a concentração e o acúmulo de P na planta. De forma contrária ao trabalho, doses crescentes de P aplicadas não ocasionaram aumento no rendimento de MS (Figura 5), porém houve efeito do TFM com maior concentração de P na parte aérea do azevém anual, fato que pode ser justificado para a já citada presença de Mg no TFM (Figura 5). Pois plantas que são bem supridas em P se desenvolvem melhor, devido à apresentarem mais raízes que plantas deficientes (GARDNER et al. 1985). Isto pode estar relacionado com a função que o P desempenha, ou seja, o P influencia na fotossíntese, que por sua vez resulta em aumento no crescimento radicular e maior desenvolvimento.

Em se tratando do acúmulo de S na fitomassa do azevém anual, o S (acumulado) apresentou aumento linear devido à adição das doses de P (Figura 5). Porém, esse resultado apenas ocorreu com a aplicação da fonte SFT. Em estudo com quatro forrageiras tropicais (uma gramínea e três leguminosas), verificou-se que com o incremento das doses de P (0, 10, 20 e 50 kg ha⁻¹, na forma de SFT) elevou-se a densidade de raízes de pastagem do gênero *Brachiaria*, o que resultou em maior rendimento de forragem (RAO et al. (1996). Esse resultado de maior acúmulo de S (Figura 5), pode estar correlacionado assim com maior absorção de S pelo sistema radicular mais desenvolvido, visto que o S é lixiviado para as camadas mais profundas do solo.

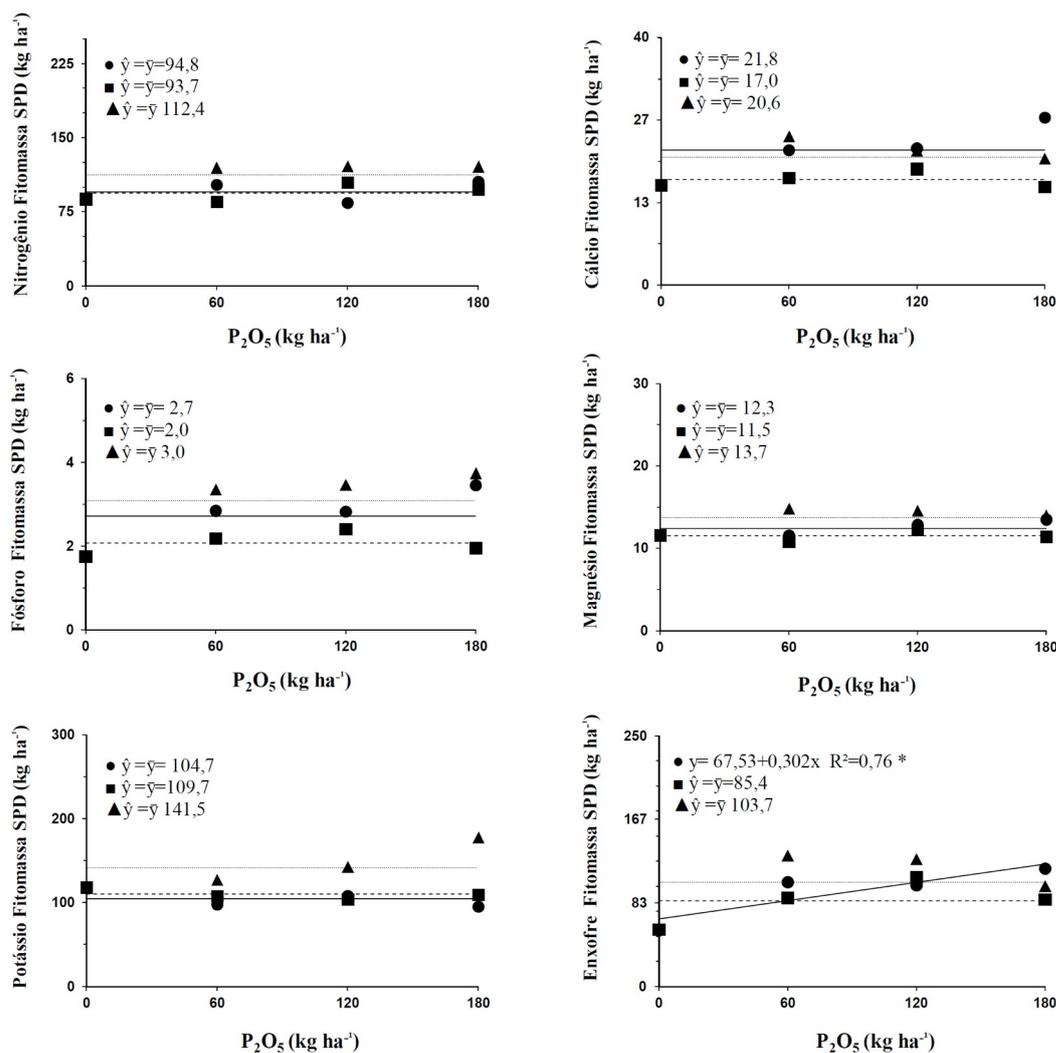


Figura 5: Macronutrientes acumulados na fitomassa do azevém anual para manutenção do sistema plantio direto, (●) Superfosfato triplo, (◐) Fosfato natural reativo, (◑) Termofosfato magnesiano. *: $<0,05$. Pontos são médias de quatro repetições.

Em experimento com aplicação de gesso agrícola tem sido observado aumento temporário nos teores de S-sulfato nas amostras de solo. Porém, sem efeito residual de um ano para outro, confirmando a alta mobilidade desse íon no perfil do solo, exigindo dessa forma, um sistema radicular mais profundo para absorção do S (NOGUEIRA & MELO, 2003). Assim, o baixo teor de P disponível no solo compromete não apenas o estabelecimento das plantas forrageiras, por meio do menor desenvolvimento, mas também de sua produtividade (devido à participação do S na composição de aminoácidos sulfurados, metionina, cisteína e cistina). Pois o S é fundamental para a síntese de proteínas, inclusive enzimas, e também é componente da coenzima A (CoA) que

participa do metabolismo de carboidratos e lipídeos (HAAG, 1984). Desse modo, a utilização de fertilização fosfatada se faz uma prática imprescindível para um bom estabelecimento e para adequada produção de forragem.

4. CONCLUSÕES

Em relação à MST, maior rendimento de MS foi obtido com o tratamento com SFT. Foram observados maiores acúmulos de N, P, K, e Mg na fitomassa do azevém anual mediante o uso de TFM, e para os elemento Ca e S, devido à adição de SFT.

AGRADECIMENTOS

Às seguintes instituições: Fundação ABC, Yoorin Fertilizantes Indústria e Comércio Ltda, International Plant Nutrition Institute (IPNI) e Fundação Araucária, pelo suporte financeiro e pessoal ao projeto. Ao Laboratório de Nutrição de Plantas (LNP) e Laboratório Multiusuário da UEPG (LABMU).

Às seguintes pessoas: técnica Verônica Dias Carneiro, Zootec. Hendrik Ivan Reifur, Zootec. Rafael Martins Barbosa e Prof. Dr. Adriel Ferreira da Fonseca (orientador).

À Fundação Araucária pela concessão da bolsa de Iniciação Científica e a todos os integrantes do LNP.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J.A, ERNANI, P.R e MAÇANEIRO, K. C. Recomendação alternativa de calcário para solos altamente tamponados do extremo sul do Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.29, n.4 p.651-656, 1999.
- ASSMANN, A. L. ; ASSMANN ; SOARES, A. B. . Integração Lavoura-Pecuária para a Agricultura Familiar. 1. ed. Londrina: IAPAR, 2008. v. 1. 49 p.
- BRADY, N. C. Natureza e propriedades dos solos. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898p.
- CAKMAK, I.; HENGELER, C.; MARSHENER, H. Partitioning of shoot and root dry carbohydrate in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. *Journal of Experimental Botany*, v.45, p.1245-1250, 1994.
- CARAMBULA, M. Produccion y manejo de pasturas sembradas. Montevideo: Hemisfério Sur, 1977.
- CHIEN, S. H. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock: A general review. In: International Meeting on direct application of the phosphaterock and related tecnology: Latest developments and practical experiences, 2001, Kuala-Lumpur, Malasia.
- COUTINHO, E. L. M.; NATALE, W.; STUPIELO, J. J.; CARNIER, P. E. Avaliação da eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para a cultura do milho. *Científica*, São Paulo, v. 19, p. 93-1104, 1991a.
- COUTINHO, E. L. M.; NATALE, W.; VILLA NOVA, A. S.; SITTA, D. S. Eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para a cultura da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 26, p. 1393-1399, 1991b.
- COUTO, W.; LEITE, G.; SANZONOWICZ, C. The effectiveness of three phosphorus sources for pasture fertilization in a Cerrado soil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 24, p. 423-430, 1989.

FIRME, D.J.; RIBEIRO, A. C.; COSTA, L. M. da; BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de, Enriquecimento e fusão de escória de siderurgia com fosfato natural. II. Testes biológicos. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, v. 14, p. 249-259, 1990.

FRANCO, H. C. J. Avaliação agronômica de fontes e doses de fósforo para o capim tifton-85, 2003. 97f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal, São Paulo, 2003.

GARDNER, F.P.; PEARCE, R.B.; MITCHELL, R.L. Physiology of crop plants. Ames, Iowa: Iowa University press, 1985. 327 p.

GOEDERT, W.J. Management of the Cerrado soils of Brazil: a review. Journal of Soil Science, v.34, p.405-428, 1983.

GOEDERT, W.J.; REIN, T.A.; SOUSA, M.G. de, Eficiência agronômica de fosfatos naturais, fosfatos parcialmente acidulados e termofosfatos em solo de cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 25, p. 521-530, 1990.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; Tomaszewicz, and SHEPPARD, S.C.; Importance of Early Season Phosphorus Nutrition, Better Crops/Vol. 85 (2001, No. 2).

HAAG, H.P. Nutrição mineral de forrageiras no Brasil. Campinas: Fundação Cargil, 1984, 152p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). Cartas climáticas do Paraná: classificação climática – segundo Köppen, 2009a. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>> (10/10/2011)

KORNDÖRFER, G. A.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças de cana-de-açúcar e do arroz. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 70, p. 1-5, jun. 1995

KORNDÖRFER, G. H.; LARA-CABEZAS, W.A. HOROWITZ, N. Eficiência agronômica de fosfatos naturais reativos na cultura do milho. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 56, p. 391-396, 1999.

LÉON, L.A.; FENSTER, W.E.; HAMMOND, L.L Agronomic potencial of eleven phosphate rocks from Brazil, Colombia, Perú and Venezuela. Soil Science Society of America Journal, v.50, p.798-802, 1986.

MACHADO, M. O.; VIANNA, A. C. T.; CASALINHO, H. D. Calcário e fontes e doses de fósforo: influência no rendimento da soja e na química do solo Pelotas (Alfissolo). Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 18, p. 721-727, 1983.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 2006. 631p.

MAZZA, L. M. Estado nutricional, acúmulo de matéria seca e desenvolvimento radicular do azevém anual submetido a doses de fósforo, 2010. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

MELLO, L.M.M.; YANO, E.H.; NARIMATSU, K.C.P.; TAKAHASHI, C.M.; BORGHI, É Integração agricultura-pecuária em plantio direto: produção de Forragem e resíduo de palha após pastejo. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.24, n.1, p.121-129, 2004.

MORAES, A.; MOOJEN, E.L.; MARASCHIN, G.E. Comparação de métodos de taxas de crescimento em uma pastagem submetida a diferentes pressões de pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27, 1990, S. Bras. Zoo.; 1990. p.332.

NAKAGAWA, J.; NAKAGAWA, J.; IMAIZUMI, I.; ROSSETO, C. A. V. et al. Efeitos de fontes de fósforo e da calagem na produção de amendoim. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.28, p.421-431, 1993.

NAKAYAMA, L.H.I.; CACERES, N. T.; ALCARDE, J. C.; MALAVOLTA, E. Eficiência relativa de fontes de fósforo de diferentes solubilidades na cultura do arroz. Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 55,p. 183-190, 1998.

NOGUEIRA, M. A.; MELO, W. J. . Enxofre disponível para a soja e atividade de arilsulfatase em solo tratado com gesso agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 27, p. 655-663, 2003.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.

PASSOS, R. R.; FAQUIN, V.; CURI, N.; EVANGELISTA, A. R.; VILLA, R. Fontes de fósforo, calcário e gesso na produção de matéria seca e perfilhamento de duas gramíneas forrageiras em amostras de um Latossolo ácido. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 26, p. 227-233, 1997.

PROCHNOW, L. I.; ALCARDE, J. C.; CHIEN, S. H. Eficiência agrônômica dos fosfatos totalmente acidulados. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Potafos/Anda, 2003. CD-ROM.

RAJAN, S.S.S. Ways of improving the agronomic effectiveness of phosphate rocks, In: ZAPATA, F.; ROY, R.N. Use of phosphate rocks for sustainable agriculture. Rome: FAO 2004, chap. 9, p. 85-97.

RAO, I.M.; BORRERO, V.; RICAURTE, J. Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils 2. Differences in shoot and root growth responses to varying phosphorus supply and soil type. *Journal of Plant Nutrition*, v.19, n.2, p.323-352, 1996.

RHEINHEIMER, D.S. GATIBONI, L.C. KAMINSKI, J. Mitos e verdades sobre o uso de fosfatos naturais na Agroecologia. Nota técnica número 1.UFSM, 2001.

ROSO C.; RESTLE J.; SOARES A.B. Produção e qualidade de forragem da mistura de gramíneas anuais de estação fria sob pastejo contínuo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, p.459-467, 1999.

ROSSI, C.; MONTEIRO; F.A. Parâmetros produtivos, nutrição em fósforo e atividade foliar da fosfatase ácida no capim braquiária cultivado em solução nutritiva. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, v.56, n.2, p.127-135, 1999.

SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O.; SPERA, S.T. Efeito de sistemas mistos sob plantio direto sobre fertilidade do solo após oito anos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, n.3, p.545-552, 2003.

SANZONOWICZ, C.; LOBATO, E.; GOEDERT, W. J. Efeito residual da calagem e de fontes de fósforo numa pastagem estabelecida em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 22, p. 233-243, 1987.

SAS System. SAS Institute Inc. SAS OnlineDoc® 9.1.2. Cary, NC: SAS Institute, 2004.

VILELA, L.; MACEDO, M.C.M.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; KLUTHCOUSKI, J. Benefícios da Integração Lavoura-Pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J STONE, L.F.; AIDAR, H. *Integração Lavoura-pecuária*. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570 p.

VOLKEISS, S.J.; RAIJ, B. Retenção e disponibilidade de fósforo em solos. In: Ferri M.G. (Coord.). *Simpósio sobre o cerrado: bases para utilização agropecuária*. 4., Belo Horizonte, Ed. Itatiaia, p.317-332, 1977.