

**UNIVERSIDADE PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTADO E DA REGIÃO
DO PANTANAL – UNIDERP**

RICARDO BUONAROTT FERREIRA

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DO CAPIM-MASSAI SOB DIFERENTES
NÍVEIS DE CALAGEM E GESSAGEM EM SOLO ARENOSO**

**CAMPO GRANDE – MS
2005**

RICARDO BUONAROTT FERREIRA

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DO CAPIM-MASSAI SOB DIFERENTES NÍVEIS
DE CALAGEM E GESSAGEM EM SOLO ARENOSO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em nível de Mestrado Profissionalizante em Produção e Gestão Agroindustrial da Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Produção e Gestão Agroindustrial.

Comitê de Orientação:

Prof. PhD. Manuel Claudio Motta Macedo

Prof^a. PhD. Valéria Pacheco Batista Euclides

Prof. Dr. Fernando César Bauer

CAMPO GRANDE – MS

2005

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: **Ricardo Buonarott Ferreira**

Dissertação defendida e aprovada em 21 de julho de 2005 pela Banca Examinadora:

Prof. Doutor **Manuel Cláudio Motta Macedo (Orientador)**

Prof. Doutor **Cesar Heraclides Behling Miranda (EMBRAPA)**

Prof. Doutor **Francisco de Assis Rolim Pereira (UNIDERP)**

Prof. Doutor **Francisco de Assis Rolim Pereira**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Produção e Gestão Agroindustrial

Profa. Doutora **Lúcia Salsa Corrêa**
Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação da UNIDERP

Aos meus pais, Moacyr e Yvone, que aos 40 anos de união e cumplicidade, comemoram uma vida de dedicação à família e ao trabalho, mostrando que as grandes conquistas estão alicerçadas no “suor” e na dignidade, fazendo com que seus filhos se orgulhem em buscar seguir os seus passos.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas de curso, pela troca de experiências e pelos momentos de alegria que compartilhamos nessa curta, mas importante etapa da vida.

Aos professores, que em alguns momentos nos faziam sentir profundos conhecedores e, em outros, nos supriam de informação, aumentando ainda mais, o entusiasmo na busca pelo saber.

Aos funcionários e estagiários da Embrapa – Gado de Corte, com sua dedicação e compreensão foram peças fundamentais para a realização desse trabalho.

A Manuel Claudio Motta Macedo, por compartilhar seu conhecimento e sua amizade, e pela sua perseverança em superar as dificuldades para a realização da ciência.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS E QUADROS.....	xiii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 A atividade pecuária	14
2.2 Forrageiras da espécie de <i>Panicum maximum</i>	15
2.3 Critérios de recomendação de calagem.....	16
2.3.1 Correção do Al, Ca e Mg.....	18
2.3.2 Fornecimento de Ca e Mg.....	19
2.3.3 Saturação por bases.....	19
2.3.4 Método do SMP.....	22
2.4 Considerações sobre recomendação de calagem	23
2.5 Utilização da calagem	24
2.6 Gessagem.....	25
2.7 Interação calagem e adubação.....	26
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37

4.1 Condições climáticas.....	37
4.2 Produção de massa seca da forrageira em função da calagem.....	38
4.2.1 Produção média das três amostragens	38
4.2.2 Primeira amostragem	40
4.2.3 Segunda amostragem	42
4.2.4 Terceira amostragem	44
4.3 Produção forrageira em função da gessagem ou calagem	47
4.3.1 Produção média das três amostragens	47
4.3.2 Primeira amostragem	48
4.3.3 Segunda amostragem	49
4.3.4 Terceira amostragem	50
4.4 Alterações químicas do solo de 0-20 e 20-40 cm de profundidade	51
4.5 Avaliação de métodos de recomendação de calagem	60
5. CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
APÊNDICES	69

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Classificação dos calcários de acordo com a ABNT.....	18
TABELA 2. Relação entre V%, pH e saturação por alumínio (m%) em solos do Estado de São Paulo	20
TABELA 3. Estimativa da variação percentual na absorção de macronutrientes pelas plantas, em função do pH do solo.....	25
TABELA 4. Extração de nutrientes por algumas culturas e por pastagem de capim-colonião	30
TABELA 5. Resultados da análise de solo inicial nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm	35
TABELA 6. Resultados de massa seca da média dos 3 cortes, em função dos tratamentos de doses de calcário	39
TABELA 7. Resultados de massa seca do 1º corte, em função dos tratamentos de doses de calcário	41
TABELA 8. Resultados de massa seca do 2º corte, em função dos tratamentos de doses de calcário	43
TABELA 9. Resultados de massa seca do 3º corte, em função dos tratamentos de doses de calcário	45
TABELA 10. Resultados de massa seca da média dos 3 cortes, em função dos tratamentos de doses de calcário (C) e gesso (G)	48
TABELA 11. Resultados de massa seca do 1º corte em função dos tratamentos de doses de calcário (C) e gesso (G)	49
TABELA 12. Resultados de massa seca do 2º corte em função dos tratamentos de doses de calcário (C) e gesso (G)	50
TABELA 13. Resultados de massa seca do 3º corte em função dos tratamentos de doses de calcário (C) e gesso (G)	51

TABELA 14. Resultados da análise de solo na profundidade de 0-20 cm em função dos tratamentos de doses de calcário	54
TABELA 15. Resultados da análise de solo na profundidade de 0-20 e 20-40 cm em função dos tratamentos de doses de calcário.....	56
TABELA 16. Resultados da análise de solo na profundidade de 0-20 e 20-40 cm em função dos tratamentos de doses de calcário (C) e gesso (G).....	59

LISTA DE FIGURAS E QUADROS

Figura 1. Esquema do “funil” para o estabelecimento das prioridades das práticas de manejo químico do solo	17
Figura 2. Guia para a escolha do método de determinação da necessidade de calcário para forrageiras tropicais.....	22
Figura 3. Produção de forragem para diferentes tratamentos de calagem e fertilização em pastagem de <i>Brachiaria brizantha</i>	24
Figura 4. Dados pluviométricos correspondentes à média dos anos de 1982 a 2003 e ao período experimental (2003/2004).....	37
Figura 5. Resultados de massa seca total da média dos 3 cortes em função dos tratamentos de doses de calcário.....	40
Figura 6. Resultados de massa seca total do 1º corte em função dos tratamentos de doses de calcário.....	42
Figura 7. Resultados de massa seca total do 2º corte em função dos tratamentos de doses de calcário.....	44
Figura 8. Resultados de massa seca total do 3º corte em função dos tratamentos de doses de calcário.....	46
QUADRO 1. Adaptação de forrageiras de acordo com a fertilidade do solo....	21
Figura 1A. Croqui da área experimental.....	70
Figura 2A. Área experimental com 78 dias de crescimento da forrageira após a emergência.....	71
Figura 3A. Amostragem das parcelas para avaliação da produção forrageira.....	72
Figura 4A. Corte de 1m ² para análise de disponibilidade de massa seca.....	73
Figura 5A. Uniformização das parcelas após a amostragem.....	74

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a resposta do capim-massai submetido a doses crescentes de calcário e gesso em Neossolo Quartzarênico quanto à produção de massa seca forrageira, alterações químicas do solo, e qual o melhor método de recomendação de calagem. Os tratamentos foram constituídos por: 0; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 t/ha de calcário (PRNT = 100%), 0,5; 1,0 t/ha de gesso (equilibradas com sulfato de magnésio), e um tratamento testemunha absoluta, totalizando oito tratamentos, e quatro repetições. Cada parcela media 30 m². Os insumos foram aplicados em outubro de 2003. A adubação de implantação das parcelas foi composta por: N(40 kg/ha no plantio e 60 kg/ha em cobertura); P₂O₅ (120 kg/ha); K₂O (40 kg/ha no plantio e 60 kg/ha em cobertura); e micronutrientes (Zn, Cu, B e Mo). O plantio da forrageira foi realizado em dezembro de 2003 em linhas espaçadas de 40 cm. As amostragens para avaliação da produção forrageira foram feitas através de cortes. Foram realizadas 3 amostragens (fevereiro, abril e agosto), com uniformização e adubação de manutenção em cobertura (120 Kg/ha de N e 120 kg/ha de K₂O) após cada corte. O solo foi amostrado nas profundidades de 0 a 20, e 20 a 40 cm, em junho de 2004, para a avaliação das alterações químicas. Os resultados não indicaram diferenças significativas na produção de massa de forragem do capim-massai para doses de calcário ou gesso, na média dos 3 cortes. Apenas no 3^o corte houve resposta significativa ao calcário, devido ao efeito residual, com resposta próxima da produção máxima entre as doses de 1000 e 1500 kg/ha. As alterações nas propriedades químicas do solo foram mais expressivas do que as observadas na produção de massa forrageira. O método mais indicado para o cálculo de recomendação de calagem para o Neossolo Quartzarênico testado (CTC = 3,9 cmol_c/dm³) foi aquele que considera a correção do Ca + Mg, para 2,0 cmol_c/dm³.

Palavras-chave: calcário, gesso, *Panicum*, forrageira, Neossolo Quartzarênico.

ABSTRACT

This paper had the objective to evaluate the response of massai-grass to liming and gypsum application in a sandy soil of Brazilian Savannas, referring to its forage yield and soil chemical changes. It was also evaluated the best liming method to this soil class. The treatments were constituted of: 0; 0.5; 1.0; 2.0; 4.0 Mg/ha of lime (reactivity = 100%), 0.5; 1.0 Mg/ha of gypsum + magnesium sulfate, and an absolute check plot, with four replications. Each plot measured 30 m². The lime was applied in October 2003. The fertilization at establishment of the plots was composed by: N (40 Kg/ha in the establishment and 60 Kg/ha broadcasted); P₂O₅ (120 Kg/ha); K₂O (40 kg/ha in the establishment e 60 Kg/ha broadcasted); and trace elements (Zn, Cu, B e Mo). The seedling of the forage was made in December 2003 in rows having 40 cm between them. The samples for the forage production evaluation were made thorough 1 m² cuts. Three samplings were made (February, April and August), with standardizing cut and fertilization of in covering of the plots (120 Kg/ha of N and 120 Kg/ha of K₂O) after each sample. The soil was sampled in the depth from 0 to 20 and 20 to 40 cm, in June of 2004, to estimate the soil chemical changes. The results did not indicate significant differences in the forage production by liming or gypsum application on the average of the 3 cuttings. Only in the third cut differences were statistically significant in liming, due to the residual effect, with maximum response between 1000 and 1500 kg/ha. Soil chemical properties changes were more expressive than massai forage production. The most indicated method for calculation in liming recommendation for sandy soils (CIC = 3,9 cmol_c/dm³), was the one which take in account the correction of Ca + Mg up to 2,0 cmol_c/dm³.

Key words: lime, gypsum, *Panicum*, forage, Quartz psement.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui um rebanho bovino com cerca de 167 milhões de cabeças, sendo considerado em 2003 o maior exportador mundial de carne (ANUALPEC, 2004). Esse patamar foi atingido, principalmente em função do baixo custo de produção, já que a principal fonte de alimento dos rebanhos provém das pastagens (EUCLIDES e EUCLIDES FILHO, 2001).

O País, de modo geral, possui condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de plantas forrageiras tropicais, porém utiliza muito mal o seu potencial forrageiro. Baseado em uma pecuária extrativista, esgota a fertilidade natural do solo originando o processo de degradação e queda na produtividade.

De acordo com Zimmer et al. (2002a), o rebanho de corte e de leite juntos, ocupam uma área de 180 milhões de hectares de pastagens, das quais 50 milhões encontram-se em algum estágio de degradação.

O Estado de Mato Grosso do Sul possui hoje o maior rebanho de gado de corte do País, em que o município de Ribas do Rio Pardo, atualmente, é o seu maior representante. A maior parte dos solos do município é de baixa fertilidade natural, e constituída por Neossolos Quartzarênicos.

Devido ao elevado preço de terras e aos sistemas de criação, na maioria sob pastagens, a atividade pecuária se dirigiu para as regiões de solo arenoso, que além de pouco férteis, ainda podem apresentar elevados teores de alumínio e acidez inadequados ao crescimento das plantas.

A busca por uma forrageira de alta produção, com alto valor nutritivo e que se adapte em solos ácidos e de baixa fertilidade, vem concentrando esforços das instituições de pesquisa, no intuito de atender a necessidade do setor pecuário.

Um dos vários trabalhos realizados pela EMBRAPA, resultou no lançamento do capim-massai, como mais uma alternativa para a alimentação dos animais, sendo considerada uma das forrageiras menos exigentes em fertilidade e uma das mais tolerantes à acidez do gênero *Panicum* (ALMEIDA et al., 2000). Apesar de algumas restrições quanto ao valor nutritivo, apresenta alta produção de matéria seca e boa cobertura de solo (EMBRAPA, 2001).

A má formação das pastagens, a falta de reposição de nutrientes, aliada ao manejo inadequado e falta de conservação dos recursos naturais, resultam na degradação tanto das pastagens, como do solo e da água.

Devido às características originais de fertilidade do solo, e ocorrência do processo de degradação das pastagens, faz-se necessário a utilização de corretivos e fertilizantes, no intuito de melhorar e manter a produtividade forrageira.

O calcário corrige a acidez e elimina o alumínio tóxico, fornece cálcio e magnésio para as plantas, e favorece a absorção de nutrientes, principalmente N, P e K.

Em algumas situações, o gesso agrícola é utilizado na correção subsuperficial do solo, o qual atua em maior profundidade do que o calcário fornecendo cálcio e enxofre, porém sem ação corretiva sobre o pH.

Atualmente, exige-se que a atividade pecuária seja realizada em moldes empresariais, pois a sua lucratividade depende da adoção de tecnologias que visem a produtividade de forma sustentável. Nesse contexto, torna-se imprescindível o conhecimento sobre o equilíbrio das necessidades nutricionais das plantas forrageiras, pois a falta ou o excesso de algum elemento via corretivo ou fertilizante, pode determinar queda na produtividade ou gastos desnecessários.

A hipótese testada neste trabalho é a de que o capim-massai responde quanto à produção de massa seca total de forma significativa a doses crescentes de calcário em solo arenoso do Cerrado, sendo que a aplicação de diferentes doses de calcário e gesso altera significativamente as propriedades químicas do

solo, sobretudo as relacionadas à acidez e saturação por bases, e estas influenciam diretamente a produção de massa seca total da forrageira.

Os objetivos do presente trabalho foram:

Verificar a viabilidade da utilização do capim-massai em um solo arenoso como alternativa para a exploração e diversificação de pastagens na atividade pecuária, bem como obter informações sobre o uso racional de corretivos da acidez do solo no intuito de otimizar a produção forrageira em solos arenosos de Mato Grosso do Sul;

Avaliar a resposta da produção forrageira do capim-massai, submetido à diferentes níveis de saturações por base no solo, após aplicação de doses crescentes de calcário dolomítico e gesso agrícola;

Verificar a influência do pH do solo na resposta à produção forrageira do capim-massai sem restrições nutricionais, após a utilização de calcário dolomítico e gesso agrícola;

Avaliar as alterações nas propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico, sob pastagens, quando submetido a diferentes doses de calcário e gesso;

Testar após avaliação da produção forrageira, durante a fase de implantação da pastagem, qual das metodologias recomendadas para aplicação de calcário na região dos Cerrados, para solos com CTC na faixa de 4,0 a 5,0 cmolc/ dm³, seria mais adequada para se atingir 80-90 % da produção máxima.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A atividade pecuária

A pecuária de corte é a atividade econômica mais importante e tradicional do Estado do Mato Grosso do Sul, ocupando aproximadamente 16 milhões de hectares de pastagens cultivadas, e um rebanho bovino de mais de 24 milhões de cabeças, constituindo-se no principal rebanho do País, que conta com mais de 180 milhões de cabeças espalhadas por todo o território nacional, tendo ainda espaço para expansão. O Brasil tem o maior rebanho comercial do mundo e os indicadores econômicos da Pecuária sobem ano após ano, fazendo retornar positivamente os investimentos na produção animal (ANUALPEC, 2003).

Na maioria das regiões de pecuária do Brasil os fatores clima e animal não constituem uma limitação para a intensificação da produção das pastagens. A falta de manejo adequado das pastagens e a baixa fertilidade dos solos são as maiores limitações, principalmente em solos sob Cerrado (AGUIAR, 1997).

Os indicadores zootécnicos da pecuária de corte revelam taxas de lotação média de 0,93 cabeças/ha (ANUALPEC, 2004), com produção de 34 kg de carcaça/ha/ano (EUCLIDES e EUCLIDES FILHO, 2001).

Outra característica importante nos solos do Cerrado e nos de Mato Grosso do Sul é a grande ocorrência de solos com textura arenosa, que corresponde a 20 % da área total do Estado (MACEDO, 2002).

De acordo com Correia et al. (2004), os Neossolos Quartzarênicos são originados de depósitos arenosos, com presença de textura da classe areia ou

areia franca, com pelo menos 2 m de profundidade, e o teor máximo de argila pode chegar a 15%, na ausência do silte. Sendo considerados de baixa aptidão agrícola, esses solos necessitam de práticas de manejo específicas, porém apresentam condições físicas interessantes, como profundidade no perfil e relevo plano, fatores que favorecem a mecanização e, portanto, viabilizam técnica e economicamente o emprego de correção e fertilização (LUZ et al., 2004).

Devido à alta adaptabilidade das forrageiras selecionadas e introduzidas no Brasil, a exploração da atividade pecuária se manteve sob crescente aumento nas taxas de lotação sem a utilização das práticas de calagem e adubação por muitos anos (MACEDO, 2004).

Segundo Macedo (2002), grande parte das pastagens do Centro-Oeste apresenta problemas de degradação, e os aspectos de adubação e utilização racional das características de adaptação das forrageiras têm sido de grande importância.

2.2 Forrageiras da espécie de *Panicum maximum*

A intensificação do uso de pastagens tropicais para a produção de ruminantes tem sido cada vez mais freqüente. Para alcançar alta produtividade animal há necessidade de adubações de formação e de manutenção das pastagens, além da escolha de gramíneas forrageiras que possuam potencial para produção de forragem com alto valor nutritivo (QUADROS et al., 2002).

As plantas do gênero *Panicum* pertencem à família *Poaceae*, tribo *Paniceae* que possui cerca de 81 gêneros e mais de 1460 espécies (SILVA, 1995, apud MACHADO, 2003).

O *Panicum maximum* vem se destacando como boa alternativa para a alimentação animal sob pastejo e na forma de silagem. É originário da África tropical, sendo encontradas formas nativas até a África do Sul. Seu habitat abrange altitudes desde o nível do mar até 1800 metros. A introdução no Brasil se deu, possivelmente, na época da escravidão, quando era usado como cama para os escravos nas embarcações vindas da África (JANK, 1995).

O colômbio, de norte a sul do País, se mostra com poucas limitações quanto à sua adaptabilidade à altitude, precipitação e temperatura, restando esclarecer pontos sobre exigências quanto à fertilidade do solo (CORSI e SANTOS, 1995).

As gramíneas do gênero *Panicum* exigem solos de média a alta fertilidade para uma boa produção de forragem. A grande diversidade de tipos de solos do Brasil, em relação à sua fertilidade natural, influencia a produção de forragem (QUADROS et al., 2002).

Assim, o interesse pela utilização de cultivares promissores de *P. maximum* propiciou o lançamento de cultivares como o Tanzânia-1, Vencedor, Tobiata, Centauro, Mombaça e Aruanã (MACHADO, 2003). Outros cultivares da mesma espécie estão sendo avaliados e têm se mostrado promissores, conforme Jank (1995). Recentemente a Embrapa Gado de Corte – CNPGC lançou, em 2001, a cultivar Massai, que é um híbrido espontâneo entre *Panicum maximum* e *P. infestum* coletado na Tanzânia, África.

De acordo com a Embrapa (2001), o capim-massai é uma planta que forma touceiras com altura média de 60 cm e folhas com cerca de 9 mm de largura. Apesar do menor valor nutritivo em relação ao Tanzânia e ao Mombaça, possui alta produção de forragem, resistência à cigarrinha, maior persistência à baixos níveis de fósforo e alta saturação de alumínio, mostrando-se uma forrageira promissora para a diversificação das pastagens.

2.3 Critérios de recomendação de calagem

No Brasil Pecuário Central, principalmente na região dos Cerrados, os solos são ácidos e de baixa fertilidade natural, sendo caracterizados por altos teores de alumínio, manganês, baixos teores de bases trocáveis e de fósforo, e ainda grande presença de solos de textura arenosa, sendo grande parte em Mato Grosso do Sul (MACEDO, 2002).

Basicamente, treze nutrientes minerais necessários às plantas são fornecidos pelo solo, e classificados em dois grupos: macronutrientes e micronutrientes. Os macronutrientes primários são aqueles exigidos em maiores

quantidades, por fazerem parte dos processos metabólicos e estruturais das plantas: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Os macronutrientes secundários também são essenciais pelas mesmas razões, mas são exigidos em menores quantidades do que os primários: cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Já os micronutrientes são necessários em quantidades bem menores: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn) (SILVA, 2002).

De acordo com Luz et al. (2004), para um adequado manejo químico das pastagens, considerando-se o sistema solo, planta e animal, deve-se observar, primeiramente, a planta forrageira, seu potencial produtivo e suas necessidades; posteriormente as práticas corretivas, e, finalmente, as adubações.

A Figura 1 mostra o “esquema do funil”, segundo Luz et al. (2001), denominando a seqüência das práticas necessárias a um correto manejo químico do solo para o sucesso na produção de pastagens, onde a parte mais larga do funil indica as práticas corretivas com ênfase na calagem, devido à acidez e altos níveis de alumínio presentes em grande parte dos solos, e às baixas participações de Ca e Mg na CTC, passando às práticas de gessagem, quando for o caso, adubação com macro e micronutrientes, respectivamente.

1º Passo: Práticas Corretivas
calagem, gessagem, macros²ários
2º Passo: Adubação – Macros¹ários
implantação/manutenção
3º Passo: Adubação – Micro
implantação/manutenção

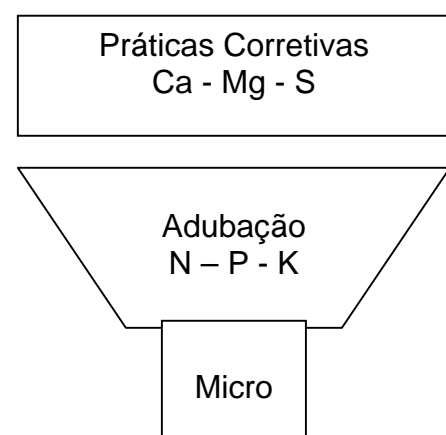


Figura 1. Esquema do “funil” para o estabelecimento das prioridades das práticas de manejo químico do solo.

Fonte: Luz et al. (2001).

A neutralização do excesso de alumínio e manganês, o fornecimento de cálcio e magnésio, garantindo o aproveitamento adequado dos elementos (principalmente N, P, K e S), mantendo um pH adequado para a flora microbiana e melhorando as propriedades físicas do solo, resultam em maior produtividade das plantas forrageiras (EVANGELISTA e ROCHA, 2001).

Segundo Macedo (2002), os estudos sobre resposta à calagem, especialmente sob pastejo, são quase inexistentes nas condições dos Cerrados, de forma que os efeitos residuais da calagem e a interação com os demais nutrientes, ao longo do tempo, não estão suficientemente estudados.

A TABELA 1 mostra a classificação dos calcários de acordo com Malavolta (1981).

TABELA 1. Classificação dos calcários

Tipo de calcário	% CaO	% MgO
Calcítico	40 a 45	1 a 5
Magnésiano	30 a 40	6 a 12
Dolomítico	25 a 30	13 a 20

Fonte: Malavolta (1981).

Macedo (2002) considera que os critérios para pastagens mais utilizados na determinação da calagem nos solos sob Cerrado são os métodos da correção do Al, Ca e Mg; fornecimento de Ca e Mg; saturação por bases.

2.3.1 Correção do Al, Ca e Mg

$$NC = 2 \times Al + [2 - (Ca + Mg)]$$

Onde: NC = necessidade de calcário.

De acordo com Alvarez e Ribeiro (1999), esse método leva em consideração as características do solo e exigência das plantas. Considera-se

que o Al é o principal fator da acidez, por isso, com a sua neutralização, corrigi-se também a acidez, somado ao aspecto de tolerância da forrageira à máxima saturação por alumínio sem que sua produção seja limitada. Oferece uma ampla aplicabilidade na região dos Cerrados, principalmente quando não se dispõe de laboratórios que executem todas as determinações químicas (MACEDO, 2004).

2.3.2 Fornecimento de cálcio e magnésio:

Teores Ca + Mg ($\text{cmol}_c^+ / \text{dm}^3$)	Dose de Calcário (Kg/ha)
< 1	2000-3000
1-2	1000-2000
>2	500-1000

Este método é utilizado, segundo Van Raij (1981), na ausência de Al, porém com necessidade de se elevar os índices de Ca e Mg, de acordo com a necessidade das forrageiras.

Para solos com CTC em torno de $4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e mais de 15% de argila, utilizar a fórmula da correção do Al, Ca e Mg; se o teor de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ for maior que 2, considerar apenas a correção do alumínio. Já em solo arenoso (menor que 15% de argila), considerar ou a neutralização do Al, ou a correção do $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, com a devida correção do PRNT, e utilizar a que indicar a maior dose de calcário (SOUSA et al., 2002, apud MACEDO, 2004).

2.3.3 Saturação por bases

$$\text{NC} = \{[(V_2 - V_1) / 100] T\} \times f$$

Onde:

$V_2 = 30\%$ a 55% (dependendo da espécie);

$V_1 =$ saturação de bases atual (%);

$T =$ CTC (total)

f = fator de correção do calcário = $100/PRNT$;

NC = necessidade de calcário (t/ha).

Segundo Luz et al. (2004), existe uma correlação entre pH, saturação por bases (V%) e saturação por alumínio, em que ao se elevar o V% eleva-se também o pH, e conseqüentemente, há uma diminuição do Al. Este método também é interessante, pois considera a exigência da forrageira, a característica do solo e a reatividade do corretivo.

A TABELA 2 mostra a relação entre V%, pH e saturação por alumínio (m%) em solos do Estado de São Paulo. Verifica-se que em $pH_{\text{água}}$ acima de 5,5 o Al perderia sua atividade.

TABELA 2. Relação entre V%, pH e saturação por alumínio (m%) em solos do Estado de São Paulo

V%	pH em $CaCl_2$	pH em água	m%
4	3,8	4,4	90
12	4,0	4,6	68
20	4,2	4,8	49
28	4,4	5,0	32
36	4,6	5,2	18
44	4,8	5,4	7
52	5,0	5,6	0
60	5,2	5,8	0
68	5,4	6,0	0
76	5,6	6,2	0
84	5,8	6,4	0
92	6,0	6,6	0
100	6,2	6,8	0

Fonte: Vitti e Luz (2001).

Existem graus diferenciados de adaptação das plantas às condições adversas do solo ou exigências diferentes quanto à fertilidade do solo, entre as espécies e dentro delas (SOUSA et al., 2001). O QUADRO 1, apresentado por

esse mesmo autor, demonstra a adaptação de gramíneas forrageiras às condições de fertilidade do solo, em função da saturação por bases (V%).

QUADRO 1. Adaptação de forrageiras de acordo com a fertilidade do solo

Espécies	Grau de exigência
<i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina	pouco exigente
<i>Brachiaria decumbens</i> e <i>B. humidicola</i>	pouco exigente
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	pouco exigente
<i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca	pouco exigente
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	exigente
<i>Setaria anceps</i>	exigente
<i>Panicum maximum</i>	exigente
cv. Vencedor e cv. Centenário	exigente
cv. Colonião, cv. Tobiata, cv. Tanzânia-1, cv. Mombaça	muito exigente
<i>Pennisetum purpureum</i> (Elefante, Napier)	muito exigente
<i>Cynodon spp</i> (Coast – Cross, Tifton)	muito exigente

Fonte: Sousa et al. (2001).

Para as forrageiras pouco exigentes, recomenda-se aplicar calcário para atingir a saturação por bases de 30% a 35%; para as exigentes e muito exigentes, elevar a saturação por bases para 40% a 45% e 50% a 60%, respectivamente (SOUSA et al., 2001).

De acordo com Macedo (2004), a reaplicação (superficial) de calcário na manutenção das pastagens deve ser efetuada quando as espécies consideradas pouco exigentes tiverem uma redução da saturação por bases para 20-25%, e aquelas consideradas exigentes e muito exigentes para 30-35%, na camada de 0-20 cm de profundidade. Esta calagem deve ser realizada de preferência no período seco, para permitir a reação antecipada, e antes das adubações de cobertura.

Na Figura 2 apresentada por Macedo (2002), é demonstrado um guia para a escolha do método de determinação da necessidade de calcário em forrageiras tropicais.

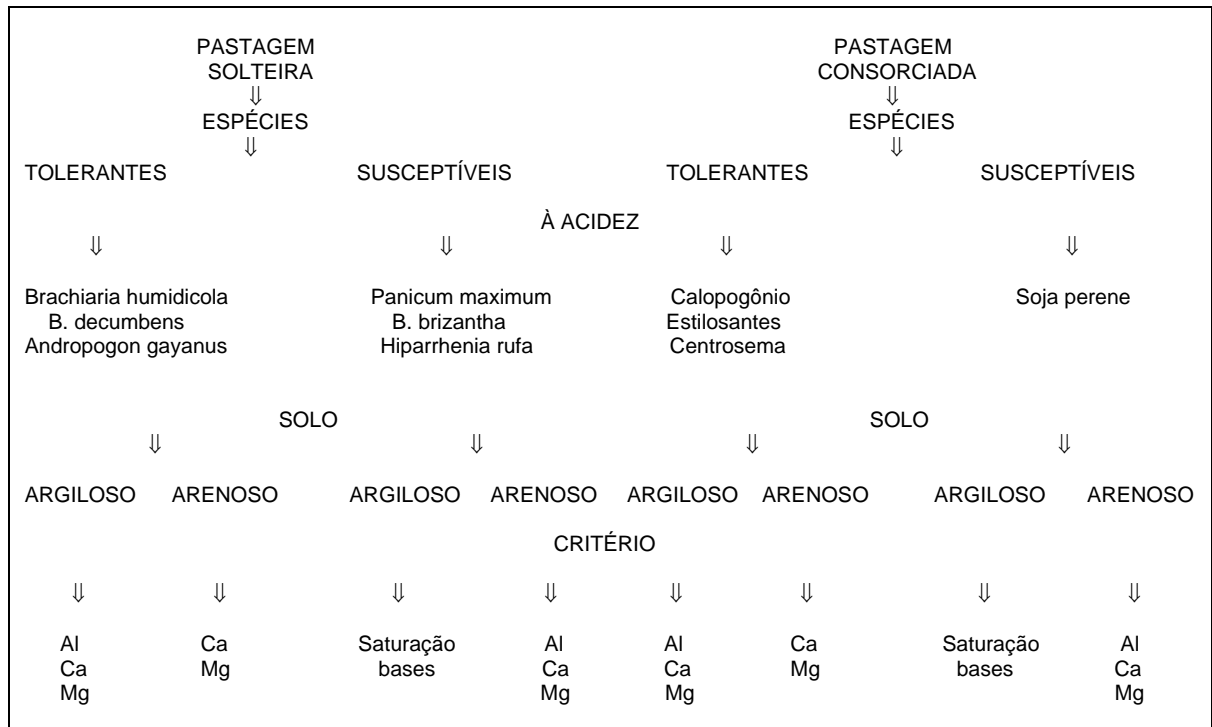


Figura 2. Guia para a escolha do método de determinação da necessidade de calcário para forrageiras tropicais.

Fonte: Macedo (2002).

As variações nos três métodos de recomendação de calagem concentram-se nos níveis de exigência das espécies e cultivares, e das classes de solos, resultando em diferentes necessidades de aplicação de calcário (MACEDO, 2004).

2.3.4 Método do tampão SMP

Este método citado por Luz et al. (2004), foi desenvolvido por vários Estados brasileiros e é adotado pela Comissão de Fertilidade do Solo dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. É um método preciso e de simples manuseio em laboratório, onde foram estimadas equações regionais que correlacionam a acidez potencial ($H^+ + Al^+$), determinada pelo acetato de cálcio em pH 7 e titulada com a leitura do pH em solução SMP (MACEDO, 2004). Segundo esse autor, este método considera as particularidades de cada região, incluindo as peculiaridades dos solos, com suas interações climáticas, tipo de vegetação, matéria orgânica e biodiversidade do solo. Assim, o valor de um pH SMP obtido de uma amostra de solo proveniente de um Estado brasileiro, deverá ter o mesmo resultado em qualquer laboratório do país.

2.4 Considerações sobre recomendação de calagem

Macedo (2004), afirma que todos os critérios de recomendação de calagem são praticados no estabelecimento das pastagens, considerando-se uma profundidade de incorporação de 20 cm. No caso de manutenção de pastagens já estabelecidas, deve-se proceder a amostragem de solo a 10 cm de profundidade e considerar a incorporação (natural) de 5 cm.

O pH do solo atinge um valor máximo, em geral entre três e doze meses, após um período de quatro a seis anos o pH começa a diminuir, sendo necessário uma nova avaliação para a correção da acidez, a não ser que seja preciso nova reaplicação de calcário para correção da acidez, decorrente de freqüentes adubações, principalmente nitrogenadas, e repor Ca e Mg extraídos ou perdidos no sistema solo (LUZ et al., 2004).

Macedo (2004) destaca alguns pontos que necessitam de consenso e maior esclarecimento da pesquisa, favorecendo o aperfeiçoamento nas recomendações de calagem para forrageiras:

1- Classificação das diferentes espécies forrageiras quanto à adaptação à acidez com relação às tolerâncias à saturação por alumínio e de cálcio, baseada na CTC em pH 7 e/ou a CTC efetiva, na fase de estabelecimento e de manutenção.

2- Separação do critério de nível tecnológico de produção para a recomendação de calcário, pois é melhor adaptado à fase de manutenção, pois a mescla de critérios coloca uma mesma forrageira em diferentes grupos.

3- Profundidade da amostragem de solo para a fase de estabelecimento e manutenção, no que diz respeito ao conhecimento das relações entre as amostragens de 0-20 e 0-10 cm na fase de manutenção e em que quantidade e profundidade o calcário deve atuar proporcionando maior eficiência, bem como o monitoramento da subsuperfície aos 20-40 cm, principalmente para espécies mais exigentes.

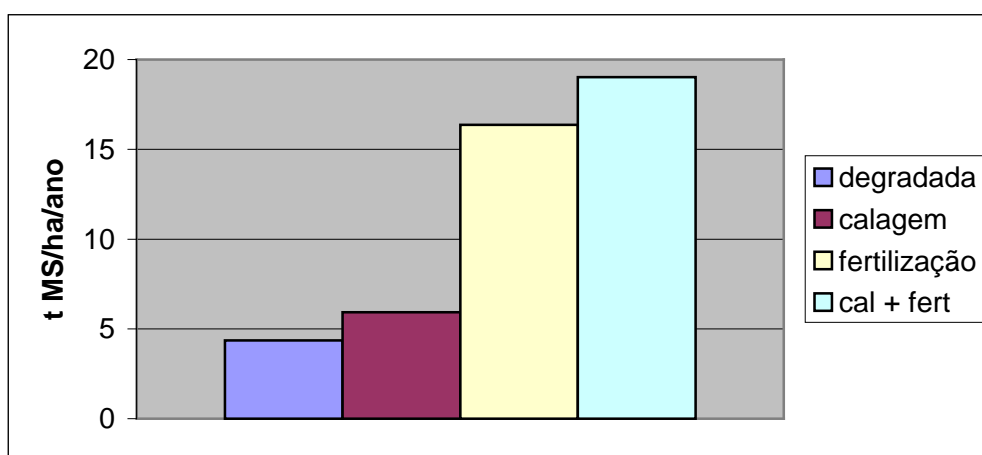
4- As amostras de solo coletadas em um Estado devem ser analisadas no próprio Estado, a não ser que se conheça o pH SMP da amostra e a equação de cálculo da acidez potencial do respectivo Estado.

Existe um consenso que as respostas à calagem são mais frequentes na fase de estabelecimento do que na manutenção, pois nesta fase, o sistema radicular é amplo e profundo, e grande parte das forrageiras cultivadas são tolerantes à acidez do solo (MACEDO, 2004).

2.5 Utilização da calagem

Em um trabalho realizado por Oliveira et al. (dados não publicados), apud Luz et al. (2004), verificaram a influência da presença ou ausência do calcário e uso de fertilizantes na recuperação de uma pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu por dois anos (Figura 3). No tratamento em que a pastagem não recebeu calagem nem fertilização, esta permaneceu degradada, produzindo 4,36 toneladas/ha/ano de massa seca; quando se realizou apenas a calagem a produção aumentou para 5,9 toneladas/ha/ano de MS; quando se realizou apenas fertilização a produção foi de 16,36 toneladas/ha/ano de MS; e quando se realizou calagem e fertilização a produção foi de 19,02 toneladas/ha/ano de MS.

Figura 3. Produção de forragem para diferentes tratamentos em pastagem de *Brachiaria brizantha*



Fonte: Oliveira et al. (dados não publicados), apud Luz et al. (2004).

Pastagens degradadas em solos exauridos, normalmente não são responsivas ao uso exclusivo da calagem (OLIVEIRA et al., 2003), porém, nota-se que quando existe alguma fertilidade apenas a calagem pode produzir aumentos na produtividade da ordem de 1,5 tonelada/ha/ano de massa seca. Tal efeito se deve à capacidade do calcário em disponibilizar os nutrientes às plantas (LUZ et al., 2004), de acordo com a correlação da TABELA 3.

TABELA 3. Estimativa da variação percentual na absorção de macronutrientes pelas plantas, em função do pH do solo

Macronutrientes	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Nitrogênio	20	50	75	100	100	100
Fósforo	30	32	40	50	100	100
Potássio	30	35	70	90	100	100
Enxofre	40	80	100	100	100	100
Cálcio	20	40	50	67	83	100
Magnésio	20	40	50	70	80	100

Fonte: Vitti e Luz (2001).

2.6 Gessagem

Também conhecido como fosfogesso, o gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é um subproduto da obtenção do ácido fosfórico, utilizado na fabricação de superfosfato triplo e fosfatos de amônio, que por possuir solubilidade em água 150 vezes maior que a do calcário, lhe confere maior mobilidade (VITTI, 2003).

O gesso agrícola (sulfato de cálcio) possui finalidades corretivas e tem sido recomendado para condições desfavoráveis no subsolo, onde normalmente o calcário não atinge, por sua baixa mobilidade. Mesmo não tendo efeito direto sobre a correção da acidez do solo, o gesso auxilia na correção de duas das conseqüências danosas presentes em condições de excesso de acidez: deficiência de cálcio e toxidez por alumínio, principalmente nas camadas mais profundas (TOMÉ JUNIOR, 1997).

Em *Panicum maximum*, se necessária a correção da subsuperfície do solo (saturação por alumínio > 20 % ou teor de cálcio < 0,5 cmolc/dm³, na profundidade de 40 a 60 cm do solo), o gesso agrícola pode ser utilizado com boa eficiência corretiva (VILELA et al., 2004).

Segundo Macedo (2002), a necessidade de gesso (NG) a ser utilizada pode ser calculada pela fórmula proposta por Sousa et al. (2001):

$$\text{NG (Kg/ha)} = \% \text{ argila do solo} \times 50$$

2.7 Interação calagem e adubação

Os solos brasileiros são extremamente pobres em fósforo disponível para as plantas, razão pela qual recomenda-se atenção para a correção com este elemento, indispensável à respiração, transporte de energia, síntese de proteína e carboidratos, e estimula o enraizamento e perfilhamento das plantas (EVANGELISTA e ROCHA, 2001).

Segundo Silva (2002), em trabalho sob condições ambientais controladas, o principal fator limitante para o estabelecimento de *P. maximum* cv. Tanzânia e capim-massai em um Neossolo Quartzarênico é a disponibilidade de P do solo, seguido das disponibilidades de K e calagem.

Para espécies de *Panicum*, o uso da calagem aumenta a eficiência de resposta ao fósforo. Ou seja, para a mesma dose de fósforo aplicada, em nível mais alto de calagem, a produção de matéria seca é mais elevada (MACEDO, 2002). Além de uma adição equilibrada de nitrogênio, potássio, enxofre e micronutrientes proporcionarem respostas mais positivas desse elemento (SOUSA et al., 2004).

Esse mesmo autor cita um trabalho de avaliação de produção de forragem utilizando *Andropogon gayanus*, em que para a dose de 180 kg/ha de P₂O₅ em uma área sem calagem, a produção de forragem foi de 4,4 t/ha de matéria seca, e na outra com calagem, foram necessários apenas 60 kg/ha de P₂O₅ para se obter a mesma produção.

Werner et al. (1996), afirmam que não é necessário aplicar P para instalação de pastagens com capins exigentes quando o teor no solo for maior do que 40 mg/dm^3 (resina). O que condiz com Gheri (2000), que estabelece o valor de 38 mg/dm^3 (resina) para os mesmos fins.

Na região dos Cerrados, a quantidade de fertilizante fosfatado a ser adicionada ao solo, para atingir o nível adequado de fósforo, é função da quantidade e qualidade da argila. Assim, os solos arenosos devem receber menores quantidades de fósforo do que os solos muito argilosos (SOUSA e LOBATO, 2003).

Para a definição da adubação fosfatada é preciso conhecer o resultado da análise de solo, onde o fósforo é extraído pelo método de Mehlich 1 ou da resina (SOUSA et al., 2004), porém as doses de fósforo no estabelecimento de uma forrageira exigente concentram-se entre 40 e 160 kg/ha de P_2O_5 (MACEDO, dados não publicados).

Para as adubações de manutenção de forrageiras recomenda-se de 10 a 95 kg/ha de P_2O_5 , dependendo da exigência da espécie. Já em pastagens destinadas à produção de feno ou silagem, a reposição de P deve ser feita com base na estimativa de extração de 0,15% de fósforo no tecido vegetal removido na matéria seca; assim, em cada tonelada de matéria seca, estarão sendo exportados 1,5 kg de P ou 3,5 kg de P_2O_5 (SOUSA et al., 2004).

De acordo com Vilela et al. (2004), existem várias fontes de fósforo no mercado. Os fosfatos solúveis (superfosfato simples e triplo) e os termofosfatos apresentam a mesma eficiência. Os fosfatos naturais reativos (de origem sedimentar), como os de Gafsa, Arad, e Carolina do Norte têm apresentado eficiência agronômica de 75% a 85% no primeiro ano e de 100% no segundo ano da implantação da pastagem. Já os fosfatos naturais brasileiros, como os de Araxá e de Patos de Minas, apresentam 50% de eficiência em relação aos fosfatos solúveis.

Em certas situações, principalmente quando se objetiva intensificar o manejo da pastagem, pode ser necessário elevar os níveis de potássio no solo,

sendo o cloreto de potássio a única fonte química existente no mercado (BURGI, 2000).

As capineiras e experimentos de corte proporcionam melhores respostas das pastagens à aplicação de potássio, porém este elemento pode limitar a produção de espécies mais exigentes em sistemas intensivos de pastejo. E as doses podem variar de 20 a 80 kg/ha na implantação das pastagens, e 20 a 200 kg/ha para a manutenção (MACEDO, 2004).

Evangelista e Rocha (2001) afirmam que o nitrogênio é para as plantas elemento determinante de altas produções de matéria seca, atuando na síntese de proteína e enzimas, além de ser constituinte da clorofila.

Em Altamira (PA), Azevedo e Souza (1982), apud Haag (1984), adubaram uma pastagem de colônia em degradação com 7 anos de idade, verificando que a adição de nitrogênio aos demais fertilizantes (P, K, S, FTE e Calcário) permitiu a produção de 63% mais matéria seca que a testemunha não adubada.

Segundo Machado (2003), a disponibilidade de nitrogênio tem efeito direto sobre a disponibilidade de forragem. Estes dados estão de acordo com a quantidade de N/ha/ano aplicado para incrementar a produtividade de *P. maximum*, sendo que, em sistemas com forrageiras manejadas sob corte, a demanda de nitrogênio é ainda maior.

Para a fase de manutenção as doses de N podem variar de 40 a 80 kg/ha e de 50 a 300 kg/ha dependendo da exigência da forrageira, do nível tecnológico e da utilização da forragem através de capineiras ou produção de feno (MACEDO, 2004).

Macedo (2002) sugere que em áreas de recuperação e renovação de pastagens, onde os teores de matéria orgânica estiverem abaixo de 1,5 %, pode-se aplicar 40 a 50 Kg/ha de nitrogênio. E com relação ao enxofre, em áreas de pastagens degradadas ou solos arenosos, deve-se aplicar de 30-40 Kg/ha para garantir um suprimento de 3 a 4 anos em sistemas de pastejo semi-intensivos.

Assim como o N, o S também não é determinado como rotina nos laboratórios. Normalmente é definida a profundidade de 20-40 cm para verificar a

suficiência de enxofre no solo, e é considerado deficiente quando o teor estiver abaixo de 10 mg/dm³ (MACEDO, 2004).

Evangelista e Rocha (2001) afirmam que o enxofre é o terceiro elemento mais limitante à produção do colômbio, perdendo em ordem decrescente para o fósforo e o nitrogênio.

Esses mesmos autores verificaram a importância do enxofre como macronutriente secundário na formação das principais proteínas das forrageiras, e as suas necessidades parecem estar na ordem de 10 a 40 kg de S/ha.

As fontes de micronutrientes mais utilizadas são as “fritas” ou FTE, que podem ser aplicadas à lancha ou incorporadas com os fertilizantes fosfatados e potássicos. Tem-se observado que a incorporação desses produtos em solos com saturações por bases acima de 45-50%, tem diminuído sua eficiência de absorção por cultivares de *Panicum maximum* muito exigentes, como Tanzânia e Mombaça. Isto tem levado a necessidade de reaplicação superficial de fontes mais solúveis como sulfato de zinco, sulfato de cobre, bórax e etc. já no segundo ano de utilização das pastagens (MACEDO, 2002).

Galvão (2004), sugere 1,0 Kg/ha de boro + 2,0 Kg/ha de cobre + 2,0 Kg/ha de zinco em adubação de formação de gramíneas forrageiras.

Segundo Euclides (2002), é importante ressaltar que, apesar de as cultivares de *P. maximum* apresentarem maior produtividade, elas são menos tolerantes à acidez do solo e mais exigentes quanto à fertilidade. Assim, para se conseguir estabilidade de produção torna-se necessário utilizar adubações de manutenção mais frequentes.

De acordo com Haag et al. (1967), apud Malavolta et al. (1974), o K e N são os elementos absorvidos em maiores quantidades, vindo a seguir o Ca, Mg, P e, finalmente, o S.

As perdas dos nutrientes do sistema ocorrem por meio da volatilização, principalmente do N e lixiviação para a maioria dos nutrientes, principalmente N e K, e a erosão pode arrastar preferencialmente os nutrientes pouco móveis

concentrados na superfície, tais como o P e Ca, além da exportação de produtos pela ingestão do animal, pelo corte mecânico, etc (LUZ et al., 2004).

Na TABELA 4 podem-se notar os diferentes níveis de extração de nutrientes por diversas lavouras anuais comparadas ao capim-colonião.

TABELA 4. Extração de nutrientes por algumas culturas e por pastagem de capim-colonião

Cultura	Produção t/ha	Nutrientes (kg/ha)				
		N	P	K	Ca	Mg
Milho	2,5	40	9	33	7,5	5,0
Arroz	3,0	42	8	28	4,0	2,5
Trigo	1,6	15	3	17	2,3	3,0
Mandioca	3,0	120	40	187	77	40
Soja	1,0	49	7	21	-	-
Colonião sob corte*	23	288	44	363	149	99

* Sob pastejo, a ciclagem dos nutrientes pode variar de 70 a 90 %, dependendo do nutriente, do sistema de manejo e da intensidade de uso de adubação. Fonte: Sanchez (1976), apud Macedo (2002).

A característica de alta capacidade de ciclagem de nutrientes das pastagens tem grande importância nas práticas culturais de manutenção. Isso equivale a dizer, em princípio, que as doses de fertilizantes são maiores na implantação e menores na fase de manutenção. Em ambos os casos, porém, quando comparado às necessidades das culturas anuais, o colônião é menos exigente, além de remover menores quantidades de nutrientes quando sob pastejo (Macedo, 2002). Mediante as considerações feitas, torna-se indispensável a realização de adubações de manutenção para a permanência da produção das pastagens, que por sua vez é maximizada com a calagem (LUZ et al., 2004).

A degradação das pastagens na exploração pecuária da região dos Cerrados vem ocorrendo devido ao manejo inadequado e à não reposição de

nutrientes que estão sendo exportados do solo via produção de carne e leite. Por isso é necessário pelo menos repor os elementos químicos extraídos do solo, se possível, em quantidades um pouco maiores que as removidas, para, com isso, melhorar sua produtividade e competitividade (SOUSA et al., 2001).

O processo de recuperação ou de estabelecimento de uma pastagem, do ponto de vista da fertilidade do solo, é mais complexo quando comparado a culturas anuais, pois não basta apenas produzir forragem, é necessário transformá-la em produto animal. Assim, não resta dúvida de que a obtenção de sistemas sustentáveis necessita de uma adequação do solo para uma condição compatível de fertilidade que possibilite retorno econômico favorável ao produtor com o menor impacto possível ao ambiente (SOUSA et al., 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na propriedade rural denominada Fazenda Alvorada, localizada no município de Ribas do Rio Pardo – MS, no km 30, da estrada Ribas - Usina Hidrelétrica Mimoso, em um Neossolo Quartzarênico, com 12% de argila.

O tipo de clima predominante na região é o Mesoxeroquimênico modificado “Tropical Brando de Transição”, com temperaturas médias do mês mais frio, menores que 20°C, e maiores que 18°C. O período das águas (outubro - abril) e período seco (maio - setembro) são bem definidos, e a média pluviométrica anual situa-se entre 1200 e 1500 mm (ATLAS, 1990), sendo a média no ano estudado, de 1378 mm. O regime pluviométrico correspondente ao período experimental foi acompanhado por pluviômetro instalado na Fazenda Alvorada e pela média observada nos dados dos últimos 22 anos da Fazenda Cachoeira Preta, localizada a 15 km da propriedade (FIGURA 2).

Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de calcário dolomítico: 0; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; t /ha, dois tratamentos extras com duas doses de gesso: 0,5; 1,0 t/ha e um tratamento testemunha absoluta (sem calcário e sem adubação básica). A gramínea forrageira avaliada foi o capim-massai (*Panicum maximum* cultivar Massai). Cada unidade experimental possuía 30 m², com dimensões de 5 por 6 metros, num total de trinta e duas unidades, totalizando 960 m². A área total do experimento era de 3640 m², incluindo parcelas e corredores de acesso. Os corredores eram vegetados com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu rebaixada periodicamente, por meio de roçadeira tratorizada, para facilitar a manutenção e a circulação em amostragens e visitas técnicas.

O calcário utilizado foi o dolomítico, com PRNT de 75%, sendo o fator de correção para PRNT= 100% de 1,33. O gesso foi aplicado juntamente com sulfato de magnésio (450 e 900 kg/ha), para equilibrar as quantidades de Ca e Mg, em

proporções semelhantes a do calcário utilizado nas parcelas. As doses utilizadas de gesso foram de 500 e 1000 kg/ha. Calcário e gesso + sulfato de magnésio foram aplicados no final de outubro e incorporados com grade niveladora de discos no mês de novembro de 2003. A adubação básica de todas as unidades experimentais foi efetuada nas seguintes doses e fontes: N - 40 kg/ha no plantio e 60 kg/ha aos 43 dias após a germinação, com sulfato de amônio; P_2O_5 - 120 kg/ha, com superfosfato triplo; K_2O - 40 kg/ha no plantio e 60 kg/ha aos 43 dias após a germinação, com cloreto de potássio; uma mistura de micronutrientes no plantio: 10 kg/ha de sulfato de zinco, 10 kg/ha de sulfato de cobre e 10 kg/ha de bórax; e de 1 kg/ha de molibdato de sódio.

O plantio da forrageira foi efetuado no dia 03 de dezembro, em linhas espaçadas de 40 cm. A taxa de semeadura foi de 12 kg/ha para sementes com valor cultural de 27%, de acordo com as recomendações de Zimmer et al. (2002b).

O controle de invasoras foi efetuado por limpeza manual quando se fez necessário. O monitoramento e controle de formigas, cupins, e lagartas foi constante e preventivo.

A avaliação da produção forrageira foi realizada por meio de cortes de áreas de amostragens de $1m^2$, em duas posições por parcela. O material coletado, de cada quadrado, foi pesado verde e sub-amostrado para a determinação dos componentes da planta: lâmina foliar, pseudocolmo (bainha + colmo) e material morto, e avaliação dos teores de umidade. As partes separadas foram secas em estufa de circulação de ar a $65^\circ C$. A média das duas amostras representou a estimativa de produção por parcela. Foram realizadas três amostragens, sendo o primeiro corte efetuado aos 78 dias da emergência das plantas (fevereiro), o segundo, com 60 dias de rebrotação (abril), e o terceiro, com 94 dias de rebrotação (agosto). Após cada amostragem foi efetuada a uniformização das parcelas por meio de segadeira manual, seguida de adubação de cobertura com 120 kg/ha de N (60 kg/ha com uréia e 60 kg/ha com sulfato de amônio) após o 1º corte, e 120 kg/ha de N com uréia e 120 kg/ha de K_2O com cloreto de potássio, após o 2º corte.

O solo foi inicialmente amostrado em agosto de 2003, antes da implantação do experimento e aplicação dos corretivos e fertilizantes, em amostras compostas de 3 faixas paralelas na descendente do terreno, em futura localização dos blocos, nas camadas de 0 a 20, e de 20 a 40 cm de profundidade. Na amostragem inicial foram determinados o pHCaCl_2 , pHSMP , cálcio, magnésio, potássio, alumínio, acidez potencial, soma de bases, CTC total, CTC efetiva, saturação de bases, saturação por alumínio, matéria orgânica, P Mehlich 1, e P Mehlich 3 (EMBRAPA, 1997) (Vide TABELA 5).

TABELA 5. Resultados de pH_{CaCl₂}, pH_{SMP}, cálcio (Ca⁺⁺), magnésio (Mg⁺⁺), potássio (K⁺), alumínio (Al⁺³), acidez potencial (H+Al), soma de bases (S), CTC total (T), CTC efetiva (t), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m), matéria orgânica (M.O.) e fósforo (PM1 e PM3), em função da amostragem de solo original em três faixas, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, antes da implantação do experimento

		pH _{CaCl₂}	pH _{SMP}	Ca	Mg	K	Al	H+Al	S	T	t	V	m	M.O.	PM1	PM3
Faixa	Profundidade	cmol _c /dm ³										%		mg/dm ³		
1	0-20 cm	4,31	6,59	1,02	0,17	0,06	0,27	2,97	1,26	4,22	1,52	29,74	17,6	1,28	1,58	4,62
2		4,33	6,56	0,38	0,29	0,02	0,17	3,06	0,69	3,75	0,85	18,30	19,5	1,31	1,63	4,21
3		4,54	6,65	0,53	0,37	0,03	0,46	2,78	0,93	3,72	1,40	25,11	33,1	1,36	1,70	4,46
Média		4,39	6,60	0,64	0,28	0,04	0,30	2,94	0,96	3,90	1,26	24,38	23,42	1,32	1,64	4,43
1	20-40 cm	4,09	6,49	0,13	0,12	0,02	0,46	3,30	0,28	3,58	0,74	7,80	62,4	0,88	1,00	3,44
2		4,12	6,51	0,20	0,15	0,01	0,42	3,23	0,36	3,59	0,77	9,99	53,7	0,96	1,00	3,22
3		4,22	6,57	0,23	0,20	0,02	0,27	3,03	0,45	3,48	0,72	12,88	37,5	0,90	1,03	3,24
Média		4,14	6,52	0,19	0,16	0,02	0,38	3,19	0,36	3,55	0,74	10,22	51,19	0,91	1,01	3,30

Em junho de 2004, cada parcela foi amostrada nas mesmas camadas, em uma amostra obtida pela composição de 8 a 10 amostras simples por parcela, retiradas ao acaso, e separadas por uma bordadura de 0,5 m nas quatro direções, no intuito de verificar alterações químicas no solo, causadas pelo calcário e gesso + sulfato de magnésio, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Nas amostras foram determinados o pH H₂O, pH CaCl₂ e o pH SMP, os teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo em Mehlich-1, fósforo em Mehlich-3, fósforo resina, alumínio, H⁺+Al⁺⁺⁺ (em acetato de cálcio por titulometria e pela relação com o pH SMP) e matéria orgânica, de acordo com Embrapa (1997).

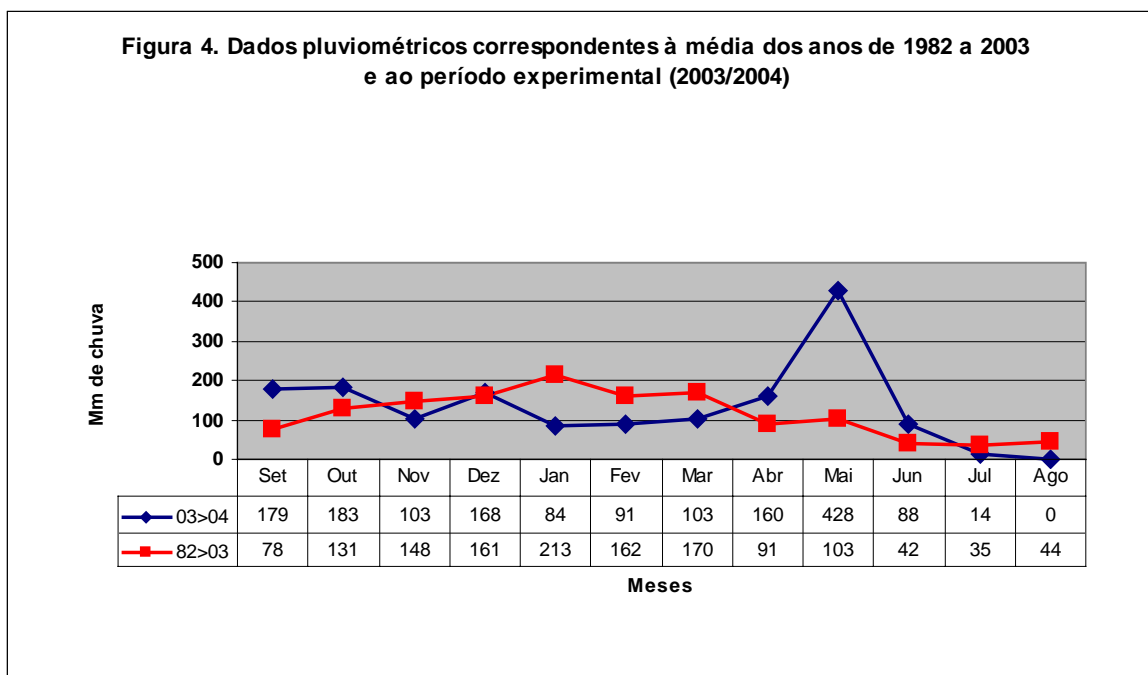
Os dados obtidos foram analisados por análise de variância, segundo delineamento de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com os tratamentos das doses de calcário e gesso + sulfato de magnésio distribuídos nas parcelas principais, e os cortes e profundidades nas subparcelas, de acordo com o proposto por Pimentel Gomes e Garcia (2002). A análise de regressão foi efetuada de acordo com os mesmos autores, para se ajustar equações de relação entre doses de calagem e produção forrageira. As médias dos efeitos principais foram testadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições climáticas

A média dos dados pluviométricos entre os anos de 1982 e 2003 em relação aos dados do período experimental (Figura 4), mostram que na época da aplicação dos insumos (set/nov) houve maior quantidade de chuvas que a média dos últimos 22 anos, porém em todos os outros meses do ano experimental a pluviosidade foi inferior, exceto em maio que ocorreu um pico atípico de 428 mm de chuva.

A precipitação média do período da emergência da forrageira ao 1º corte foi de 343 mm, entre o 1º e 2º corte, 263 mm e entre o 2º e 3º corte, 530 mm.



Fonte: Fazenda Cachoeira Preta

4.2 Produção de massa seca da forrageira em função da calagem

4.2.1 Produção média das três amostragens

Na TABELA 6 e na figura 5 está apresentada a média das três amostragens, realizadas em fevereiro (verão), abril (outono) e agosto (inverno).

Não foram observadas diferenças significativas das doses de calcário no 1º e 2º corte, apenas no 3º corte, provavelmente, pelo efeito residual da calagem, e pelo fato da forrageira encontrar-se em completo estabelecimento nessa fase. A classe de solo estudada apresenta baixos teores de alumínio ($0,30 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$) e de cálcio trocável ($0,64 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$), sendo a neutralização do Al^{++} facilmente realizada com a aplicação de 600 a 800 kg/ha de CaCO_3 , segundo as recomendações sugeridas por Sousa et al. (2001).

As adubações nitrogenadas realizadas em cobertura nas parcelas, causaram significativa redução do pH, conforme comparações entre as TABELAS 5 e 14. A cada 10 kg de N aplicados no solo na forma de sulfato de amônio são necessários 54 kg de CaCO_3 para neutralizar a acidez causada por esse fertilizante, ou 18 kg de CaCO_3 no caso da uréia (ANDA, 1971). Assim, seriam necessários 1188 kg de calcário com PRNT = 100% para neutralizar os 340 kg de N aplicados com as duas fontes nas adubações das parcelas durante o período experimental. Esse fato sugere que para solos arenosos, em sistemas intensivos de produção, com aplicações freqüentes de fertilizantes nitrogenados em cobertura, poderia ser necessário calagem para manutenção da acidez em níveis satisfatórios com doses de 1000 a 1500 kg/ha de calcário a cada 2 anos de utilização da forrageira.

A somatória da produção média de massa seca total de forragem nos 3 cortes foi de 19,49 t/ha, comparando-se com a produção média anual do capim-massai, em Latossolo Vermelho distrófico, sob pastejo rotacionado com 7 dias de utilização e 35 dias de descanso, ao redor de 25 t/ha de massa seca (EMBRAPA, 2001).

O capim-massai, apresentou baixa resposta à calagem e alta tolerância à acidez e alumínio, o que está de acordo com Almeida et al. (2000), em avaliação de tolerância ao alumínio com trinta genótipos de *P. maximum*, em que o T21, agora registrado como capim-massai, estava localizado no topo do grupo de tolerância intermediária.

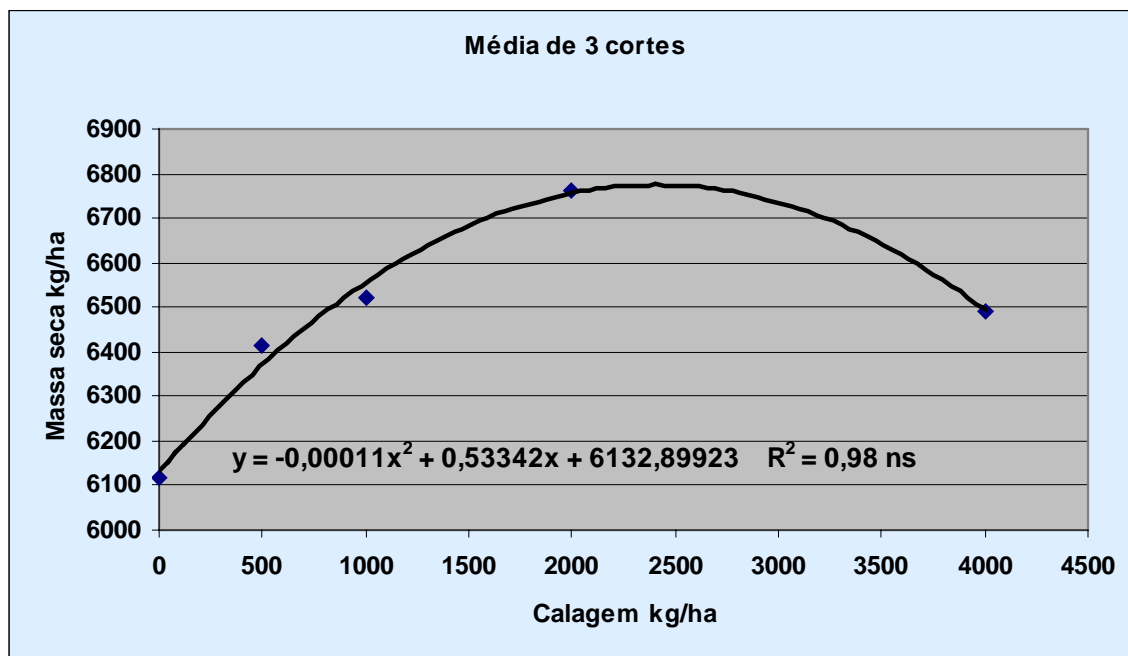
Também foram feitas observações de persistência sob pastejo e desempenho animal em um Latossolo Vermelho, distrófico e argiloso, com altos teores de Al e baixos teores de P, mostrando que o capim-massai, quando comparado aos cultivares de *P. maximum* Tanzânia e Mombaça, apresentou excelente desempenho, mostrando-se promissor para sistemas de produção implantados em situações semelhantes (EUCLIDES et al., 2000).

TABELA 6. Resultados de massa seca de lâmina foliar (MSLF), massa seca de pseudocolmo (MSPC), massa seca do material morto (MSMM), massa seca da porção verde (MSPV), massa seca total (MST) e relação folha/pseudocolmo (Rel F/PC) da média dos 3 cortes em função dos tratamentos de doses de calcário

Trat	MSLF	MSPC	MSMM	MSPV	MST	Rel F/PC
kg/ha						
0	3606	2334	178	5940	6119	13,04
500	3844	2289	279	6133	6413	21,49
1000	3851	2421	249	6273	6522	14,24
2000	3905	2563	295	6469	6764	14,90
4000	3698	2551	243	6250	6493	7,26
Média	3781	2432	249	6213	6462	14
C.V.(%)	12	16	31	13	13	1
Teste F						
F.V.	Níveis de significância					
Doses	ns	ns	**	ns	ns	**
Corte	**	**	**	**	**	**
D vs C	ns	ns	**	ns	ns	**
Ef. Lin.	ns	ns	ns	ns	ns	**
Ef. Quad.	ns	ns	*	ns	ns	**

* = 5%; ** = 1% de significância.

Figura 5. Resultados de massa seca total da média dos 3 cortes em função dos tratamentos de doses de calcário



Observou-se pela análise global que os cortes foram altamente significativos, razão pela qual procedeu-se à análise de cada corte, separadamente.

4.2.2 Primeira amostragem

Os resultados referentes ao 1º corte de avaliação da produção de massa seca do capim-massai em 25/02/2004, em função das doses de calcário, encontram-se na TABELA 7 e na Figura 6.

Não houve diferença estatística significativa da calagem na produção de massa seca de lâmina foliar (MSLF), de massa seca de pseudocolmos (MSPC), de massa seca da porção verde (MSPV (folha+pseudocolmos)) e de massa seca total (MST). Possivelmente o período de 119 dias desde a aplicação do corretivo até a primeira amostragem pode não ter sido suficiente para a efetiva reatividade do calcário, além da pluviosidade ter sido inferior à média das últimas décadas em 238 mm (Figura 4). Esse fato é condizente com os de Luz et al. (2004), que citam que a máxima reação do calcário se dá entre o 3º e o 12º mês da aplicação.

Com relação à massa seca do material morto houve diferença significativa entre as doses de calcário ($P < 0,05$), apresentando efeito quadrático na resposta ($P < 0,01$), provavelmente pelo primeiro corte ter sido realizado tardiamente (78 após a emergência), com acúmulo expressivo de material senescente, com o máximo de resposta próximo a 2000 kg/ha.

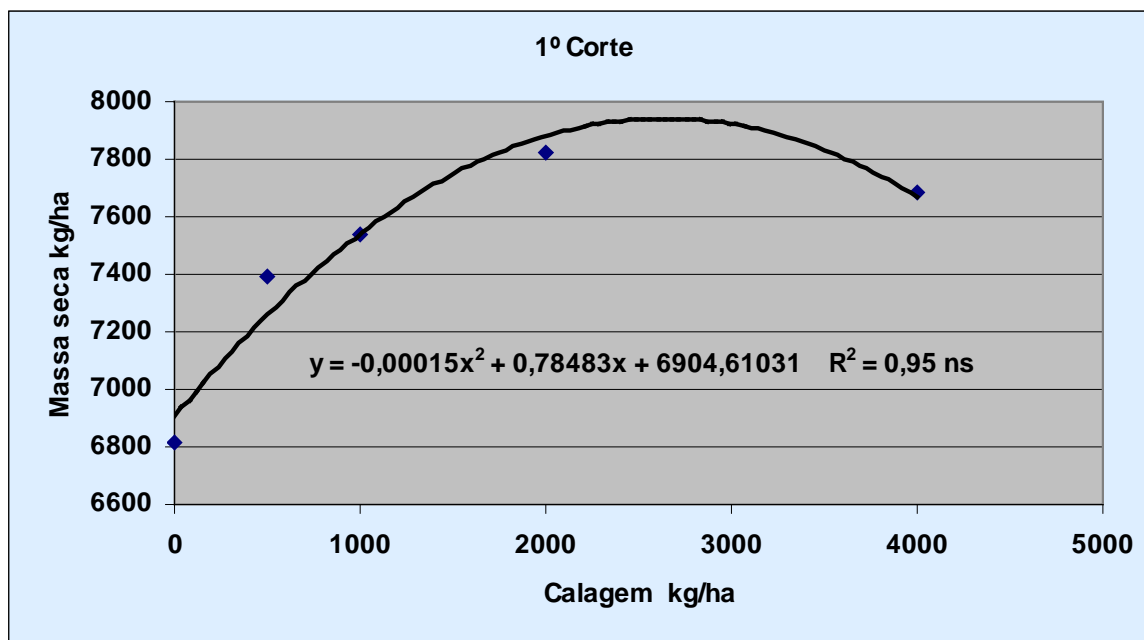
A relação folha/pseudocolmo (Rel F/PC) apresentou efeito quadrático ($P < 0,01$) para as doses de calcário, mostrando que após uma contínua redução nas doses 0 a 2000, apresentou uma elevação na dose 4000 kg/ha. Esse fato pode ser explicado devido ao incremento no alongamento do pseudocolmo, pela melhoria na fertilidade do solo e pela estação favorável do ano, para forrageiras tropicais.

TABELA 7. Resultados de massa seca de lâmina foliar (MSLF), massa seca de pseudocolmo (MSPC), massa seca do material morto (MSMM), massa seca da porção verde (MSPV), massa seca total (MST) e relação folha/pseudocolmo (Rel F/PC) do 1º corte em função dos tratamentos de doses de calcário

TRAT	MSLF	MSPC	MSMM	MSPV	MST	Rel F/PC
kg/ha						
0	4826	1634	356	6460	6817	2,96
500	5089	1831	474	6920	7395	2,80
1000	5094	1927	516	7021	7536	2,66
2000	5045	2086	693	7132	7824	2,44
4000	5274	1889	518	7164	7681	2,82
Média	5065	1874	511	6940	7451	2,74
C.V.(%)	8	14	25	9	10	9
Teste F						
F.V.	Níveis de significância					
Doses	ns	ns	*	ns	ns	ns
Ef. Lin.	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ef. Quad.	ns	ns	**	ns	ns	**

* = 5%; ** = 1% de significância.

Figura 6. Resultados de massa seca total do 1º corte em função dos tratamentos de doses de calcário



4.2.3 Segunda amostragem

O 2º corte realizado em 28/04/2004, com 60 dias de rebrotação, não apresentou diferenças significativas para nenhuma das variáveis de massa vegetal estudada (TABELA 8 e Figura 7) exceto para relação folha/pseudocolmo (Rel F/PC), que apresentou resposta quadrática ($P < 0,01$) para as doses de calcário. De modo geral, a produção de pseudocolmos foi superior à de folhas, característica essa das forrageiras tropicais em resposta ao melhoramento das condições de fertilidade do solo (PEDRO JUNIOR et al., 2003).

Ferrari Neto et al. (1994), estudando as limitações nutricionais do capim-colonião, indicaram que a omissão de Ca e Mg, bem como a adição de calcário para elevar a saturação por bases a 60%, não conduziram a resposta na produção de massa seca.

A precipitação pluviométrica foi inferior à média dos últimos 22 anos (Figura 4), porém a segunda amostragem proporcionou maior produção de massa seca em relação à primeira e terceira amostragens.

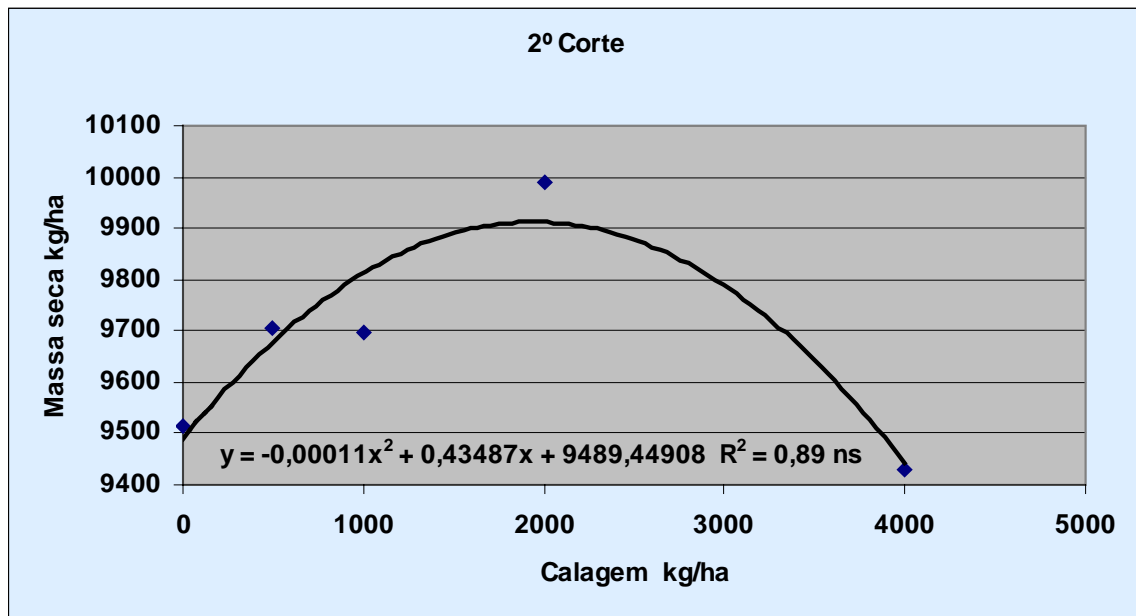
Não houve produção de massa seca de material morto, possivelmente pela amostragem ter sido realizada aos 60 dias de rebrotação da forrageira, em período de expressivo crescimento das plantas e alta pluviosidade, evitando a formação de material senescente.

TABELA 8. Resultados de massa seca de lâmina foliar (MSLF), massa seca de pseudocolmo (MSPC), massa seca do material morto (MSMM), massa seca da porção verde (MSPV), massa seca total (MST) e relação folha/pseudocolmo (Rel F/PC) do 2º corte em função dos tratamentos de doses de calcário

TRAT	MSLF	MSPC	MSMM	MSPV	MST	Rel F/PC
kg/ha						
0	4198	5318	-	9516	9516	0,79
500	4696	5008	-	9704	9704	0,94
1000	4409	5287	-	9696	9696	0,83
2000	4439	5549	-	9988	9988	0,80
4000	3776	5653	-	9429	9429	0,67
Média	4303	5363	-	9667	9667	0,80
C.V.(%)	13	11	-	12	12	2
Teste F						
F.V.	Níveis de significância					
Doses	ns	ns	-	ns	ns	**
Ef. Lin.	ns	ns	-	ns	ns	**
Ef. Quad.	ns	ns	-	ns	ns	**

** = 1% de significância.

Figura 7. Resultados de massa seca total do 2º corte em função dos tratamentos de doses de calcário



4.2.4 Terceira amostragem

Com exceção da produção de massa seca total (MST), todas as demais variáveis de massa vegetal foram significativas para a resposta às doses de calcário no terceiro corte realizado em 03/08/2004, com 94 dias de rebrotação (TABELA 9 e Figura 8).

Embora, tenha ocorrido grande quantidade de chuvas no mês de maio (Figura 4), o 3º corte apresentou as menores produções de massa seca em relação ao 1º e 2º, devido a época desfavorável ao crescimento da forrageira (maio/agosto), na qual o fotoperíodo é reduzido e a temperatura noturna é inferior à 15º C, o que limita o crescimento das forrageiras tropicais (PEDRO JUNIOR et al., 2003).

As maiores produções de massa seca de lâmina foliar (MSLF), massa seca da porção verde (MSPV) e massa seca total (MST) ficaram próximas da dose 2000 kg/ha de calcário.

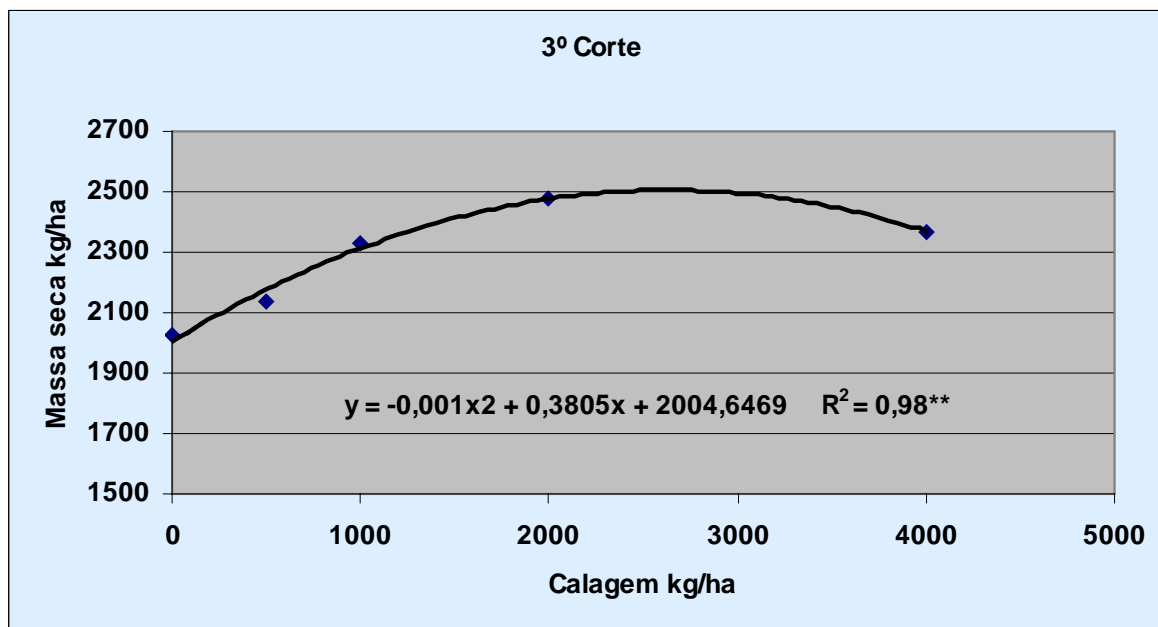
A quantidade de massa seca de pseudocolmo (MSPC) referente à dose 4000 kg/ha foi superior em relação aos demais tratamentos. A produção de massa seca do material morto (MSMM) e a relação folha/pseudocolmo (Rel F/PC) foi maior para o tratamento de 500 kg/ha, sendo essa relação muito mais expressiva em todas as doses do 3º corte do que no 1º e 2º corte, provavelmente pela reduzida taxa de crescimento da forrageira e conseqüente redução na formação de pseudocolmos.

TABELA 9. Resultados de massa seca de lâmina foliar (MSF), massa seca de pseudocolmo (MSPC), massa seca do material morto (MSMM), massa seca da porção verde (MSPV), massa seca total (MST) e relação folha/pseudocolmo (Rel F/PC) do 3º corte em função dos tratamentos de doses de calcário

TRAT	MSLF	MSPC	MSMM	MSPV	MST	Rel F/PC
kg/ha						
0	1794	51	177	1845	2022	35,36
500	1747	29	363	1775	2139	60,73
1000	2050	52	230	2102	2332	39,22
2000	2232	54	193	2286	2479	41,47
4000	2045	112	212	2157	2369	18,29
Média	1974	59	235	2033	2268	39,01
C.V.(%)	9	12	10	9	9	0
Teste F						
F.V.	Níveis de significância					
Doses	*	**	**	*	ns	**
Ef. Lin.	*	**	**	**	*	**
Ef. Quad.	*	**	ns	*	*	**

* = 5%; ** = 1% de significância.

Figura 8. Resultados de massa seca total do 3º corte em função dos tratamentos de doses de calcário



A maior produção de massa seca total da forrageira concentrou-se no período das águas com 88% do total, independente do regime de chuvas atípico que ocorreu no período experimental, principalmente em relação à precipitação pluviométrica dos últimos 22 anos. Esta observação está de acordo com Luz et al. (2000), que avaliando o capim-tobiatã obteve 92,7% da produção total nos cortes de verão, indicando alta estacionalidade, assim como produções obtidas por Cecato et al. (1996) e Pedreira (1973), apud Luz et al. (2000) que avaliaram o crescimento estacional do capim-colonião.

A produção de matéria seca total (MST) do 3º corte (período seco), em relação às doses de calcário, apesar dos menores valores absolutos que os dois cortes anteriores, foi a que apresentou significância estatística ($P < 0,05$), com efeito quadrático (Figura 8). Esse fato pode ser explicado pelo efeito residual da calagem e por se tratar do período em que a pastagem encontrava-se em completo estabelecimento, onde foi observado que a dose próxima de 2000 kg/ha de calcário foi suficiente para atingir a produção máxima, durante o período de avaliação de 10 meses, porém há necessidade de mais 2 a 3 anos de

experimentação para um melhor entendimento do efeito do calcário na disponibilidade de forragem.

4.3 Produção forrageira em função da gessagem ou calagem

Os tratamentos de calagem e gessagem foram analisados pela aplicação de doses de 0, 500 e 1000 kg/ha de cada insumo. Foram efetuados contrastes ortogonais planejados para a comparação das variáveis estudadas, pelo desdobramento dos 4 graus de liberdade do efeito de tratamento, nas seguintes comparações, ao nível de 5 % de probabilidade:

- 1) Test (dose 0) versus 500G, 500C, 1000G e 1000C;
- 2) Doses de gesso versus doses de calcário;
- 3) Dose 500 de gesso versus dose 1000 de gesso;
- 4) Dose 500 de calcário versus dose 1000 de calcário.

4.3.1 Produção média das três amostragens

A TABELA 10 apresenta valores da produção de massa de forragem em relação aos tratamentos com gesso e calcário em doses equivalentes de 500 e 1000 kg/ha. Esta avaliação teve como objetivo comparar a resposta da forrageira sem a influência direta da correção do pH com uso de gesso, e com a alteração do pH pelo calcário, com os dois insumos em equilíbrio quanto aos teores de Ca e Mg, onde o gesso foi equilibrado em Mg pela adição de sulfato de magnésio.

Os resultados apresentados na TABELA 10 mostram que não houve diferença estatística significativa na produção de massa seca da forrageira em nenhum dos tratamentos e contrastes analisados, na média dos 3 cortes, em função dos tratamentos de doses de calcário e gesso, exceto para produção de massa seca do material morto e relação folha/pseudocolmo. Os tratamentos com calcário apresentaram resultados superiores no acúmulo de material morto. Já a maior proporção de folhas foi observada no tratamento 1000G, possivelmente pela maior área de exploração do sistema radicular em função da atuação do gesso em profundidade, entretanto a dose 1000C proporcionou maior crescimento

de pseudocolmos, o que caracteriza a resposta das forrageiras tropicais em condições favoráveis de fertilidade do solo.

TABELA 10. Resultados de massa seca de lâmina foliar (MSLF), massa seca de pseudocolmo (MSPC), massa seca do material morto (MSMM), massa seca da porção verde (MSPV), massa seca total (MST) e relação folha/pseudocolmo (Rel F/PC) da média dos 3 cortes em função dos tratamentos de doses de calcário (C) e gesso (G)

TRAT	MSLF	MSPC	MSMM	MSPV	MST	RelF/PC
kg/ha						
0	3606	2334	178	5941	6119	13,04
500G	3535	2237	148	5772	5919	12,24
1000G	3872	2298	181	6169	6351	24,48
500C	3844	2289	279	6133	6413	21,49
1000C	3851	2422	249	6273	6522	14,24
Média	3742	2316	207	6058	6265	17,10
C.V.(%)	11	20	22	10	10	1
Teste F						
F.V.	Níveis de significância					
Tratamentos	ns	ns	**	ns	ns	**
Contrastes (1)						
Test vs G e C	ns	ns	ns	ns	ns	**
G vs C	ns	ns	**	ns	ns	**
500G vs 1000G	ns	ns	ns	ns	ns	**
500C vs 1000C	ns	ns	ns	ns	ns	**

** = 1% de significância, (1) contrastes ortogonais entre os tratamentos.

4.3.2 Primeira amostragem

Na TABELA 11 são apresentados os resultados da produção do capim-massai no 1º corte, em função da calagem e gessagem, onde os valores de massa seca de lâmina foliar (MSLF), massa seca da porção verde (MSPV) e massa seca total (MST) não foram significativos, provavelmente pela baixa reatividade dos insumos, por se tratar da 1ª amostragem. As produções de massa seca de pseudocolmo (MSPC) e de material morto (MSMM) foram significativas

no contraste G vs C ($P < 0,01$), em que os tratamentos de calcário foram superiores aos de gesso.

A dose de 1000 kg/ha de gesso (1000G) apresentou maior relação folha/pseudocolmo (Rel F/PC) em relação aos demais tratamentos, possivelmente pela maior solubilidade do gesso em relação ao calcário, o que lhe confere reatividade mais rápida e atuação em profundidade no solo, refletindo na produção de folhas.

TABELA 11. Resultados de massa seca de lâmina foliar (MSLF), massa seca de pseudocolmo (MSPC), massa seca do material morto (MSMM), massa seca da porção verde (MSPV), massa seca total (MST) e relação folha/pseudocolmo (Rel F/PC) do 1º corte em função dos tratamentos de doses de calcário (C) e gesso (G)

TRAT	MSLF	MSPC	MSMM	MSPV	MST	RelF/PC
kg/ha						
0	4826	1634	356	6460	6817	2,95
500G	4443	1559	348	6002	6351	2,85
1000G	5227	1592	279	6818	7098	3,29
500C	5089	1831	475	6921	7395	2,80
1000C	5094	1927	516	7021	7537	2,66
Média	4936	1709	395	6645	7040	2,91
C.V.(%)	11	13	20	12	12	5
Teste F						
F.V.	Níveis de significância					
Tratamentos	ns	ns	**	ns	ns	**
Contrastes (1)						
Test vs G e C	ns	ns	ns	ns	ns	ns
G vs C	ns	**	**	ns	ns	**
500G vs 1000G	ns	ns	ns	ns	ns	**
500C vs 1000C	ns	ns	ns	ns	ns	ns

** = 1% de significância, (1) contrastes ortogonais entre os tratamentos.

4.3.3 Segunda amostragem

Os resultados da 2ª amostragem não foram significativos, apesar de ser o corte mais produtivo (TABELA 12).

TABELA 12. Resultados de massa seca de lâmina foliar (MSLF), massa seca de pseudocolmo (MSPC), massa seca do material morto (MSMM), massa seca da porção verde (MSPV), massa seca total (MST) e relação folha/pseudocolmo (Rel F/PC) do 2º corte, em função dos tratamentos de doses de calcário (C) e gesso (G)

TRAT	MSLF	MSPC	MSMM	MSPV	MST	RelF/PC
kg/ha						
0	4197	5318	-	9516	9516	0,78
500G	4288	5094	-	9382	9382	0,89
1000G	4537	5275	-	9812	9812	0,89
500C	4696	5008	-	9704	9704	0,94
1000C	4409	5287	-	9696	9696	0,83
Média	4426	5196	-	9622	9622	0,87
C.V.(%)	11	15	-	7	7	24
Teste F						
F.V.	Níveis de significância					
Tratamentos	ns	ns	-	ns	ns	ns
Contrastes (1)						
Test vs G e C	ns	ns	-	ns	ns	ns
G vs C	ns	ns	-	ns	ns	ns
500G vs 1000G	ns	ns	-	ns	ns	ns
500C vs 1000C	ns	ns	-	ns	ns	ns

(1) contrastes ortogonais entre os tratamentos.

4.3.4 Terceira amostragem

O 3º corte foi o menos produtivo, não apresentando diferenças estatísticas entre MSLF, MSPV e MST (TABELA 13).

Na produção de pseudocolmos houve significância entre os tratamentos ($<0,01$), onde a dose de 500 kg/ha de gesso foi superior as demais, seguida da dose de 1000 kg/ha de calcário.

A testemunha superou os tratamentos de gesso (1000G) e calcário (500C) ($P<0,05$) em valores de massa seca do pseudocolmo (MSPC). Entre as doses dos insumos, 500G obteve maior produção que 1000G ($P<0,01$), e 1000C superou 500C ($P<0,01$).

Com relação à massa seca do material morto (MSMM), todos os efeitos tiveram diferenças significativas ($<0,01$), com maior acúmulo para o tratamento com 500 kg/ha de calcário.

A relação folha/pseudocolmo (ReIF/PC) foi bastante expressiva, considerando os dois primeiros cortes, e diferentes estatisticamente ($P<0,01$). Na dose 1000G observou-se maior proporção de folhas, possivelmente por ter proporcionado maior atuação de absorção do sistema radicular em profundidade, considerando a estação seca do ano.

TABELA 13. Resultados de massa seca de lâmina foliar, massa seca de pseudocolmo, massa seca do material morto, massa seca da porção verde, massa seca total e relação folha/pseudocolmo do 3º corte em função dos tratamentos de doses de calcário (C) e gesso (G)

TRAT	MSLF	MSPC	MSMM	MSPV	MST	ReIF/PC
kg/ha						
0	1794	51	177	1845	2022	35,37
500G	1873	57	94	1930	2024	32,97
1000G	1851	27	264	1877	2142	69,25
500C	1747	29	363	1775	2139	60,73
1000C	2050	52	230	2102	2332	39,22
Média	1863	43	226	1906	2132	47,51
C.V.(%)	15	16	15	15	14	0
Teste F						
F.V.	Níveis de significância					
Tratamentos	ns	**	**	ns	ns	**
Contrastes(1)						
Test vs G e C	ns	*	**	ns	ns	**
G vs C	ns	ns	**	ns	ns	**
500Gvs1000G	ns	**	**	ns	ns	**
500Cvs1000C	ns	**	**	ns	ns	**

* = 5%; ** = 1% de significância, (1) contrastes ortogonais entre os tratamentos.

4.4 Alterações químicas do solo de 0-20 e 20-40 cm de profundidade

A amostragem do solo foi realizada 10 meses após a aplicação da calagem. A análise de 0-20 cm em relação às doses de calcário é descrita na TABELA 14.

O pH do solo respondeu de forma crescente ao aumento das doses de calcário, sendo o pH em CaCl_2 em média 0,87 mais baixo que o pH em água, valor este de acordo com Maeda et al. (1997), que atribuiu essa diferença entre 0,6 e 0,8. Entretanto, todos os tratamentos apresentaram pH em H_2O e CaCl_2 baixos em relação aos níveis pré-calagem, provavelmente pela adição das adubações nitrogenadas de manutenção.

Os teores de Ca e Mg, também aumentaram com a elevação da quantidade de calcário, porém ficaram abaixo do nível adequado (0,80 e 0,49 cmol/dm^3 para Ca e Mg, respectivamente, na dose 4000 kg/ha), sendo que Sousa e Lobato (2004) consideram como suficientes para a camada de 0-20 cm, 1,5 e 0,5 cmol/dm^3 para Ca e Mg, respectivamente, em solos sob Cerrado.

Não houve significância para as diferenças nos valores de potássio no solo, que apresentou teores médios de 0,12 cmol/dm^3 , mesmo com a aplicação de 340 kg/ha de K_2O durante o período experimental. Tal fato possivelmente esteja ligado à baixa ciclagem de nutrientes, a alta extração de potássio em forrageiras sob corte e lixiviação em solos arenosos (SANCHEZ, 1976, apud MACEDO, 2002).

Os valores da acidez potencial (H+Al) e saturação de bases (V), propostos pelo critério de São Paulo (SP) de análise de solo, estiveram mais próximos dos valores obtidos pela titulação (TIT). O critério de Mato Grosso do Sul (MS), conforme Maeda et al. (1997), apresentou resultados superestimados para H+Al e subestimados para V. Este fato sugere que o método do MS precisa validar mais observações em solos arenosos, com o intuito de evitar recomendações desnecessárias de doses mais elevadas de calcário.

Os valores de saturação por bases foram crescentes com o aumento das doses de calcário, e atingiram valores recomendados para essa espécie forrageira entre os tratamentos com 2000 e 4000 kg/ha de calcário.

Os teores de alumínio apresentaram diferenças significativas ($P < 0,01$), e com exceção do tratamento testemunha, os valores de Al foram mais baixos e em ordem decrescente com o aumento das doses de calcário.

Carvalho et al. (2000), trabalhando com doses de calcário em capim-sapé, também observou que teor de Al trocável diminuiu ($P < 0,01$), enquanto o pH, o teor de Ca e Mg trocáveis, a soma de bases (SB) e a saturação por bases (V%) aumentaram ($P < 0,01$).

Não houve significância estatística nas diferenças dos valores de fósforo, que apresentaram teores adequados para o desenvolvimento da forrageira nessa classe de solo, de acordo com Vilela et al. (2004).

TABELA 14. Resultados de pH em água, pH CaCl₂, pH SMP, Ca, Mg, K, Al, H+Al MS, H+Al SP, H+Al titulado, soma de bases, saturação por alumínio, saturação por bases MS, SP e titulada, P Mehlich-1, P Mehlich-3, Presina, para amostras de solo na profundidade de 0-20 cm em função dos tratamentos de doses com calcário

Tratamento	pH _{H₂O}	pH _{CaCl₂}	pH _{SMP}	Ca	Mg	K	Al	H+Al ^{MS}	H+Al ^{SP}	H+Al ^{Tit}	SB	SatAL	V ^{MS}	V ^{SP}	V ^{Tit}	P M1	P M3	Pres	
kg/ha	cmol _c /dm ³							%			mg/dm ³								
0	4,83	4,05	6,40	0,14	0,11	0,13	0,60	3,61	2,76	2,77	0,39	61,45	9,50	12,02	12,10	13,10	22,80	8,85	
500	4,99	4,15	6,57	0,17	0,14	0,11	0,46	3,01	2,30	2,81	0,43	51,85	12,62	15,85	13,40	10,00	15,67	6,32	
1000	5,14	4,23	6,52	0,39	0,21	0,11	0,35	3,20	2,45	2,70	0,73	35,07	17,92	22,15	20,62	10,97	17,47	7,10	
2000	5,54	4,59	6,74	0,63	0,35	0,13	0,13	2,53	1,94	2,08	1,11	11,17	30,75	36,55	35,72	10,57	16,70	6,40	
4000	5,78	4,90	6,86	0,80	0,49	0,13	0,02	2,23	1,71	1,88	1,43	2,30	38,90	45,17	42,92	12,20	18,60	9,12	
Média	5,26	4,39	6,62	0,43	0,26	0,13	0,32	2,92	2,24	2,45	0,82	32,37	21,94	26,35	24,95	11,37	18,25	7,56	
C.V.(%)	3	4	2	37	25	17	25	11	11	13	28	33	23	21	28	24	23	24	
Teste F																			
F.V.	Níveis de significância																		
Doses	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	
Ef.Lin.	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	
Ef.Quad.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	

* = 5%; ** = 1% de significância.

A TABELA 15 mostra os resultados das doses de calcário nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

O pH em H₂O e o pH em CaCl₂ apresentaram diferenças significativas (P<0,01) para profundidade, para a interação tratamento e profundidade (T vs P), sendo o efeito linear (Ef. Lin.) altamente significativo para dose de calcário. O pH SMP não foi significativo para profundidade, mas foi para a interação T vs P e para o efeito linear de doses.

Os valores do pH em H₂O foram consistentemente mais baixos na profundidade de 20-40 em relação a 0-20 cm, tendo a dose de 2000 kg/ha de calcário corrigido a acidez até a camada mais profunda. O pH em CaCl₂ da testemunha e a dose de 500 kg/ha, para a profundidade de 0-20 cm, apresentou-se mais baixo do que de 20-40 cm.

Ocorreu uma redução nos teores de Ca e Mg na profundidade de 20-40 cm, evidenciando a atuação do calcário nas camadas mais superficiais, de acordo com a profundidade de incorporação. Na profundidade de 0-20 cm, somente as maiores doses de calcário proporcionaram valores de cálcio e magnésio superiores aos da análise de solo original, provavelmente pela atuação desses elementos em resposta à acidificação do solo em consequência das adubações nitrogenadas.

Houve significância estatística para o potássio, apenas para o efeito profundidade, sendo os valores reduzidos em 9 %, de 0-20 para 20-40 cm.

A acidez potencial (H+Al) apresentou valores mais elevados no tratamento testemunha, em ambas as profundidades, e teores mais baixos nos tratamentos 4000 e 1000 kg/ha de calcário, para as profundidades de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente.

Os valores de Al e saturação por alumínio foram todos significativos (P<0,01) (P<0,05 para o efeito quadrático), onde os teores de alumínio foram decrescentes da menor para a maior dose de calcário na profundidade de 0-20 cm, e o melhor efeito corretivo na profundidade de 20-40 cm foi observado na dose de 2000 kg/ha.

Os valores de saturação por bases (V) foram crescentes com o aumento das doses de calcário de 0-20 cm de profundidade, já de 20-40 cm as variações foram menores entre os tratamentos.

Houve diferença estatística ($P < 0,01$) para o fósforo (P) em profundidade, onde os maiores valores concentraram-se na camada de 0-20 cm, devido à sua baixa mobilidade no solo e ao método de incorporação da adubação de plantio, feita através de grade niveladora leve.

O efeito da calagem foi significativo nas alterações do pH, nos teores de Al, Ca e Mg, e na saturação por bases do solo, sendo as diferenças na produção de massa seca da forrageira de apenas 8 % entre o maior e o menor valor, na média dos 3 cortes, o que não foi estatisticamente significativo.

TABELA 15. Resultados de pH em água, pH CaCl_2 , pH SMP, Ca, Mg, K, H+Al MS, Al, saturação por alumínio, saturação de bases MS, P Mehlich-1, P Mehlich-3, P resina, para amostras de solo na profundidade de 0-20 e 20-40 cm em função dos tratamentos de doses com calcário

Trat	pHH ₂ O	pHCaCl ₂	pHSMP	Ca	Mg	K	H+Al ^{MS}	Al	SatAl	V ^{MS}	P M1	P M3	Pres
kg/ha	cmol _e /dm ³							%	mg/dm ³				
Prof. 0-20 cm													
0	4,83	4,05	6,40	0,14	0,11	0,13	3,61	0,60	61,45	9,50	13,10	22,80	8,85
500	4,99	4,15	6,57	0,17	0,14	0,11	3,01	0,46	51,85	12,62	10,00	15,67	6,32
1000	5,14	4,23	6,52	0,39	0,21	0,11	3,20	0,35	35,07	17,92	10,97	17,47	7,10
2000	5,54	4,59	6,74	0,63	0,35	0,13	2,53	0,13	11,17	30,75	10,57	16,70	6,40
4000	5,78	4,90	6,86	0,80	0,49	0,13	2,23	0,02	2,30	38,90	12,20	18,60	9,12
Prof. 20-40 cm													
0	4,78	4,19	6,53	0,11	0,13	0,04	3,14	0,53	64,82	8,35	4,07	7,07	3,92
500	4,75	4,17	6,55	0,13	0,15	0,03	3,08	0,55	64,02	9,17	2,42	5,50	3,27
1000	4,73	4,11	6,65	0,11	0,15	0,03	2,80	0,54	64,25	9,97	2,15	4,80	3,42
2000	4,90	4,19	6,56	0,12	0,17	0,03	3,04	0,47	58,87	9,85	2,57	5,72	2,00
4000	4,78	4,13	6,60	0,09	0,15	0,03	2,92	0,52	64,95	8,82	2,20	5,10	1,65
Média	5,02	4,27	6,60	0,27	0,21	0,08	2,96	0,42	47,88	15,59	7,03	11,94	5,21
C.V.(%)	2	2	1	33	18	16	9	14	11	19	25	22	26
Teste F													
F.V.	Níveis de significância												
Trat.	**	**	*	**	**	ns	*	**	**	**	ns	ns	*
Contr.(1)													
Prof.	**	**	ns	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**
T x P	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	ns	ns	*
Ef.Lin.	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	ns	ns	ns
Ef.Quad.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	*

* = 5%; ** = 1% de significância, (1) contrastes ortogonais entre os tratamentos.

Os resultados dos tratamentos de gesso e calcário nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm são apresentados na TABELA 16.

O pH em H₂O foi significativo entre os tratamentos ($P < 0,05$) e entre profundidades ($P < 0,01$). Observou-se maior acidez na camada de 20-40 cm. Já o pH em CaCl₂, apresentou diferença significativa entre as doses de calcário (500C vs 1000C) ($P < 0,05$), e na interação tratamento vs profundidade (T vs P) ($P < 0,01$), sendo os valores do pH na camada de 0-20 cm inferiores aos de 20-40 cm, exceto para a dose de 1000 kg/ha de calcário, indicando um melhor resultado para esse tratamento, e que o efeito da acidificação do solo em consequência das adubações nitrogenadas concentra-se na camada mais superficial do solo.

O cálcio (Ca) apresentou diferenças significativas nos tratamentos ($P < 0,05$), entre as profundidades ($P < 0,01$) e no contraste entre calcário e gesso, onde a camada de 0-20 cm apresentou maiores valores, e todas as doses de calcário foram superiores as de gesso no fornecimento de Ca, com superioridade da dose 1000 kg/ha. Já na profundidade de 20-40 cm, o tratamento 1000 kg/ha de gesso foi mais expressivo, provavelmente pela sua maior mobilidade até as camadas mais profundas do solo.

Não houve diferenças estatísticas significativas para magnésio (Mg) em profundidade, entre as doses de gesso (500G vs 1000G), gesso vs calcário (G vs C) e no contraste entre a testemunha e os tratamentos (Test. vs G e C). Porém houve diferença ($P < 0,01$) em relação aos tratamentos, que na profundidade de 0-20 cm a dose 1000 kg/ha de calcário mostrou-se superior às demais, indicando maior eficiência do carbonato de cálcio no fornecimento de Mg que o sulfato de magnésio adicionado ao gesso. Entretanto, na profundidade de 20-40 cm as doses 500 kg/ha de calcário e 1000 kg/ha de gesso apresentaram iguais valores.

Os resultados de acidez potencial (H+Al) e potássio (K) só apresentaram significância ($P < 0,01$) no efeito profundidade, com menores valores na profundidade de 20-40 cm. A maior concentração de K na camada de 0-20 cm, indicou efeito residual significativo em relação aos teores originais (0,12 e 0,04,

respectivamente), considerando a alta extração desse elemento em forrageira sob corte.

Com relação ao alumínio (Al), só não houve significância no componente profundidade. Os tratamentos indicaram maiores teores de Al na dose 500 kg/ha de gesso nas duas profundidades ($P < 0,01$). Na camada de 0-20 cm, todas as doses de calcário foram mais eficientes na redução do Al que as de gesso ($P < 0,01$), entretanto na profundidade de 20-40 cm a dose de 1000 kg/ha de gesso foi mais expressiva.

A saturação por alumínio foi significativa na interação tratamento e profundidade ($P < 0,01$), na qual os valores da camada de 20-40 cm foram mais elevados que de 0-20 cm, mostrando menor concentração de Al na camada mais superficial. Com relação aos insumos (G vs C), o calcário apresentou menores valores de saturação por AL que o gesso ($P < 0,01$), exceto na dose 1000G, na profundidade de 20-40 cm. Entretanto, entre as doses de cada insumo não houve diferenças estatísticas significativas.

Na saturação por bases (V), não houve significância entre as doses de gesso e calcário, e em relação à testemunha. Na profundidade de 0-20 cm os valores foram maiores que 20-40 cm para todos os tratamentos ($P < 0,01$). E com exceção da dose 1000 kg/ha de gesso, na camada de 20-40 cm, o calcário apresentou maiores níveis de V.

As doses de 1000 kg/ha de gesso e calcário apresentaram os melhores resultados, sendo que o calcário mostrou-se mais eficaz na correção da acidez.

Os resultados de fósforo (P) só apresentaram diferenças significativas em profundidade, em que os valores da camada de 0-20 cm foram superiores, devido à sua baixa mobilidade no solo.

TABELA 16. Resultados de pH em água, pH CaCl₂, pH SMP, Ca, Mg, K, acidez potencial (H+Al MS), Al, saturação por alumínio (SatAl), saturação por bases (V^{MS}), P Mehlich-1, P Mehlich-3, P resina, para amostras de solo na profundidade de 0-20 e 20-40 cm em função dos tratamentos de doses com calcário (C) e gesso (G)

Tratamento	pHH ₂ O	pHCaCl ₂	pHSMP	Ca	Mg	K	H+Al ^{MS}	Al	SatAl	V ^{MS}	PM1	PM3	Presina
kg/ha	cmol _c /dm ³						%	mg/dm ³					
Prof. 0-20 cm													
0	4,83	4,05	6,40	0,14	0,11	0,13	3,61	0,60	61,45	9,50	13,10	22,80	8,85
500C	4,99	4,15	6,57	0,17	0,14	0,11	3,01	0,46	51,85	12,62	10,00	15,67	6,32
500G	4,89	4,05	6,48	0,12	0,08	0,13	3,31	0,62	65,17	9,17	10,32	14,97	6,82
1000C	5,14	4,23	6,52	0,39	0,21	0,11	3,20	0,35	35,07	17,92	10,97	17,47	7,10
1000G	4,81	4,08	6,46	0,36	0,07	0,12	3,39	0,53	50,12	14,12	10,75	16,10	6,65
Prof. 20-40 cm													
0	4,78	4,19	6,53	0,11	0,13	0,04	3,14	0,53	64,82	8,35	4,07	7,07	3,92
500C	4,75	4,17	6,55	0,13	0,15	0,03	3,08	0,55	64,02	9,17	2,42	5,50	3,27
500G	4,68	4,07	6,50	0,12	0,09	0,04	3,25	0,59	69,62	7,40	2,67	5,87	1,87
1000C	4,73	4,11	6,65	0,11	0,15	0,03	2,80	0,54	64,25	9,97	2,15	4,80	3,42
1000G	4,78	4,16	6,58	0,19	0,15	0,04	3,00	0,47	55,95	11,27	2,60	5,47	2,00
Média	4,84	4,13	6,53	0,19	0,13	0,08	3,18	0,53	58,23	10,95	6,91	11,57	5,02
C.V.(%)	2	1	1	45	21	15	7	9	8	14	24	23	20
Teste F													
F.V.	Níveis de significância												
Tratamentos	*	ns	ns	*	**	ns	ns	**	*	*	ns	ns	ns
Profundidade	**	ns	**	**	ns	**	**	ns	**	**	**	**	**
T vs P	**	**	ns	*	**	ns	ns	**	**	**	ns	ns	ns
Contrastes(1)													
Test.vs GeC	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	*
G vs C	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	*	**	*	ns	ns	ns
500Gvs1000G	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
500Cvs1000C	**	*	ns	ns	**	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns

* = 5%; ** = 1% de significância, (1) contrastes ortogonais entre os tratamentos.

4.5 Avaliação de métodos de recomendação de calagem

Dentre os métodos mais utilizados para recomendação de calagem na região dos Cerrados para forrageiras tropicais, e considerando o Neossolo Quartzarênico estudado, com 12% de argila, na profundidade de 0-20 cm e baixa CTC ($3,90 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), os cálculos de necessidade de calagem (NC), conforme Sousa e Lobato (2004), para as diferentes fórmulas, seriam:

1) Método de correção do alumínio

$$\text{NC} = (2 \times \text{Al}) \times f$$

$$\text{NC} = (2 \times 0,30) \times 1,33 = \mathbf{800 \text{ kg/ha de calcário}}$$

2) Método de fornecimento de Ca e Mg

$$\text{NC} = 2 - (\text{Ca} + \text{Mg}) \times f$$

$$\text{NC} = 2 - (0,64 + 0,28) \times f = \mathbf{1400 \text{ kg/ha de calcário.}}$$

3) Método de elevação da saturação por bases

$$\text{NC} = \{ [(V_2 - V_1) / 100] \times T \} \times f$$

$$\text{NC} = \{ [(45 - 24) / 100] \times 3,9 \} \times 1,33 = \mathbf{1100 \text{ kg/ha de calcário.}}$$

Onde: $V_2 = 45\%$ (exigência do capim-massai);

$V_1 =$ saturação por bases atual (%);

$T =$ CTC do solo (pH = 7);

$f =$ fator de correção do calcário ($100/\text{PRNT} \rightarrow 100/75 = 1,33$);

$\text{NC} =$ necessidade de calcário (kg/ha).

De acordo com Sousa e Lobato (2004), os métodos de correção do Al, e de fornecimento de Ca e Mg, unidos pela fórmula: $\text{NC} = 2 \times \text{Al} + [2 - (\text{Ca} + \text{Mg})]$, a qual não é indicada exclusivamente para solos arenosos, podem elevar a saturação por bases dos solos para valores próximos de 49%. Com base nesse

critério, há tendência de se recomendar mais calcário que o necessário para solos arenosos com baixa CTC (menor que $4,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), e menos que o necessário para solos com alta CTC (maior que $12,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$).

Dos resultados obtidos pelos três critérios de recomendação de calagem, o método que considera a correção do Ca e Mg apresentou valores mais próximos daqueles obtidos no presente trabalho, portanto, parece ser mais coerente na indicação da dose de calcário, considerando o tipo de solo e a exigência da espécie forrageira.

A aplicação de doses de calcário inferiores à necessidade das plantas forrageiras pode causar redução na produção das pastagens, e conseqüentemente, na produção animal, e doses excessivas, além de interferirem negativamente na absorção de alguns nutrientes pelas plantas, geram prejuízos de ordem econômica.

5. CONCLUSÕES

O capim-massai mostrou ser viável como alternativa na produção de pastagens em solos arenosos, desde que sejam realizadas adubações de implantação e manutenção associadas à calagem.

O efeito das doses de calcário e gesso nas variações das propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico, principalmente quanto ao pH, saturação por bases, e teores de Al, Ca e Mg no solo é mais significativo do que o efeito na produção de massa seca forrageira do capim-massai no período de implantação, tido como aquele compreendido entre os meses de outubro a agosto.

A calagem do solo na implantação do capim-massai em um Neossolo Quartzarênico, só passa a ser significativa na produção de massa forrageira após um período de utilização de aproximadamente 180 dias, considerando as interações com as adubações de implantação e manutenção, principalmente a nitrogenada. Nesse caso, o efeito residual das doses de calcário é preponderante. Assim, doses de calcário entre 1000 e 1500 kg/ha são adequadas para a implantação do capim-massai em solos arenosos de Mato Grosso do Sul.

Comprovou-se que em Neossolo Quartzarênico de Mato Grosso do Sul o calcário é fundamental na neutralização da acidez, e esta reflete na produção de massa seca do capim-massai, enquanto o gesso é importante condicionador das camadas subsuperficiais, melhorando o ambiente do solo pela elevação dos teores de cálcio e redução do alumínio tóxico.

O método de recomendação de calagem baseado na correção dos teores de Ca e Mg ($NC = 2 - (Ca + Mg) \times f$) mostrou ser o mais eficiente e seguro para a implantação do capim-massai em solos arenosos com CTC inferior a 4 cmol/dm^3 , do que os métodos de elevação da saturação por bases e de correção do Al.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. de P.A. Possibilidade de intensificação do uso de pastagens através de rotação sem ou com uso mínimo de fertilizantes. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM. **Fundamentos do pastejo rotacionado**, 1997, Piracicaba. **Anais....** Piracicaba: FEALQ, 1997. p.85-138.

ALMEIDA, A.A.S.; MONTEIRO, F.A.; JANK, L. Avaliação de *Panicum maximum* para tolerância ao alumínio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 2000. v. 24, 2ed. p.339-344.

ALVAREZ, V.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. **Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais**: Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. no5. Viçosa, 1999. p.43-60.

ANDA – Associação nacional para difusão de adubos. Os fertilizantes. In: **Manual de adubação**. São Paulo, 1971. cap 3. p. 110-111.

ANUALPEC - ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA. FNP/BOVIPLAN, 10ed, 2003.

ANUALPEC - ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA. FNP/BOVIPLAN, 11ed, 2004.

ATLAS MULTIREFERENCIAL. Estado de Mato Grosso do Sul: Secretaria de planejamento e coordenação geral, 1990. p.24-26.

BRÂNCIO, P.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; EUCLIDES, V.P.B. et al. Valor nutritivo da forragem disponível e da dieta selecionada por bovinos em pastagens de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.222-223.

BURGI, R. Manejo de pastagens com altas lotações. In: **III Curso Boviplan** : Intensificação da Pecuária de Corte no Brasil. Piracicaba: Boviplan Consultoria Agropecuária, 2000. p.17-48.

CARVALHO, M.M.; XAVIER, D.F.; FREITAS, V. de P. et al. Correção da acidez do solo e controle do capim-sapé. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, 1ed., p.33-39, janeiro/fevereiro. 2000.

CORREIA, J.R.; REATTO, A.; SPERA, S.T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.29-61.

CORSI, M.; SANTOS, P.M. Potencial de produção do *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: O capim-colonião, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 275-303.

EMBRAPA-CNPGC. **Capim-massai**: Alternativa para diversificação de pastagens, Campo Grande, no 69. 2001.

EMBRAPA-CNPS. **Manual de métodos de análises de solos**, Rio de Janeiro, 2ed, 1997. 212p.

EUCLIDES, V.P.B.; EUCLIDES FILHO, K. Produção de carne em pastagens. In: PEIXOTO, A.M. et al. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Planejamento de sistemas de produção em pastagens, 18., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.321-350.

EUCLIDES, V.P.B. Manejo de pastagens para bovino de corte. In: **Curso de pastagens**: Palestras apresentadas. Campo Grande: Embrapa-CNPGC, 2002. Não paginado.

EUCLIDES, V.B.P.; MACEDO, M.C.M.; VALERIO, J.R. et al. Cultivar Massai (*Panicum maximum*) uma nova opção forrageira: Características de adaptação e produtividade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., v.1, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: 2000. 1 CD-ROM.

EVANGELISTA, A.R.; ROCHA, G. P. Forragicultura : **Curso de pós-graduação “Lato Sensu” (especialização) à distância**: Produção de ruminantes. Lavras: FAEPE, 2001. 142 p.

FERRARI NETO, J.; FAQUIN, V.; VALE, F. R. et al. Limitações nutricionais do colônio (*Panicum maximum* cv. Jacq.) e da braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf), em amostras de um latossolo do noroeste do Paraná. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 4., v.23,1994, São Paulo. **Anais...** Viçosa: 1994. p. 538-551.

GALRÃO, E.Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.185-226.

GHERI, E. de O.; CRUZ, M.C.P. da; FERREIRA, M.E. et al. Nível crítico de fósforo no solo para *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, no9, p.1809-1816, setembro. 2000.

HAAG, H.P. **Nutrição mineral de forrageiras no Brasil**. Campinas, 1984. 152 p.

JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: O capim-colônio, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p.21-58.

LUZ, P.H. de C.; HERLING, V.R.; BRAGA, G.J. et al. Uso da calagem na recuperação e manutenção da produtividade das pastagens. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Fertilidade do solo para pastagens produtivas. 21., 2004. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p.63–100.

LUZ, P.H. de C.; HERLING, V.R.; BRAGA, G.J. et al. Efeitos de tipos, doses e incorporação de calcário sobre características agronômicas e fisiológicas do capim tobiatã (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, 4ed., 2000, p.964-970, julho/agosto. 2000.

LUZ, P.H. de C.; HERLING, V.R.; PETERNELLI, M. et al. Calagem e adubação no manejo intensivo do pastejo. In: EVANGELISTA, A.R. et al. SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGEM, 2., 2001. **Anais...** Lavras: UFLA, 2001. p.27-110.

MACEDO, M.C.M. Adubação e calagem para pastagens cultivadas na região dos cerrados. In: **Curso de pastagens** - Palestras apresentadas. Campo Grande: Embrapa-CNPQC, 2002. Não paginado.

MACEDO, M.C.M. Análise comparativa de recomendação de adubação em pastagens. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Fertilidade do solo para pastagens produtivas, 21., Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p.317-355.

MACHADO, V.J. **Avaliação de diferentes doses de adubação nitrogenada em *Panicum maximum* cv. Mombaça com e sem irrigação.** Campo Grande: 2003. 42f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal, Campo Grande.

MAEDA, S.; KURIHARA, C.H.; HERNANI, L.C. et al. Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP, em solos do Mato Grosso do Sul. **Embrapa agropecuária do oeste**, Dourados, no3, 25p. 1997.

MALAVOLTA, E. Adubos e corretivos cálcicos magnesianos e seu uso. In: **Manual de química agrícola, adubos e adubação.** 3 ed. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. p. 204-271.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. de. et al. **Nutrição mineral e adubação das plantas cultivadas.** São Paulo: Pioneira, 1974. 752 p.

OLIVEIRA, P.P.A.; BOARETTO, A.E.; TRIVELIN, P.O. et al. Liming and fertilization to restore degraded *Brachiaria decumbens* pastures grown on an entisol. **Scientia Agricola**, v.60, no1, p.125-131. 2003.

PEDRO JUNIOR, M.; ALCÂNTARA, P.B.; ROCHA, G.L. et al. **Aptidão climática para plantas forrageiras no Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 2003, no139, 22p.

QUADROS, G. de Q.; RODRIGUES, L.R. de A.; FAVORETTO, V. et al. Componentes da produção de forragem em pastagens dos capins tanzânia e mombaça adubadas com quatro doses de NPK. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 31, no3, p.1333-1342, maio/junho. 2002.

SANCHEZ, P.A. **Properties and management of soils in the tropics**. New York: John Willey, 1976. 618p.

SILVA, J.R.F. da. **Exigências nutricionais de dois acessos de *Brachiaria brizantha* (B1 e B2) e duas cultivares de *Panicum maximum* (Massai e Tanzânia)**. Campo Grande: 2002. 46f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal, Campo Grande.

SOUSA, D.M.G. de; JÚNIOR, G.B.M.; VILELA, L. Manejo da adubação fosfatada em pastagens. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Fertilidade do solo para pastagens produtivas. 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p.101-138.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, São Pedro. **Anais...** São Pedro: POTAFÓS/ANDA, 2003. 1CD-ROM.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.81-96.

SOUSA, D.M.G. de; VILELA, L.; LOBATO, E. et al. **Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no cerrado**, Planaltina: Embrapa-Cerrados, 22p. 2001.

TOME JÚNIOR, J.B. Recomendações de calagem e adubação. In: **Manual para Interpretação de Análise de Solo**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1997. p.165-194.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres-Potafós, 1981. 343p.

VILELA, L.; SOARES, W.V.; SOUSA, D.M.G. de. et al. Calagem e adubação para pastagens. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.367-382.

VITTI, G.C.; LUZ, P.H. de C. Utilização agrônômica de corretivos agrícolas. Piracicaba, 2001. 76p.: il. (Esalq/FZEA-GAPE Apostila) No prelo.

VITTI, G.C. Uso eficiente do gesso agrícola. **Informativo Agropecuário Coopercitrus**, Bebedouro, no193, não paginado. 2003.

ZIMMER, A.H.; SILVA, M.P.; MAURO, R. Sustentabilidade e impactos ambientais da produção animal em pastagens. In: PEIXOTO, A.M. et al. **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Inovações tecnológicas no manejo da pastagem**. 18., Piracicaba, 2002. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2002. p.31-58.

ZIMMER, A.H.; VALLE, C.B. do; MACEDO, M.C.M. et al. Diversificação e estabelecimento de pastagens. In: **Curso de pastagens - Palestras apresentadas**. Campo Grande: Embrapa-CNPGC, 2002. Não paginado.

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H. et al. Forrageiras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, Campinas: Instituto Agrônômico, (IAC. Boletim Técnico, 100). p.263-273. 1996.

APÊNDICES

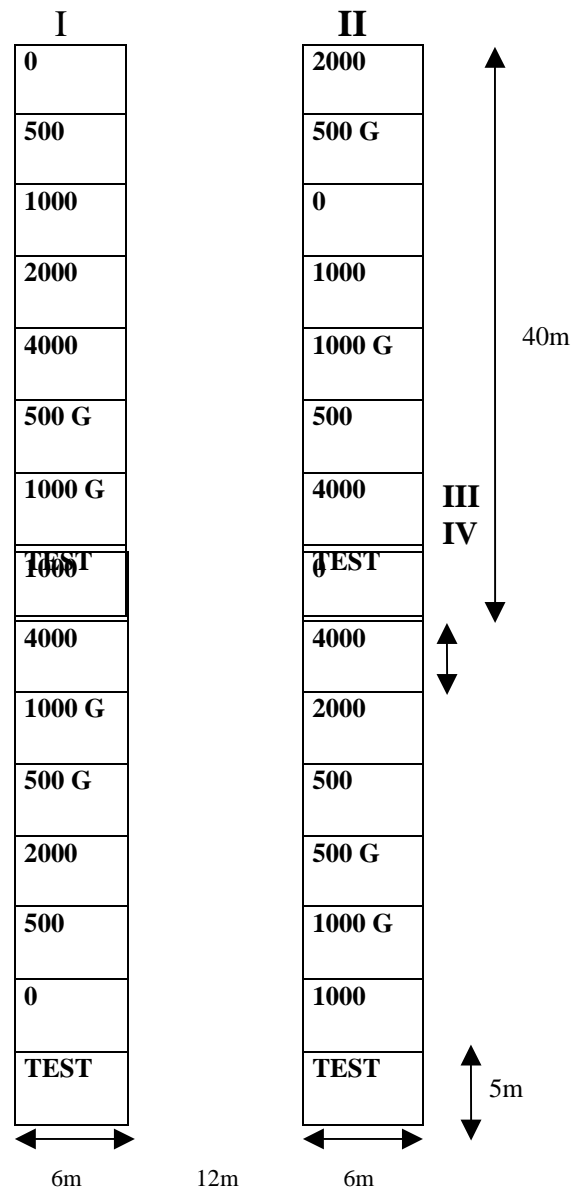


Figura 1A. Croqui da área experimental do capim-massai submetido a diferentes doses de calcário e gesso em solo arenoso.



Figura 2A. Área experimental com 78 dias de crescimento da forrageira após a emergência.



Figura 3A. Amostragem das parcelas para avaliação da produção forrageira.



Figura 4A. Corte de 1m² para análise de disponibilidade de massa seca.



Figura 5A. Uniformização das parcelas após a amostragem.