

**Rilner Alves Flores^{1*}, Leonardo Santos Collier¹, Carlos Leandro Rodrigues dos Santos¹,
Leandro Rosatto Moda¹, Átila Reis da Silva¹**

Yield of *Andropogon gayanus* pasture intercropped with two kinds of legumes, amended with P fertilizer

ABSTRACT

*In beef cattle production a viable alternative to reverse the process of pasture degradation and increase food availability for animals is the adoption of consortium between grasses and legumes. The objective of this study was evaluating the dry matter yield of andropogon grass in different ages intercropped with two species of legumes levels of phosphorus fertilization. The experimental design was a randomized block design in a factorial 2x4+1, being the main factor two species of legumes (*Calopogonium mucunoides* and *Stylosanthes guianensis* Campo Grande), the secondary factor, levels of phosphorus (0, 50, 100, 200 kg ha⁻¹ P₂O₅) and an additional treatment not syndicated and without phosphorus, with 4 repetitions. The results show that the isolated application of phosphorus improved the biomass yield the andropogon grass in association with legumes, the consortium produced more total biomass than the monoculture and that the levels of P, Ca, Mg and CEC in the soil were greater andropogon grass intercropped with *S. guianensis*.*

Key-words: *Calopogonium, Stylosanthes, phosphorus, soil fertility.*

Produção de *Andropogon gayanus* consorciado com espécies leguminosas, adubadas com fósforo

RESUMO

Na bovinocultura de corte uma alternativa viável para reverter os processos de degradação das pastagens e aumentar a disponibilidade de alimentos para os animais é a adoção do consórcio entre gramíneas e leguminosas. Objetivou-se nesse estudo avaliar o rendimento de matéria seca de capim andropógon em diferentes idades, consorciadas duas espécies de leguminosas sob níveis de adubação fosfatada. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 4 +1, sendo o fator principal duas espécies de leguminosas (*Calopogonium mucunoides* e *Stylosanthes guianensis* cv. Campo Grande), o fator secundário, doses de fósforo (0, 50, 100, 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e um tratamento adicional não consorciado e sem adubação fosfatada, com 4 repetições. Os resultados mostram que a aplicação isolada de fósforo melhorou o rendimento de biomassa no capim andropógon consorciado com as leguminosas, que o plantio consorciado de andropógon produziu mais biomassa total que o monocultivo e que os teores de P, Ca²⁺, Mg²⁺ e CTC no solo foram maiores no consórcio de capim andropógon com estilóides.

Palavras-chave: *Calopogonium, Stylosanthes, fósforo, fertilidade do solo.*

*Autor para correspondência.

¹Departamento de Agronomia; Universidade Federal de Goiás; Goiânia - GO - Brasil, rilner1@hotmail.com;

INTRODUÇÃO

A pecuária de corte é uma atividade de grande importância para a economia do estado do Tocantins. Contudo, cerca de 70-80% das pastagens do Brasil Central encontram-se em algum estágio de degradação (Marchão et al., 2007), o que causa redução da produtividade animal. Além disso, um dos principais fatores limitantes da produção nessa região é a deficiência de fósforo aliada à alta capacidade de fixação deste nutriente ao solo (Fernandes e Muraoka, 2002).

Uma alternativa viável para reverter os processos de degradação e aumentar a massa de forragem para os animais nessa região é a adoção do consórcio entre gramíneas e leguminosas que visa formar pastagem de melhor qualidade nutricional e utilizar melhor os nutrientes do solo com sistemas radiculares diferentes contribuindo, desse modo, para o manejo racional das áreas produtivas (Silva e Saliba, 2007).

A introdução de leguminosas forrageiras tropicais consorciadas com pastagens pode fixar de 2 a 183 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, sendo que a FBN responde por 70 a 94% do N existente na parte aérea (Barcellos et al., 2008). Ainda, promovem a acidificação do solo na região da rizosfera, facilitando a solubilização do fósforo, causado pela grande absorção de cátions em relação a ânions com consequente excreção de H⁺ (Arcand et al., 2006), e por exsudação de ácidos orgânicos pelas raízes (Chien et al., 2003). Como consequência, o aumento na concentração de H⁺ e diminuição do teor de Ca próximo ao fertilizante aplicado favorece a reação de dissolução (Schoninger, 2011) e, com isso, aumenta a absorção do fósforo pela cultura.

O capim andropógon (*Andropogon gayanus* Kunth cv. Planaltina) é uma espécie forrageira utilizada em diferentes localidades do Brasil, é tolerante a pragas, adaptada a regiões secas, tem alta palatabilidade e potencial em produzir matéria seca em solos arenosos (Veras et al., 2010), em solos ácidos e de baixa fertilidade (Sousa e Lobato, 2004).

A deficiência de fósforo na região dos Cerrados pode ser suprida com a aplicação de adubos

fosfatados. Estudos mostraram que plantas de capim andropógon respondem positivamente a adubação com fósforo, aumentando a produção de matéria seca (Souza et al., 2000; Carneiro et al., 2007), assim como relatado em estudos com outros capins (Ramos et al., 1997; Santos et al. 2002; Moreira et al., 2006). Porém há necessidade atual de estudos que avaliem o estabelecimento de doses ótimas de P em pastagens consorciadas com leguminosas na região dos cerrados.

Dentre as espécies de leguminosas testadas em consórcio, o calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.) é uma das utilizadas em maior área na região do Cerrado, com boa adaptação a solos arenosos e de pH baixo, porém, seu manejo deve ser cuidadoso (Souza Filho et al., 2003). Contudo pesquisas realizadas com estilosantes (*Stylosanthes guianensis* Aubl. Sw.) indicaram excelente adaptação da leguminosa às condições edafoclimáticas da região (Embrapa, 1993).

Resultados observados por Flores et al. (2007) mostraram que o plantio consorciado de andropógon com o estilosantes ou calopogônio produziu maior volume total de biomassa que o cultivo solteiro, resultando em menor custo para a suplementação alimentar. Paciullo et al. (2003), estudando o consórcio de pastagem de braquiária com estilosantes observaram resultados semelhantes, confirmando a superioridade do consórcio em relação ao monocultivo do capim.

Diante disso, esta pesquisa objetivou avaliar o rendimento de matéria seca do capim andropógon e a fertilidade do solo sob pastagens de *A. gayanus* cv. Planaltina de diferentes idades, consorciadas com *Stylosanthes guianensis* cv. Campo Grande e *Calopogonium mucunoides* sob níveis de adubação fosfatada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Tocantins, campus de Gurupi, durante a safra 2003/2004. Na Figura 1 são apresentados os dados climáticos do município de Gurupi durante todo o período de condução do estudo com o capim andropógon.

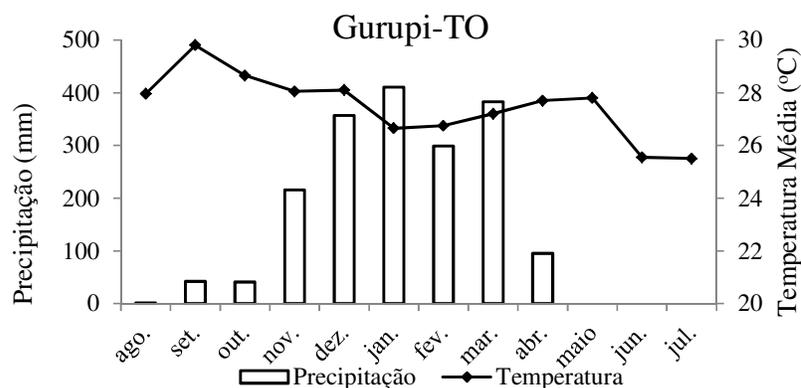


Figura 1 - Índices pluviométricos e temperatura média no período de condução dos estudos com o capim andropógon na região de Gurupi-TO.

A amostragem de solo da área foi feita na profundidade de 0 a 20 cm, sendo as amostras analisadas conforme metodologia descrita em Embrapa (1997), apresentando as seguintes propriedades químicas: pH em $\text{CaCl}_2 = 5,0$; M.O. = 27 g dm^{-3} ; P (Mehlich-1) = $1,8 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K}^+ = 0,23 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$; $\text{Ca}^{2+} = 1,9 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$; $\text{Mg}^{2+} = 0,9 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$; $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+} = 2,0 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$; CTC = $5,03 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e $V = 60,24\%$. O solo da área experimental era um Plintossolo Pétrico concrecionário (Embrapa, 2006), com menos de 25% de argila na camada mecanizada para o estabelecimento das forragens.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial $2 \times 4 + 1$, sendo o fator principal as duas espécies de leguminosas (*Calopogonium mucunoides* e *Stylosanthes guianensis* cv. Campo Grande), o fator secundário, diferentes doses de fósforo (0, 50, 100, 200 kg ha^{-1} de P_2O_5) e um tratamento adicional não consorciado e sem adubação fosfatada, com 4 repetições. Cada parcela tinha uma área de 12 m^2 ($4 \times 3 \text{ m}$).

A adubação fosfatada foi realizada na forma de superfosfato triplo juntamente com a semeadura da forrageira, no início de novembro de 2003, feita a lanço. A semeadura da forrageira foi realizada utilizando a densidade de plantio recomendada de 12 kg ha^{-1} de sementes viáveis de capim andropógon (*A. gayanus* cv. Planaltina) (valor cultural = 100%). Juntamente com as sementes de andropógon foram introduzidos às sementes de estilósantes (*S. guianensis*) na densidade de 1,0 a $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ e as sementes de calopogônio (*C. mucunoides*) na densidade de $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo

previamente promovida a quebra da dormência com água quente (75°C) por 3 minutos.

A adubação de cobertura foi parcelada em duas aplicações, sendo a primeira aos 50 dias a segunda aos 100 dias após a germinação, respectivamente, utilizando no total 60 kg ha^{-1} de N, 50 kg ha^{-1} K_2O e 30 kg ha^{-1} de S em todos os tratamentos adaptando as recomendações de Cantarutti et al. (1999) e utilizando para isto o cloreto de potássio, e uréia e sulfato de amônio para fornecimento do S. Adubação nitrogenada foi proposta mesmo no sistema de consórcio devido a natureza do solo muito cascalhento e com baixos níveis de matéria orgânica, evitando deficiência de N.

A produção de matéria seca foi avaliada aos 90 e 145 dias após a germinação, através do corte aleatório do capim a altura de 25 cm, com o auxílio de um quadrado metálico, com área de $0,25 \text{ m}^2$. Os materiais colhidos foram pesados para determinação da produção de matéria verde, e, posteriormente foi submetido à secagem em estufa de circulação forçada a 65°C durante 72 hs para a determinação da produção de matéria seca. O corte foi realizado no momento que o capim atinge uma altura de 80 cm e devido a uma simulação de pastejo o corte é realizado até a altura de 25 cm garantindo a rebrota dos perfilhos (Fonseca e Martuscello, 2010).

Com o início do período seco (início do mês de junho) foi amostrado o solo na camada de 0-20 cm de profundidade para o acompanhamento do balanço de nutrientes, sendo as amostras analisadas conforme metodologia descrita em Embrapa (1997). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F,

com desdobramento do grau de liberdade de tratamentos ortogonais. A análise de regressão polinomial em todos os resultados obtidos das variáveis foi realizada com o auxílio do pacote estatístico AgroEstat (Barbosa e Maldonado Jr., 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tipo de espécie de leguminosas empregada no consórcio (calopogônio ou estilosantes) não alterou a produção de capim andropogon (Tabela 1) nas duas épocas de corte e na soma dos cortes.

Observou-se que a aplicação de diferentes doses de P_2O_5 , independente do tipo de consórcio, influenciou a produção de matéria seca e que os fatores consórcio e doses não atuaram conjuntamente sobre a produção pela ausência de interação significativa entre essas duas fontes de variação.

Nota-se também que, o consórcio, independente do tipo, promoveu maior produção de matéria seca acumulada em relação ao monocultivo de capim andropogon (tratamento SC). Vale lembrar que, a produção média de matéria seca da forrageira foi calculada a partir da média de todos os tratamentos consorciados, enquanto que o tratamento adicional (SC) foi realizado com o monocultivo do capim andropogon e sem adubação fosfatada (Tabela 1), sugerindo que o consórcio é benéfico ao cultivo.

Resultados semelhantes foram observados por Flores et al. (2007), ao estudarem calopogônio e estilosantes consorciados com capim andropogon. Paciullo et al. (2003) também confirmaram a superioridade do consórcio de braquiária com

estilosantes em relação ao monocultivo, tanto na produção como na qualidade da pastagem.

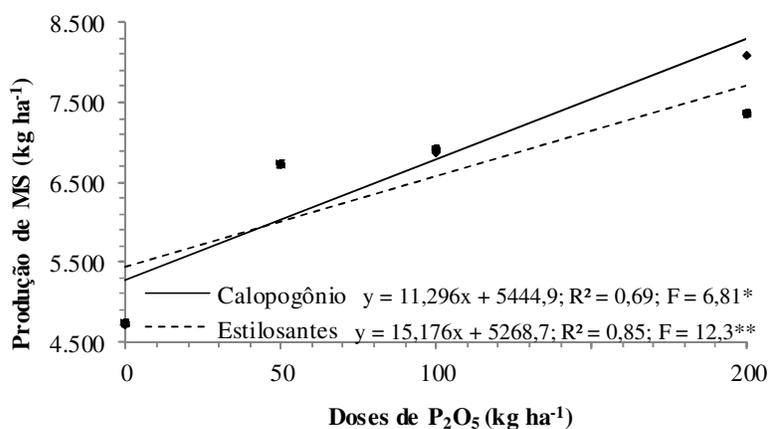
A maior produtividade de matéria seca com o aumento das doses de P (Figuras 2 e 3) observada na média do tratamento consorciado justifica-se pelo aumento da absorção de P devido a uma maior solubilização do P pelas alterações que ocorrem na rizosfera como a exsudação de ácidos orgânicos pelas raízes (Li et al. 2008). Um efeito da fixação biológica de nitrogênio como relatado por Paulino e Paulino (2003), é menos provável na fase inicial dessas forrageiras, mas não pode ser descartado como explicam Cruz e Martins (1997). As doses de P_2O_5 aplicadas incrementaram a produção de matéria seca do capim andropogon consorciado com as duas espécies de leguminosa com ajuste linear no primeiro corte (Figura 2), sendo as máximas produções de matéria seca de 7,70 para o estilosantes e 8,31 $Mg\ ha^{-1}$ para o calopogônio, obtidas ao aplicar a maior dose de 200 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 .

A aplicação de fósforo promoveu incremento na produção de matéria seca do capim andropogon no segundo corte avaliado, tanto com o consórcio de calopogônio e estilosantes, a qual atingiu 6,9 e 6,5 $Mg\ ha^{-1}$ com o uso das doses de 200 e 175 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , respectivamente (Figura 3). Principalmente para a avaliação da matéria seca do segundo corte (Figura 2) percebe-se que o consórcio do capim com o estilosantes responde a doses menores de P. Nesse caso pode ocorrer uma competição da leguminosa com a gramínea pelo P ou a dose máxima de P pode comprometer aproveitamento de absorção de outros nutrientes.

Tabela 1. Produção de matéria seca de capim andropógon em função do tipo de consórcio e das doses de fósforo aplicadas na safra de 2003/2004, município de Gurupi-TO.

Tratamentos	1º Corte	2º Corte	Acumulada
Consórcio (C)	-----Mg ha ⁻¹ -----		
Calopogônio	6,60 a	5,16 a	11,75 a
Estilosantes	6,43 a	5,24 a	11,66 a
F	0,13 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Doses de P ₂ O ₅ (D)			
F	7,92**	29,99**	20,54**
Interação C x D			
F	0,17 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,46 ^{ns}
Calopogônio (RL)	12,30**	50,66**	33,47**
Calopogônio (RQ)	1,16 ^{ns}	1,44 ^{ns}	1,88 ^{ns}
Estilosantes (RL)	6,81*	31,19**	19,57**
Estilosantes (RQ)	2,37 ^{ns}	6,59*	5,34*
Adicional vs. Fatorial			
Adicional (SC + 0 de P ₂ O ₅)	4,51 b	4,14 b	9,37 b
Fatorial	6,51 a	5,20 a	11,71 a
F	8,76**	9,48**	7,89**
C.V.	20,34	12,70	13,71

RL = regressão linear; RQ = regressão quadrática; SC = sem consórcio; ^{ns}, * e ** - não significativo a 5% e significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, na coluna, respectivamente.

**Figura 2** - Produção de matéria seca no 1º corte de capim andropógon em função do tipo de consórcio e de doses de fósforo, município de Gurupi-TO, **, * - significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F.

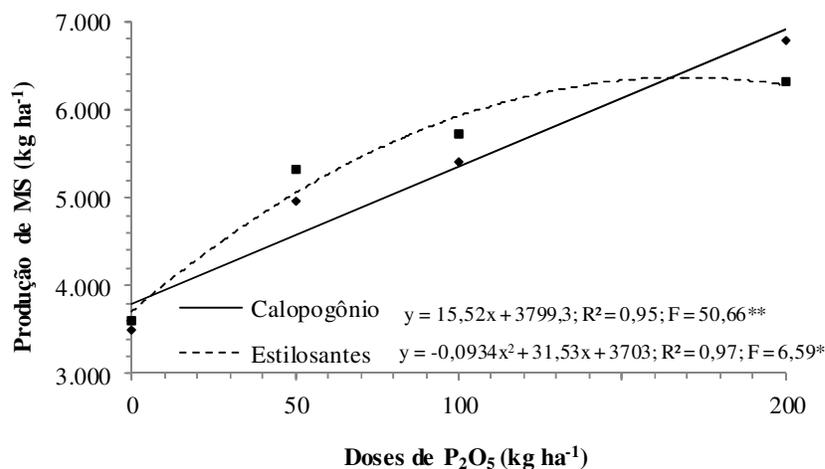


Figura 3 - Produção de matéria seca no 2º corte de capim andropógon em função do tipo de consórcio e de doses de fósforo, município de Gurupi-TO, **, * - significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F.

No somatório dos cortes (Figura 4) os melhores ajustes da produção do capim andropógon consorciado também foi quadrático com um ponto de máxima produção (14,0 Mg ha⁻¹) na dose de 165 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e linear com a máxima produção, 15,2 Mg ha⁻¹, obtida com a maior dose aplicada (200 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Nota-se que, mesmo não sendo significativa, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, a interação entre leguminosas e doses de fósforo (C x D) para a produção de matéria seca de capim andropógon, após o estudo da regressão polinomial, observou-

se que nas épocas de amostragem houve ajustes significativos.

O aumento do rendimento de biomassa está relacionado com a melhora na nutrição de P, pois o elemento está diretamente envolvido na geração e na transferência de energia para os processos bioquímicos nos vegetais (Prado, 2008), e assim como outros capins (Ramos et al., 1997; Santos et al., 2002; Moreira et al., 2006) as plantas de andropógon responderam positivamente a adubação com fósforo (Souza et al., 2004; Carneiro et al., 2007).

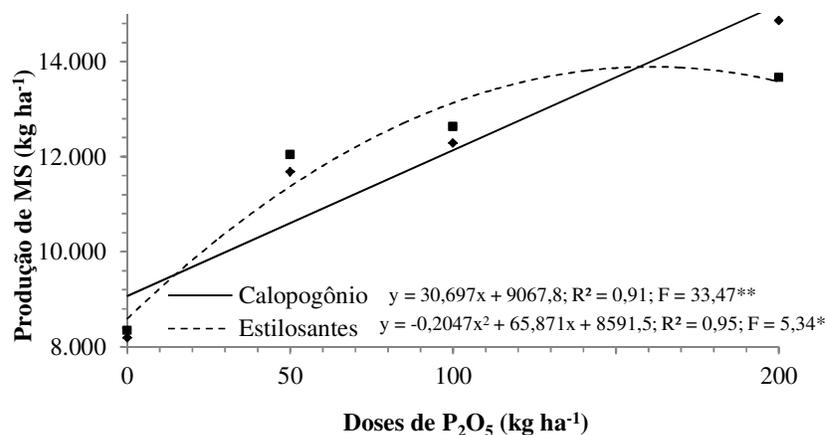


Figura 4 - Produção de matéria seca acumulada de dois cortes de capim andropógon em função do tipo de consórcio e de doses de fósforo, município de Gurupi-TO, **, * - significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F

A resposta de incremento de matéria seca das figuras 2, 3 e 4 permitem afirmar que a presença

da leguminosa no consórcio não limitou o incremento de produtividade de matéria seca do

capim e que esse crescimento seria melhor na presença do calopogônio dentro do período avaliado.

De modo geral, os resultados da análise química do solo coletado ao final do segundo corte do capim andropogon demonstraram que os teores de P, Ca^{2+} , Mg^{2+} e da CTC foram influenciados pelo tipo de consórcio (Tabela 2), sendo que o consórcio com o calopogônio apresentou teores menores do que o consorciado com o estilosantes. Martuscello et al. (2011) não observaram diferença estatística para a produção de massa seca entre as duas leguminosas, porém, observaram que houve uma superioridade na produção de 21,4%, indicando a possibilidade de situações onde a cultura do calopogônio tenha maior acúmulo de matéria seca em relação ao estilosantes.

As diferentes doses de P_2O_5 em solo cultivado com o capim não influenciaram os teores de MO e nem a CTC do solo (Tabela 2). Os fatores consórcio e doses atuaram de maneira conjunta apenas no teor de P no solo ($P < 0,05$). Porém, esses resultados não permitem afirmar que isso é uma tendência com o uso de forragens consorciadas, principalmente, devido ao tempo de observação realizado neste estudo não permitir avaliar o que acontece com os

resíduos que se encontram no solo no período seco após o reinício das chuvas, ou seja, se será retomado o processo de transformação em matéria orgânica do solo com reinício do período chuvoso. Ainda, resultados obtidos por Loss et al. (2011) apontam que, a longo prazo, os teores de matéria orgânica e, conseqüentemente, da CTC do solo, é levemente aumentada em sistemas de integração lavoura-pecuária, juntamente com o sistema de plantio direto em comparação com área de cerrado natural, o que pode ser um indicativo de que sistemas de pastagens consorciadas também podem favorecer esse aumento da MO e da CTC do solo.

Quanto ao solo oriundo do tratamento adicional (sem consórcio e sem P_2O_5), observaram-se menores teores de P e de K^+ quando comparado aos tratamentos consorciados (calculado a partir da média de todos os tratamentos consorciados) (Tabela 2), sugerindo que o consórcio pode ter proporcionado aumento da disponibilidade desses nutrientes no solo. Canellas et al. (2004) verificam que a formação de ligações di-éster fosfato na camada superficial do solo cultivado com leguminosas esteve relacionado com o aumento de P disponível.

Tabela 2. Análise química do solo realizado ao final do segundo corte do capim andropógon em função do tipo de consórcio e das doses de fósforo aplicadas na safra de 2003/2004, município de Gurupi-TO

Tratamentos	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC
Consórcio (C)	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----				
Calopogônio	5,3 a	15,2 a	1,5 b	0,07 a	3,1 b	1,4 b	3,3 a	7,6 b
Estilosantes	5,4 a	16,9 a	2,2 a	0,07 a	3,4 a	1,6 a	3,3 a	8,2 a
F	0,5 ^{ns}	3,3 ^{ns}	64,2**	3,2 ^{ns}	6,5*	14,2**	0,3 ^{ns}	6,8*
Doses de P ₂ O ₅ (D)								
F	5,6**	2,7 ^{ns}	32,2**	8,5**	3,8*	6,4**	5,2**	2,2 ^{ns}
Interação C x D								
F	0,2 ^{ns}	1,2 ^{ns}	10,1**	0,9 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,7 ^{ns}	2,0 ^{ns}	0,1 ^{ns}
Calopogônio (RL)	3,76 ⁿ	1,01 ^{ns}	9,24**	4,59*	6,17*	4,51*	1,40 ^{ns}	2,84 ^{ns}
Calopogônio (RQ)	5,85*	2,30 ^{ns}	1,29 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,34 ^{ns}
Estilosantes (RL)	1,43 ⁿ	3,15 ^{ns}	106,21*	20,02**	3,80 ^{ns}	16,44**	7,63*	2,87 ^{ns}
Estilosantes (RQ)	4,68*	1,84 ^{ns}	7,68*	2,18 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,18 ^{ns}	9,87**	0,63 ^{ns}
Adicional vs. Fatorial								
Adicional (SC + 0 de P ₂ O ₅)	5,5	15,7	1,2	0,05	3,0	1,3	3,1	7,5
Fatorial	5,4	16,1	1,9	0,07	3,3	1,5	3,3	7,9
F	1,6 ^{ns}	0,1 ^{ns}	22,1**	10,8**	2,8 ^{ns}	3,2 ^{ns}	2,1 ^{ns}	1,8 ^{ns}
C.V.	3,81	15,74	14,08	15,11	10,48	8,98	8,53	7,87

RL = regressão linear; RQ = regressão quadrática; SC = sem consórcio; ^{ns}, * e ** - não significativo a 5% e significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, na coluna, respectivamente.

As doses de P₂O₅ aplicadas incrementaram o teor P no solo com ajuste quadrático para o consórcio com estilosantes e linear para calopogônio (Figura 5A). Os teores máximos de P observados no solo foram de 3,08 e 1,8 mg dm⁻³ para o solo cultivado com andropógon e estilosantes adubado com 212,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (valor obtido a partir da equação quadrática referente aos dados da Figura 5A) e calopogônio adubado com 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ respectivamente. Sugerindo que o consórcio com calopogônio promoveu maior retirada de P do solo para os cultivos, com menor reciclagem no período avaliado. Quanto à interação do tipo de consórcio e doses de P₂O₅, constatou-se significância estatística e, verificou-se que o teor de P obtidos na amostra de solo foi dependente do tipo de consórcio e dose de P₂O₅ aplicada na área (Figura 5A).

No caso do K, a presença da leguminosa pode estar facilitando o estabelecimento das gramíneas, e até mesmo no sistema radicular, facilitando

maior mobilização de K. Embora com o aumento da produção de forragem sugere maior demanda por K, pode estar ocorrendo maior reciclagem de nutriente com a decomposição dos resíduos vegetais da gramínea e da leguminosa favorecendo o maior aporte de K para o solo, contribuindo para o aumento da produção de matéria seca da forrageira.

Avaliando o desdobramento da interação entre os níveis de adubação fosfatada e o uso das leguminosas em consórcio com o capim (Tabela 2) percebe-se que as leguminosas promoveram um aumento nos níveis de K trocável no solo, de forma linear de acordo com o incremento da adubação fosfatada (Figura 5B). Embora os dados sejam significativos e a presença do estilosantes manteve um incremento nos níveis de K maior do que o calopogônio com o aumento da adubação (Figura 5B), estes níveis ainda são baixos pensando no estabelecimento da gramínea a prazo

maior (Cantarutti, 1999; Martha Júnior et al., 2007).

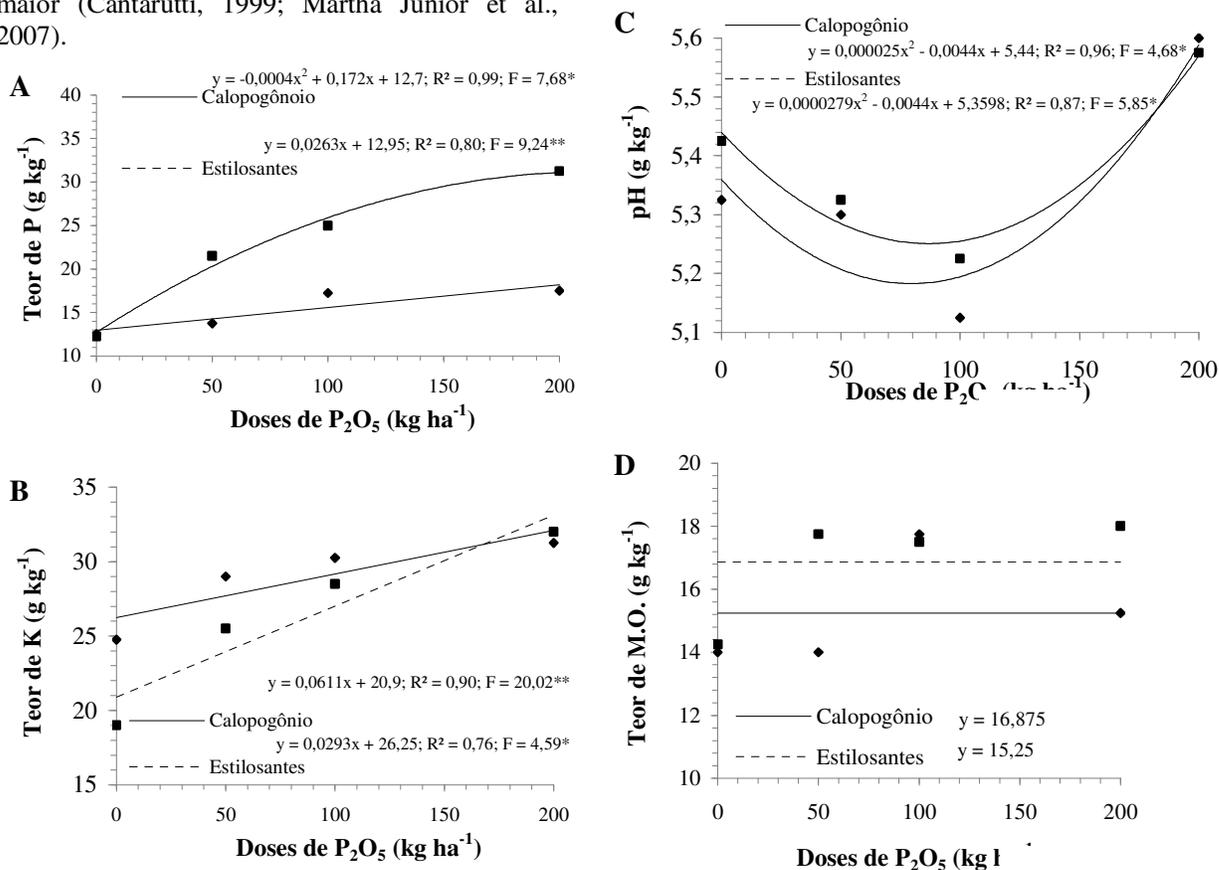


Figura 5 - Valores de P (A), de K⁺ (B), de pH em CaCl₂ (C) e de teores de matéria orgânica (D) após o segundo corte do capim andropógon em função do tipo de consórcio e de doses de fósforo, município de Gurupi-TO. **, * - significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F.

O pH do solo alterou-se de forma quadrática com a aplicação das doses de P₂O₅ tanto no capim andropógon consorciado com estilosantes, como no calopogônio, sendo observado um ponto mínimo (5,2 e 5,16) nas doses 100 e 67 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (Figura 5C), indicando que o estilosantes pode ter promovido acidificação da rizosfera sob doses de P mais elevadas. A inversão de tendência de acidificação observada na figura 5C ocorreu da mesma forma para as duas espécies, com a dose máxima de P₂O₅, o que pode ser explicado por troca de ligantes onde o ânion H₂PO₄⁻² desloca OH⁻ dos coloides minerais e orgânicos para solução do solo (Novais et al., 2007). Outro mecanismo que pode explicar este comportamento é uma maior absorção de ânions do que de cátions, o que leva principalmente as gramíneas a equilibrar isso com exsudação de OH⁻ ocorrendo um ligeira elevação do pH (Sousa et al., 2007). Nota-se ainda que, os teores de MO do solo

não foram afetados pela aplicação das doses de fósforo nos tratamentos consorciados, apresentando valores médios de 16,87 e 15,25 g kg⁻¹ para o capim consorciado com calopogônio e estilosantes, respectivamente (Figura 5D). Quando se observa a alteração na fertilidade do solo entre as duas leguminosas empregadas, em relação aos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ (Figura 6 A e B), nota-se que o consórcio com estilosantes demonstrou maior incremento nos teores em relação ao capim consorciado com calopogônio, embora o capim consorciado com estilosantes tenha uma menor resposta a adubação fosfatada em produção de matéria seca (Figura 4). Esse resultado pode ser explicado por uma menor extração desses nutrientes do solo pelo estilosantes, e também com menor demanda do capim por N, provocando menor acidificação. Da mesma forma que foi argumentado para o K⁺ trocável, um aporte de biomassa seca sob o solo pode estar já facilitando a

reciclagem de Ca^{2+} e Mg^{2+} , uma vez que, as leguminosas têm uma exigência de Ca^{2+} e Mg^{2+} superior a gramíneas e posteriormente retornam ao solo com a decomposição da biomassa. Considerando que o estilosantes é uma espécie de crescimento mais lento do que o calopogônio, a extração de bases trocáveis também pode ser menor. Os efeitos da adubação fosfatada nos níveis de Ca^{2+} e Mg^{2+} são indiretos por afetar o desenvolvimento das espécies estudadas e sua demanda pelos nutrientes.

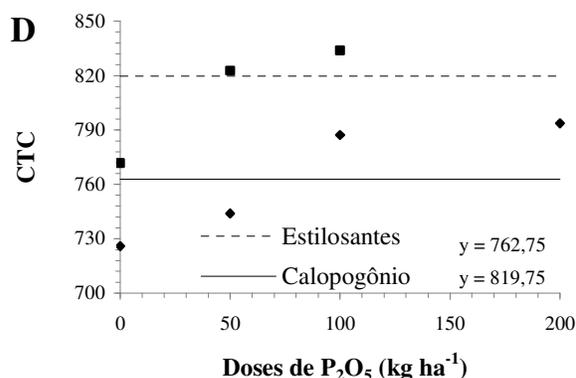
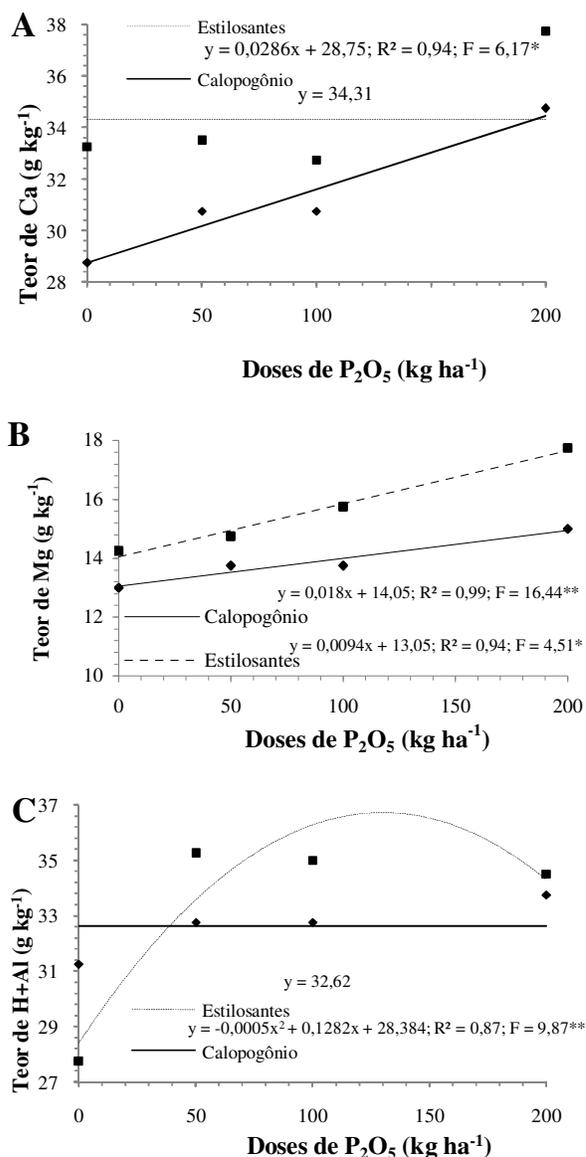


Figura 6 - Teores de Ca (A), de Mg (B), de H+Al (C) e CTC do solo (D) após o segundo corte do capim andropogon em função do tipo de consórcio e de doses de fósforo, município de Gurupi-TO, **, * - significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F.

Nascimento et al. (2003) relataram efeitos de leguminosas, dentre elas o calopogônio, na elevação principalmente dos teores K^+ e Mg^{2+} em solo degradado. No mesmo estudo os autores atribuem diminuição da acidez do solo devido à introdução de leguminosas, fato não observado no presente estudo.

Embora não se espere alterações na fertilidade do solo em curtos intervalos de tempo devido a tratamentos de adubação e plantas de cobertura, a região de estudo que possui precipitação elevada concentrada em curto período de tempo e temperaturas elevadas, o que pode interferir na dinâmica de alguns elementos no período de tempo estudado. Nos estudos realizados por Collier et al. (2011) com resíduos de gramíneas e leguminosas nas condições do estado do Tocantins, comprovam decomposição muito rápida levando a alterações nos elementos do complexo de troca do solo.

Para o solo provindo do consórcio de andropogon com calopogônio não se observou variação do H+Al com a aplicação de doses crescentes de P_2O_5 , porém, no solo oriundo do consórcio com estilosantes observou-se elevação dos teores de H+Al com ajuste quadrático, apresentando um ponto máximo ($3,64 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) na dose de 130 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 6C). Este resultado tem a mesma explicação apresentada para os níveis de matéria orgânica encontrados com o estilosantes. Uma maior matéria seca neste tratamento e sua transformação de resíduos em matéria orgânica gera íons H^+ , que ligados aos compostos orgânicos

gerados não implicam imediatamente em redução do pH.

A CTC total (Figura 6D) mostra que não houve efeito para as doses de adubação fosfatada, mas os solos sob cultivo com estilosantes superaram aqueles com calopogônio. O comportamento da espécie com aporte maior de biomassa poderia contribuir para maior quantidade de resíduos orgânicos sobre o solo aumentando a CTC.

CONCLUSÕES

A aplicação isolada de fósforo melhora o rendimento de biomassa no capim andropogon consorciado com estilosantes ou calopogônio.

O plantio consorciado de andropogon com estilosantes ou calopogônio com adubação produz mais biomassa total que o monocultivo.

Os teores de P, Ca²⁺, Mg²⁺ e CTC no solo foram maiores no consócio de capim andropogon com estilosantes.

REFERENCIAS

ARCAND, M. M. e SCHNEIDER, K. D. Plant and microbial bases mechanisms to improve the agronomic effectiveness of phosphate rock: a review. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v. 78, n. 4, p. 791-807, 2006.

BARBOSA, J. C. e MALDONADO Jr., W. **AgroEstat – Sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos**, Versão 1.0, Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2012.

BARCELLOS, A. O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. especial, p. 51-67, 2008.

CANELLAS, L. P.; ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; VELLOSO, A. C. X.; RUMJANEK, V. M. Phosphorus analysis in soil under herbaceous perennial leguminous cover by nuclear magnetic spectroscopy. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 6, p. 589-596, 2004.

CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M.; FONSECA, D. M.; ARRUDA, M. L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F. T.

T. Pastagens. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. (Org.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação**. Viçosa: CFSEMG/UFV, 1999. p. 332-341.

CARNEIRO, R. F. V.; MARTINS, M. A.; FREITAS, M. S. M.; DETMANN, E.; VÁSQUEZ, H. M. Inoculação micorrízica arbuscular e doses de fósforo na produção do capim-andropogon, em substrato não estéril, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 3, p. 212-218, 2007.

CHIEN, S. H.; CARMONA, G.; HENAO, J.; PROCHNOW, L. I. Evaluation of rape response to different sources of phosphate rock in an alkaline soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 34, n. 13-14, p. 1825-1835, 2003.

COLLIER, L. S.; KIKUCHI, F. Y.; BENÍCIO, L. P. F.; SOUSA, S. A. Consórcio e sucessão de milho e feijão-de-porco como alternativa de cultivo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 306-313, 2011.

CRUZ, A. F. e MARTINS, M. A. Transferência de nitrogênio entre plantas interconectadas por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 4, p. 559-565, 1997.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos Rio de Janeiro, **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2006. 306 p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Recomendações para o estabelecimento e utilização do *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão**. Brasília: EMBRAPA CPAC/CNPQC, 1993. 6 p. (Comunicado Técnico, 49).

FERNANDES, C. e MURAOKA, T. Absorção de fósforo por híbridos de milho cultivados em solo de cerrado. **Scientia Agricola**, v.59, n.4, p.781-787, 2002.

- FLORES, R. A.; COLLIER, L. S.; CARVALHO, A. R. S.; CORREA, M. A. R.; NUNES, T. V. Comportamento do capim *Andropogon gayanus* em consórcio com leguminosas forrageiras e níveis de adubação fosfatada, no estado do Tocantins. **Revista Agricultura Tropical**, v. 9, n. 1, p. 62-72, 2007.
- FONSECA, D. M. e MARTUSCELLO, J. A. (Eds.) **Plantas Forrageiras**. Viçosa. Ed.UFV. 2010. 537p.
- LI, H.; SHEN, J.; ZHANG, F.; CLAIROTTÉ, M.; DREVON, J. J.; LE CADRE, E.; HINSIGER, P. Dynamics of phosphorus fractions in the rhizosphere of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and durum wheat (*Triticum turgidum* durum L.) grown in monocropping and intercropping systems. **Plant and Soil**, v. 312, n. 1-2, p. 139-150, 2008.
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G., GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, 2011.
- MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p.873-882, 2007.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 224p.
- MARTUSCELLO, J. A.; OLIVEIRA, A. B.; CUNHA, D. N. F. V.; AMORIM, P. L.; DANTAS, P. A. L.; LIMA, D. A. Produção de biomassa e morfogenese do capim-braquiária cultivado sob doses de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 4, p. 923-934, 2011.
- MOREIRA, L. M.; FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A.; NÓBREGA, E. B. Adubação fosfatada e níveis críticos de fósforo no solo para manutenção da produtividade do capim-
elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Napier). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 943-952, 2006.
- NASCIMENTO, J. B.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 457-462, 2003.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Org.). Fertilidade do solo. Viçosa-MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. v. 1, p. 471-550.
- PACIULLO, D. S. C.; AROEIRA, L. J. M.; ALVIM, M. J.; CARVALHO, M. Características produtivas e qualidades de pastagem de braquiária em monocultivo e consorciada com estilosantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 421-426, 2003.
- PAULINO, V. T. e PAULINO, T.S. Avanços no manejo de pastagens consorciadas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, n. 3, 2003.
- PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Unesp, 2008. 407 p.
- RAMOS, M. G.; ITALIANO, E. C.; LEITE, G. G.; MELO, F. B.; RIBEIRO, V. Q. Doses de fósforo na produção de gramíneas forrageiras em solos ácidos e de baixa fertilidade da região meio-norte do Brasil. **Pasturas Tropicais**, v. 19, n. 3, p. 24-27, 1997.
- SANTOS, H. Q.; FONSECA, D. M.; CANTARUTTI, R. B.; ALVAREZ V. V. H.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, p. 173-182, 2002.
- SHONINGER, E. L. **Capacidade de absorção de fósforo pela soja e por plantas de cobertura do solo**. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2011. 67p. Dissertação de Mestrado.

SILVA, J. J. e SALIBA, E. O. S. Pastagens consorciadas: uma alternativa para sistemas extensivos e orgânicos. **Veterinária e Zootecnia**, v. 14, n. 1, p. 8-18, 2007.

SOUSA, D. M. G. e LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. Ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Org.). Fertilidade do solo. Viçosa-MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. v. 1, p. 205-274.

SOUZA FILHO, A. P. S.; ALVES, S. M.; FIGUEREDO, F. J. C. Efeitos alelopáticos do calopogônio em função de sua idade e da densidade de sementes da planta receptora. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 211-218, 2003.

SOUZA, R. F.; PINTO, J. C.; SIQUEIRA, J. O.; CURTI, N.; MORAIS, A. R. Influência de micorriza e fósforo sobre o rendimento de matéria seca e qualidade de *Andropogon gayanus* e *Stylosanthes guianensis* cultivados em um Latossolo. **Pasturas Tropicais**, v. 22, n. 2, p. 34-41, 2000.

VERAS, V. S.; OLIVEIRA, M. E.; LACERDA, M. S. B.; CARVALHO, T. B.; ALVES, A. A. Produção de biomassa e estrutura do pasto de capim-andropógon em sistema silvipastoril e monocultura. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 1, p. 200-207, 2010.

Recebido: 28/07/2013
Received: 07/28/2013

Aprovado: 10/11/2013
Approved: 11/10/2013