

Renovação de pastagem degradada com calagem, adubação e leguminosa consorciada em Neossolo Quartzarênico

Edimilson Volpe^{1*}, Marlene Estevão Marchetti², Manuel Cláudio Mota Macedo³ e Edgard Jardim Rosa Junior²

¹Centro de Pesquisa e Capacitação da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural de Mato Grosso do Sul, Cx. Postal 472, Rod. MS-080, Km 10, 79114-000, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. ²Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. ³Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Autor para correspondências. E-mail: edvolpe@terra.com.br

RESUMO. A degradação é considerada o maior problema das pastagens cultivadas no Cerrado. Em Neossolo Quartzarênico, foi conduzido um experimento para avaliar diversos tratamentos de renovação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*, introduzindo *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Os tratamentos foram: Testemunha; Calagem; Calagem + P; Calagem + ½(PK); Calagem + PK; Calagem + PK + Micronutrientes; Calagem + PK + Micronutrientes + Leguminosa. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Realizaram-se três cortes, em 325 dias, e, ao final, avaliação da produção de raízes e análise química do solo. Todos os tratamentos de renovação diferiram da testemunha e alguns deles diferiram entre si na produção de massa seca da parte aérea, destacando-se o tratamento com leguminosa. A produção de raízes foi significativamente superior em três tratamentos quando comparados à testemunha. Foram verificados aumentos significativos nos teores de nutrientes e pH do solo, com a aplicação de calcário e fertilizantes.

Palavras-chave: fertilização, estilosantes, *Brachiaria*, solo arenoso, raízes.

ABSTRACT. Degraded pasture recovering with liming, fertilization, and associated legume in Quartzipsament. The degradation is considered to be the major problem of cultivated pastures in the Cerrado. In Quartzipsament, an experiment was conducted to evaluate several degraded pasture recovering treatments of *Brachiaria decumbens*, introducing *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. The treatments were: Witness; Liming; Liming + P; Liming + ½(PK); Liming + PK. Liming + PK + Micronutrients; Liming + PK + Micronutrients + Legume. The experimental design was that of randomized blocks with four replications. Three cuts in a 325 days period were done and, in the end, the evaluation of roots production and soil chemical analysis. All renovation systems differed from the witness and some of them differed among themselves in terms of dry mass of aerial portion, with emphasis to the legume treatment. The roots production was significantly greater in three treatments when compared to the witness. Significant increases in the nutrient levels and soil pH were verified, in function of lime and fertilization application.

Key words: fertilization, legume, *Brachiaria*, sandy soil, roots.

Introdução

Dados estimados apontam que mais da metade da área de pastagens cultivadas no Cerrado se encontra degradada ou em degradação (Souza *et al.*, 2004). A busca de solução para este problema tem demandado investigações para as diversas forrageiras, em diversos tipos de solos.

A degradação das pastagens é um processo descrito e estudado por diversos autores. O manejo animal inadequado e a carência de nutrientes no solo destacam-se dentre os fatores relacionados com a degradação das pastagens no Cerrado (Martha Júnior

e Vilela, 2002). A lotação animal excessiva, sem os ajustes adequados na capacidade de suporte, e a ausência de adubação de manutenção têm acelerado o processo de degradação (Macedo, 2005).

Os trabalhos que investigaram correção e adubação de gramíneas tropicais, de maneira geral, têm mostrado respostas, principalmente para o fósforo (P) e o nitrogênio (N), cuja intensidade é variável em função das condições edafoclimáticas e das técnicas associadas (Bouman *et al.*, 1999; Vilela *et al.*, 2004).

Em condições de exploração não-intensiva, recomenda-se suprir o N necessário às gramíneas

por meio do consórcio com leguminosas, em função da maior sustentabilidade potencial em relação às gramíneas solteiras, fertilizadas com N (Boddey et al., 1996). Dentre as leguminosas mais utilizadas no Cerrado, aparecem, com destaque, as cultivares de estilosantes Mineirão (*Stylosanthes guianensis*) e Campo Grande (multilinha de *Stylosanthes macrocephala e capitata*) (Barcellos et al., 2001). Essa última apresenta grande potencial para solos arenosos, ocupando áreas consideráveis, em propriedades de pecuária, no norte de Mato Grosso do Sul (Macedo, 2005).

O P é o nutriente mais citado como a principal causa da baixa produtividade das pastagens em solos ácidos de baixa fertilidade, sendo considerado o nutriente mais importante para a formação de pastagens em solos da região do Cerrado (Vilela et al., 2002). Macedo et al. (2004) encontraram efeito altamente significativo do nível de P, na produção de cultivares, e acessos de *Brachiaria brizantha* em Latossolo Vermelho de Cerrado, enquanto não houve efeito da elevação do nível de saturação por bases de 35 a 40% para 50 a 60%.

São encontradas poucas referências a respeito de potássio (K) em *Brachiaria*, mas os solos arenosos de Cerrado, normalmente, são também deficientes em K. O seu uso é recomendado, geralmente, quando os teores estão abaixo de $1,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Vilela et al., 2002). Os micronutrientes são pouco estudados, especialmente em condições de campo, sendo as leguminosas, normalmente, mais exigentes que as gramíneas nestes elementos (Vilela et al., 2002). Os macronutrientes: cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) também podem se mostrar deficientes (Werner et al., 2001).

Em estudo de sistemas de recuperação de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, em Latossolo Vermelho distrófico, de textura média, verificou-se aumento de produção de massa seca da parte aérea em níveis de, aproximadamente, 150% em seis cortes, durante 27 meses, utilizando P, K, S, micronutrientes e calcário, independente de realizar ou não incorporação mecânica do calcário e dos fertilizantes (Volpe, 1998). No mesmo experimento, a produção de raízes foi significativamente maior nos tratamentos com calagem e adubação. Zimmer et al. (1994) relatam que, em solo arenoso de Cerrado, cultivado com *Brachiaria decumbens*, o uso de doses moderadas de adubação (250 kg ha^{-1} de superfosfato simples, 50 kg ha^{-1} de cloreto de potássio e 40 kg ha^{-1} de FTE BR-16) e calcário (300 kg ha^{-1} de calcário dolomítico), sem incorporação, obtiveram aumento de produção de massa seca 30% superior à produção da testemunha, em avaliação aos 90 dias após a intervenção.

Os estudos com calagem têm proporcionado resultados contraditórios (Mitidieri, 1995; Cantarutti e Novais, 2005). As gramíneas forrageiras apresentam resposta diferenciada ao nível de saturação por bases no solo, sendo que as forrageiras utilizadas no Cerrado são mais tolerantes às condições de acidez do solo que a maioria das culturas (Siqueira, 1986).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as respostas na produção de massa seca da parte aérea e do sistema radicular, bem como a alteração do teor de nutrientes no solo, em pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, renovada por *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em Neossolo Quartzarênico de Cerrado, submetido à calagem, diferentes adubações e consórcio com a leguminosa estilosantes Campo Grande.

Material e métodos

O experimento foi implantado em pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, cultivada em Neossolo Quartzarênico de Cerrado, no município Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul (MS), em propriedade de 500 ha, denominada Fazenda Nossa Senhora Aparecida. O Município está situado a 84 km da Capital de MS (Campo Grande), em altitude de 369 m e nas seguintes coordenadas: $20^{\circ} 26' 15''$ de latitude Sul e $53^{\circ} 48' 45''$ de longitude Oeste. O tipo climático local é o tropical úmido. As chuvas iniciam-se no mês de setembro, ocorrendo com razoável regularidade até abril, sendo a maior intensidade observada nos três primeiros meses do ano. A média de precipitação anual é de 1.500 mm; a média das temperaturas máximas é de 30°C e a média das mínimas é de 20°C .

As características químicas verificadas no solo, determinadas conforme Embrapa (1997) foram: pH em $\text{H}_2\text{O} = 5,3$; matéria orgânica = $9,0 \text{ g kg}^{-1}$; P = $2,1 \text{ mg dm}^{-3}$; K = $1,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca = $2,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg = $0,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al = $6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; H + Al = $27,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; SB = $3,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; CTC = $30,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e V = 10,6%. Foi utilizado o extrator Mehlich-1 para P e K e o método do KCl N para Ca e Mg trocáveis. O carbono foi determinado pelo método Dakota do Sul modificado, conforme Quaggio e Raij (1979), e a matéria orgânica foi calculada, multiplicando-se o teor de carbono pelo fator 1,923. A composição granulométrica, determinada conforme Embrapa (1997) foi: 940 g kg^{-1} de areia, 30 g kg^{-1} de silte e 30 g kg^{-1} de argila.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela mediu $10 \times 15 \text{ m}$. Os tratamentos constaram de: T1 = Pastagem de *Brachiaria decumbens* sem

intervenção (Testemunha); T2 = Aplicação de 1,5 ton ha⁻¹ de calcário dolomítico com 80% de PRNT (Cal); T3 = Cal + 500 kg ha⁻¹ de Superfosfato Simples (Cal + P); T4 = Cal + 250 kg ha⁻¹ de Superfosfato Simples (SS) + 35 kg ha⁻¹ de Cloreto de Potássio (KCl) [Cal + ½(PK)]; T5 = Cal + 500 kg ha⁻¹ de SS + 70 kg ha⁻¹ de KCl (Cal + PK); T6 = Cal + PK + 50 kg ha⁻¹ de micronutrientes utilizando-se da fórmula FTE BR-12¹ (Cal + PK + Mi); T7 = Cal + PK + Mi + 3 kg ha⁻¹ de sementes de leguminosa estilosantes Campo Grande (Cal + PK + Mi + Leg).

Em todos os tratamentos de renovação, o solo foi preparado com grade aradora após a aplicação de calcário. Foi semeada manualmente, a lanço, a forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (4 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis), com incorporação por grade niveladora. No T7, foi utilizada metade da quantidade das sementes da gramínea, acrescida das sementes da leguminosa, tendo esta semeada após a gradagem niveladora e submetida à compactação por meio do arrastamento de um tronco de eucalipto, tracionado por trator.

O experimento foi implantado em 23/1/2002. Em função da ocorrência de período seco após o plantio, a emergência das plantas ocorreu em torno de 10/2/2002. Foram realizados três cortes para avaliar a massa seca da parte aérea, nas seguintes datas: 17/4/2002 (período de crescimento de 65 dias); 14/8/2002 (período de crescimento de 110 dias); 4/4/2003 (período de crescimento de 150 dias). Nos intervalos entre cortes, o experimento foi pastejado por bovinos. A soma dos três períodos de avaliação, em que a área permanecia vedada para o crescimento livre das forrageiras, totalizou 325 dias. Foram realizados cortes por amostragem, utilizando-se uma armação quadrada de ferro com área de 1 m², sendo retiradas duas amostras de cada parcela, cortando-se o material com tesoura de poda a, aproximadamente, 10 cm do solo. A biomassa amostrada de cada parcela foi submetida à secagem em estufa, com circulação forçada de ar, à temperatura de 65-70°C, durante 72 horas, sendo, então, pesada.

Para avaliar a produção de raízes da forrageira, foram abertas duas trincheiras em cada parcela, em maio de 2003. Adaptou-se o método descrito por Amabile e Resck (1990), retirando-se blocos de 10 x 10 x 10 cm, às profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Determinaram-se o peso e a umidade das amostras, e o solo coletado foi lavado em água corrente, sobre peneira, com 0,25 mm de abertura de malha. Todas as raízes foram recolhidas e levadas à estufa, com circulação forçada de ar, em temperatura de 65-70°C,

durante 72 horas e, após, foram pesadas.

Em maio de 2003, foram retiradas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm para análise química, sendo coletadas 15 subamostras por parcela, utilizando-se os mesmos métodos da análise química realizada antes da implantação do experimento.

As análises estatísticas foram realizadas, conforme Pimentel-Gomes e Garcia (2002), com delineamento em parcelas subdivididas para a análise conjunta da massa seca da parte aérea dos cortes, bem como da massa seca de raízes nas duas profundidades. Para a produção total de massa seca da parte aérea, nos três cortes, e da massa seca total de raízes, nas duas profundidades, bem como dos nutrientes, matéria orgânica, pH do solo e saturação por bases, as análises foram realizadas considerando o delineamento de blocos ao acaso.

Resultados e discussão

Massa seca da parte aérea (MSPA)

Na análise conjunta dos resultados, houve efeito significativo para tratamentos, cortes e interação tratamentos x cortes. Na análise do total produzido (soma da massa seca dos três cortes), verificaram-se diferenças significativas entre diversos tratamentos (Tabela 1). Na produção média dos três cortes e na produção total, o efeito isolado da calagem (T2) proporcionou produção de MSPA significativamente maior que a testemunha (T1), enquanto os tratamentos com adubação (T3 ao T7) diferiram significativamente dos tratamentos T1 e T2, sendo a maior produção obtida no T7 (Cal + PK + Mi + Leg), que foi significativamente superior a todos os outros, provavelmente pelo efeito da leguminosa na fixação biológica de N₂.

Não ocorreu diferença significativa ($p > 0,05$) para a adição de micronutrientes (T6) na produção de massa seca, embora essa produção tenha sido superior aos demais tratamentos adubados com P e K, sem o uso da leguminosa; os tratamentos T4 e T5 apresentaram produção intermediária entre T3 e T6. O nutriente que apresentou efeito mais destacado foi o P, e a utilização de K e micronutrientes em conjunto (T6) foi significativamente superior ($p < 0,05$) ao T3 (Cal + P). Vale ressaltar que o T4 (meia dose) apresentou produtividade estatisticamente semelhante aos tratamentos T5 e T6, permitindo *inferir* que é possível fazer adubação de plantio mais econômica, não obstante esse procedimento possa exigir maior reposição de nutrientes em adubações futuras de manutenção e deva ser considerada a utilização de micronutrientes.

¹ 4,5 kg de Zn, 0,9 kg de B, 0,4 kg de Cu, 1,5 kg de Fe, 1,0 kg de Mn e 0,05 kg de Mo, por hectare.

Tabela 1. Produção de matéria seca da parte aérea das forrageiras, sob efeito de sete tratamentos, em três períodos de avaliação

Tratamentos	Épocas de corte			Médias	Total de três cortes
	1º Corte	2º Corte	3º Corte		
Massa seca em kg ha ⁻¹				
T1-Testemunha	950,00 a	395,25 d	1.550,00 e	965,08 e	2.895,25 e
T2-Calagem	997,50 a	2.600,00 c	1.950,00 de	1.849,17 d	5.547,50 d
T3-Cal + P	1.489,25 a	4.675,00 b	3.650,00 bcd	3.271,42 c	9.814,25 c
T4-Cal + ½(PK)	1.716,00 a	4.875,00 b	4.050,00 bcd	3.547,00 bc	10.641,00 bc
T5-Cal + PK	2.149,25 a	5.662,50 ab	3.050,00 cde	3.620,58 bc	10.861,75 bc
T6-Cal + PK + Mi	2.281,50 a	5.450,00 ab	4.750,00 abc	4.160,50 b	12.481,50 b
T7-Cal + PK + Mi + Leg	1.851,00 a	6.775,00 ab	5.800,00 ab	4.808,67 a	14.426,00 a
Médias	1.633,50 C	4.347,54 A	3.542,86 B	3.174,66	9.523,89
C.V.	Épocas de corte = 24,94%			20,06%	11,92%

Valores seguidos das mesmas letras minúsculas, nas colunas, e maiúsculas, nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, indicado pelo teste SNK.

A interação tratamentos x épocas de corte pode ser explicada pelo comportamento diferenciado da testemunha (T1), no transcórre dos cortes (Tabela 1). Os tratamentos com calagem e adubação tiveram efeito significativo no incremento da produção de massa seca da parte aérea, no segundo corte, em relação aos tratamentos T1 e T2, e este último diferiu do T1 (testemunha). No terceiro corte, o T1 não diferiu apenas do T2 que, por sua vez, não diferiu dos tratamentos T3, T4 e T5. Os tratamentos com adubação produziram mais massa seca nos três cortes. A falta de diferença estatística, em muitos casos, deve-se, provavelmente, à análise em parcela subdividida, que mostra baixa capacidade de discriminação dos tratamentos (parcelas) em cada época de corte específica ou subparcela (Pimentel-Gomes, 1982).

A gramínea utilizada na renovação da pastagem (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), com características diferentes (por exemplo: resistência às cigarrinhas-das-pastagens) da gramínea original presente na pastagem (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk), bem como o preparo do solo podem ter influenciado nos resultados dos tratamentos T2 ao T7, em relação ao T1. Luz *et al.* (2000) verificaram efeito exclusivo do preparo sobre a produção da pastagem (capim-tobiatã), independente da aplicação de calcário, ao contrário de outros resultados na literatura (Soares Filho, 1991), o que levou Luz *et al.* (2004) a considerarem que efeitos da calagem e/ou preparo do solo dependem da disponibilidade de nutrientes para ser disponibilizados por estas práticas, especialmente por meio da mineralização da matéria orgânica. Dessa forma, não é possível a avaliação do efeito isolado da calagem neste trabalho. Contudo, a utilização da mesma gramínea e preparo do solo do T2 ao T7 permitem comparação mais segura entre estes tratamentos.

A menor produção do T2 ao T7, no terceiro corte, em relação ao segundo (Tabela 1), mesmo com maior período de crescimento e em época do ano mais

favorável ao desenvolvimento da forrageira, parece indicar falta de adubação de manutenção no último período de crescimento, sem desconsiderar outros fatores, tais como a maior produção que as forrageiras apresentam no período de implantação (Macedo, 2005) e a senescência de considerável parte da produção da gramínea neste terceiro período, em função do intervalo excessivo da vedação até o corte da forragem.

De modo geral, verifica-se que os resultados obtidos estão de acordo com resultados de outros autores (Martha Júnior e Vilela, 2002; Macedo *et al.*, 2004) que encontraram expressivo retorno na produção de massa seca de forrageiras do gênero *Brachiaria*, após tratamentos com aplicação de fertilizantes, especialmente com P e N.

Massa seca do sistema radicular (MSR)

Em estudos de raízes, o parâmetro que tem recebido mais ênfase é a massa (Corsi *et al.*, 2001). Conforme os mesmos autores, essa afirmação pode ser justificada especialmente quando ocorre baixa capacidade de tamponamento e baixa capacidade de troca de cátions, comum em solos arenosos. Nesse caso, o comprimento específico do sistema radicular não seria limitante para utilização dos nutrientes disponíveis no solo, fato que reflete a baixa capacidade do solo em adsorver os nutrientes trocáveis no complexo coloidal, determinando a localização prioritária destes elementos na solução.

Na produção de massa seca do sistema radicular, não houve interação entre tratamentos e profundidades, tendo ocorrido maior acúmulo de raízes (64%) na camada de 0-10 cm, conforme esperado (Tabela 2). Os tratamentos T4, T5 e T7 diferiram significativamente da testemunha (T1), enquanto os tratamentos T2, T3 e T6, embora apresentassem maior produção de massa seca radicular que a testemunha, não diferiram significativamente desta, nem tampouco dos tratamentos com maiores produções, apresentando comportamento intermediário (Tabela 2).

Tabela 2. Quantidade de matéria seca das raízes das forrageiras em duas profundidades, em efeito de sete tratamentos

Prof (cm)	Tratamentos (kg ha ⁻¹)							Média (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)
	Testemunha	Calagem	Cal + P	Cal + 1/2(PK)	Cal + PK	Cal + PK+ Mi	Cal + PK + Mi + L		
0-10	3.153	4.262	3.904	4.466	4.704	3.526	4.639	4.093 A	26,72
10-20	1.511	1.935	1.850	2.724	2.830	2.494	2.775	2.303 B	
Média	2.332b	3.099ab	2.877ab	3.595a	3.767a	3.010ab	3.707a	3.198	14,32
Totais	4.664b	6.197ab	5.754ab	7.190a	7.534a	6.020ab	7.414a	6.396	21,10

Valores seguidos das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, indicado pelo teste SNK.

A produção de massa seca das raízes (Tabela 2) mostrou-se inferior àquelas encontrados em Latossolo Vermelho de Cerrado, em Campo Grande, Estado de Mato Grosso do Sul, com maior teor de argila. Volpe (1998) encontrou quantidades que variaram de, aproximadamente, 7,35 t ha⁻¹ (testemunha sem intervenção) a 14,88 t ha⁻¹ (tratamento em que calcário e fertilizantes foram incorporados com arado de aiveca), até 20 cm de profundidade, em *Brachiaria decumbens*. No mesmo tipo de solo, Razuk (2002), trabalhando com *Brachiaria brizantha*, encontrou média de 38 t ha⁻¹ até 40 cm de profundidade. Já, em solo arenoso da região de Marília, Estado de São Paulo, com *Brachiaria decumbens*, Soares Filho (1991) encontrou quantidade que varia de 5,75 a 8,16 t ha⁻¹ até a profundidade de 30 cm. Estes trabalhos evidenciam menor produção de raízes em solos arenosos de baixa fertilidade em relação a Latossolos com maior teor de argila.

Relações da massa seca do sistema radicular (MSR) e da parte aérea (MSPA)

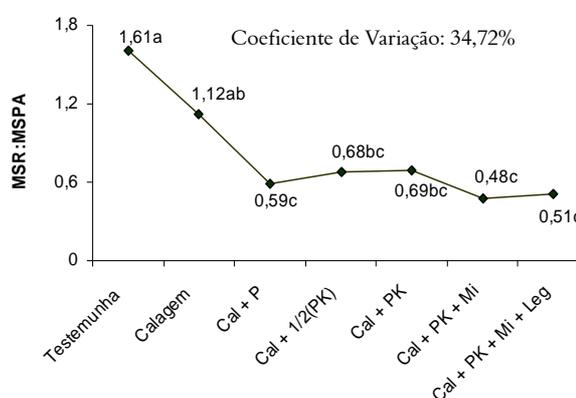
As relações normalmente apresentadas de raiz: parte aérea, onde se mostra a produção de massa seca da parte aérea do último ciclo de crescimento, não refletem a produção de raízes e produção de parte aérea do mesmo período, uma vez que contabilizam a produção de raízes do ciclo atual e anteriores, que pode ser bastante resistente à degradação (Corsi *et al.*, 2001).

Nos tratamentos com intervenção, especialmente com adubação, diminuiu a relação entre a produção de raízes (MSR) e a parte aérea da soma dos três cortes (MSPA) (Figura 1). Isso demonstra a tolerância das gramíneas utilizadas, especialmente da *Brachiaria decumbens*, à acidez e à deficiência de nutrientes no solo, notadamente P, já que o desenvolvimento proporcional maior do sistema radicular é uma das características de espécies tolerantes ao alumínio trocável (Al) e à deficiência de P no solo (Marschner, 1995).

Verifica-se, ainda, que o T2 apresentou comportamento intermediário entre o tratamento T1 e os tratamentos T3 a T7. A diminuição da relação MSR:MSPA é mais acentuada com a adição de P ao solo, especialmente por que o T3 não dispunha de

outros elementos adicionados além do P, Ca e Mg, tendo diferido significativamente do T2 (Figura 1).

A maior relação raiz:parte aérea verificada no T1 não significa maior produção de raízes da planta em solos não-adubados, já que, na Figura 1, encontram-se os dados relativos. Em valores absolutos, os tratamentos com calagem e adubação produziram sempre mais massa radicular que o tratamento-testemunha (Tabela 2).



Valores seguidos da mesma letra não apresentam diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de SNK.

Figura 1. Relação de massa seca das raízes (MSR) pela massa seca da parte aérea (MSPA) das forrageiras (total de três cortes), sob sete tratamentos.

A contribuição da correção e adubação, no aumento de massa seca, foi relevante, alcançando valor próximo a 22 t ha⁻¹ (raízes + parte aérea) no tratamento com leguminosa, que superou a testemunha em cerca de 289% (Tabelas 1 e 2). Além do efeito imediato de suprir maior quantidade de forragem para pastejo, o aumento da produção de massa seca significa adição importante de matéria orgânica ao solo, com conseqüências positivas em seus atributos, principalmente se o aporte de nutrientes for mantido via adubação de manutenção e a pastagem for adequadamente manejada.

Análise química do solo

Os valores de matéria orgânica (M.O.), pH, P disponível em Mehlich-1, K, Al, Ca e Mg trocáveis e saturação por bases (V), obtidos por meio da análise química da camada de 0-20 cm do perfil do solo são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores no solo, entre 0-20 cm, de M.O., pH, P, K, Al, Ca, Mg e V, após 16 meses da implantação do experimento e três cortes

Propriedades	Tratamentos							C.V. (%)
	Testemunha	Calagem	Cal + P	Cal + ½(PK)	Cal + PK	Cal + PK + M	Cal + PK + Mi + Leg	
M. O. (g dm ⁻³)	13,60a	13,73a	15,05a	14,70a	15,55a	15,60a	15,40a	14,17
pH (CaCl ₂)	4,14c	4,67a	4,50ab	4,46ab	4,57ab	4,39b	4,42b	3,10
P (mg dm ⁻³)	1,76b	1,85b	9,98a	3,97b	5,23ab	5,85ab	5,41ab	57,35
K (mmol _c dm ⁻³)	0,15c	0,13c	0,18bc	0,28ab	0,35a	0,28ab	0,33a	32,27
Al (mmol _c dm ⁻³)	4,5a	1,4c	2,3bc	2,3bc	1,8bc	2,0bc	2,6b	25,34
Ca (mmol _c dm ⁻³)	1,0b	4,3a	3,8a	3,4a	4,3a	4,4a	3,6a	40,06
Mg (mmol _c dm ⁻³)	0,6b	2,8a	1,9a	2,0a	2,1a	2,2a	1,9a	20,16
V (%)	6b	23a	17a	17a	20a	18a	17a	40,71

Valores seguidos das mesmas letras, nas linhas, não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, indicado pelo teste SNK.

Verifica-se a ocorrência de diferenças significativas para o pH, P, K, Al, Ca, Mg e V. De maneira geral a calagem e adubação elevaram a fertilidade do solo. Carvalho et al. (2007), testando o efeito de fertilização em Argissolo Vermelho Amarelo com *Brachiaria decumbens* em monocultivo e consorciada com leguminosas, verificaram na pastagem fertilizada melhores condições químicas do solo, através de maiores valores de fósforo e CTC efetiva e menores valores de alumínio trocável em relação aos outros tratamentos.

No caso da matéria orgânica, não houve diferenças significativas entre os tratamentos e verifica-se que os valores obtidos foram baixos (Tabela 3).

Souza et al. (2006), testando seis diferentes sistemas de uso em Neossolo Quartzarênico de Cerrado, encontraram teores de 17,12 g kg⁻¹ em área sob cultivo de milho a 22,31 g kg⁻¹ em área sob pastagem. É de se esperar que a adubação da pastagem proporcione elevação do teor de matéria orgânica do solo em médio/longo prazo, mas a composição desta pode não ser adequada para reciclagem satisfatória de nutrientes em função, dentre outros fatores, de alta relação carbono: nitrogênio.

Os tratamentos que receberam P equivaleram-se, à exceção do T4 (Tabela 3). Tal fato é explicável por este tratamento ter recebido apenas metade da quantidade de P₂O₅, aplicada nos outros tratamentos com utilização de P. A análise estatística, que apresentou alta variabilidade, comprova parcialmente estas considerações. Em termos mais práticos, verifica-se apenas que o P evoluiu de disponibilidade muito baixa nos tratamentos T1, T2, T4, T5, T6 e T7, para baixa no T3, considerando as classificações de Vilela et al. (2002) para *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Não foram verificadas diferenças para o teor de K entre o T4 e os tratamentos em que o K foi utilizado na dose completa. Seus teores, no entanto, são muitos baixos, mostrando discrepância entre a análise para a implantação do experimento (1,2 mmol_c dm⁻³) e as análises após três cortes, muito mais precisas por terem sido efetuadas por parcela (Tabela 3).

Por outro lado, a extração de massa seca pelos animais, supondo-se exportação da área experimental de 50% do K total localizado na parte aérea da forragem e teor de 15 g kg⁻¹ de K na massa seca dos tratamentos adubados com este nutriente (Volpe, 1998), pode ter levado a exportação de aproximadamente, 80 kg ha⁻¹ (T4) a 108 kg ha⁻¹ (T7) (Tabela 1), justificando sua baixa disponibilidade no solo na análise final. Cálculo idêntico para os tratamentos T1 e T2, supondo um teor de 10 g kg⁻¹ de K na massa seca (Volpe, 1998), explica também a diferença entre as análises inicial e final. Além disso, deve-se considerar que o K é um nutriente suscetível a perdas por lixiviação, principalmente em solos arenosos. O resultado das análises (Tabela 3) indica a necessidade de aumentar o teor de K no solo para manutenção da produtividade da pastagem.

Os valores de Ca e Mg encontram-se abaixo do nível crítico (Luz et al., 2004), evidenciando efeito insatisfatório da calagem, o qual pode ter ocorrido por motivos diversos. Como resultado, a V não atingiu o nível satisfatório de 40-45% (Vilela et al., 2002), o pH continuou baixo e o Al trocável não foi inativado por completo. Ocorreram diferenças significativas para todas estas variáveis nos tratamentos com calagem em relação à testemunha (Tabela 3); no entanto, os valores obtidos indicam a necessidade de reaplicação de calcário para atingir os valores recomendados (Vilela et al., 2002; Luz et al., 2004) para os teores de Ca e Mg e para a porcentagem de saturação por bases.

Conclusão

Diante dos resultados apresentados, conclui-se que:

A correção e adubação do solo são fundamentais para a renovação de pastagens degradadas em solos arenosos ácidos, de baixa fertilidade no Cerrado, sendo recomendável o consórcio de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com estilosantes Campo Grande.

A adubação favorece maior acúmulo

proporcional de biomassa aérea em relação à biomassa radicular. Na ausência de adubação, verifica-se tendência oposta.

As doses e calcário e fertilizante utilizadas proporcionaram aumento significativo nos teores de nutrientes no solo que, no entanto, permaneceram baixos, tornando necessária nova calagem e adubação para todos os macronutrientes testados.

Referências

- AMABILE, R.F.; RESCK, D.V.S. Efeito de diferentes sistemas de preparo de solo na produção de soja e milho em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. I - Comparação de dois métodos de avaliação de raízes. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1990. (Pesquisa em andamento, 31).
- BARCELLOS, A.O. *et al.* Potencial e uso de leguminosas forrageiras dos gêneros *Stylosanthes*, *Arachis* e *Leucaena*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2001. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fealq, 2001. p. 365-425.
- BODDEY, R.M. *et al.* Nutrient cycling and environmental impact of *Brachiaria* pastures. In: MILES, J.W. *et al.* (Ed.). *Brachiaria: biology, agronomy, and improvement*. Colombia: Ciat/Embrapa-CNPQC, 1996. p. 72-86.
- BOUMANN, B.A. *et al.* Pasture degradation and restoration by legumes in humid tropical Costa Rica. *Trop. Grasslands*, Brisbane, v. 33, n. 2, p. 98-110, 1999.
- CANTARUTTI, R.B.; NOVAIS, R.F. Quantificação da necessidade de uso de corretivo e fertilizante em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22., 2005. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fealq, 2005. p. 181-193.
- CARVALHO, F.G. *et al.* Efeito sazonal e de sistemas de manejo com pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf sobre as características químicas num Argissolo Vermelho Amarelo. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2007.
- CORSI, M. *et al.* Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ: Fealq, 2001. p. 838-852.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ, 1997. (Documentos, 1).
- LUZ, P.H.C. *et al.* Efeitos de tipos, doses e incorporação de calcário sobre características agrônomicas e fisiológicas do capim Tobiatã (*Panicum Maximum*). *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 964-970, 2000.
- LUZ, P.H.C. *et al.* Uso da calagem na recuperação e manutenção da produtividade das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fealq, 2004. p. 63-100.
- 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. *Anais...* Goiânia: SBZ, 2005. CD-ROM.
- MACEDO, M.C.M. *et al.* Resposta de cultivares e acessos promissores de *Brachiaria brizantha* ao fósforo em dois níveis de saturação por bases. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: SBZ, 2004. CD-ROM.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. New York: Academic Press, 1995.
- MARTHA JÚNIOR, G.; VILELA, L. *Pastagens no cerrado: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes*. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2002. (Documentos, 50).
- MITIDIERI, F.J. *Respostas de cinco gramíneas forrageiras a níveis de calcário em um Latossolo Vermelho-Escuro*. 1995. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 10. ed. Piracicaba: Nobel, 1982.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. *Estatística aplicada a experimentos agrônomicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos*. Piracicaba: Fealq, 2002.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. Van. Comparação de métodos rápidos para determinação da matéria orgânica em solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 3, n. 3, p. 184-187, 1979.
- RAZUK, R.B. *Avaliação do sistema radicular de acessos de Brachiaria brizantha e suas relações com atributos químicos e físicos do solo*. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2002.
- SIQUEIRA, C. Calagem para plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1985. Nova Odessa. *Anais...* Piracicaba: Potafos, 1986. p. 77-91.
- SOARES FILHO, C.V. *Variação sazonal nos parâmetros bioquímico-fisiológicos em Brachiaria decumbens estabelecida em pastagem*. 1991. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.
- SOUZA, D.M.G. *et al.* Manejo da adubação fosfatada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fealq, 2004. p. 101-138.
- SOUZA, E.D. *et al.* Alterações nas frações do carbono em um neossolo quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 28, n. 3, p. 305-311, 2006.
- VILELA, L. *et al.* Calagem e adubação para pastagens. In: SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2002. cap. 14, p. 367-382.
- VILELA, L. *et al.* Adubação na recuperação e na intensificação da produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fealq, 2004. p. 425-472.
- VOLPE, E. *Sistemas de recuperação direta de Brachiaria decumbens cv. Basilisk, em Latossolo Vermelho Escuro, na região dos Cerrados*. 1998. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal de Mato Grosso do

Sul, Dourados, 1998.

WERNER, J.C. *et al.* Adubação de pastagens. *In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM*, 17., 2001. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fealq, 2001. p. 129-156.

ZIMMER, A.H. *et al.* Estabelecimento e recuperação de pastagens de *Brachiaria*. *In: SIMPÓSIO SOBRE*

MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fealq, 1994. p. 153-208.

Received on July 04, 2007.

Accepted on August 17, 2007.