

# Calagem em pastagem de *Brachiaria decumbens* recuperada com adubação nitrogenada em cobertura

## Introdução

O rebanho bovino nacional, constituído por 165 milhões de animais, em 2004 (Anualpec, 2004), equivale a aproximadamente 121 milhões de unidades animais – UA (450 kg de peso vivo). Em 1996, ocupava 180 milhões de hectares de pastagens (FAO, 2004). Atualmente, a área usada pelo rebanho engloba em torno de 190 milhões de hectares, em decorrência da abertura de áreas na Amazônia, podendo-se estimar que a média de lotação nacional seja de 0,63 UA/ha. Todavia, o melhor manejo das pastagens, ainda realizado de forma extensiva, com o aumento da lotação para 1,2 a 2 UA/ha, permitiria reduzir a área de pastagens necessárias para 101 ou mesmo 61 milhões de hectares, liberando grande parte do excedente para atividades agrícolas. Isso poderia ser alcançado por meio do sistema denominado integração lavoura-pecuária (Kluthcouski et al., 2003), que utiliza plantio direto em pastagem dessecada. Também reduziria a pressão sobre a infra-estrutura ambiental estratégica, que são as florestas e outras áreas com vegetação nativa arbórea, essencial para a moderação climática regional, a conservação de água e a melhoria dos resultados da atividade agrícola, por meio, por exemplo, do aumento da eficiência dos insumos aplicados. Além disso, em regiões com preço elevado das terras, o sistema de manejo rotacionado dos animais sobre pastagens de gramíneas tropicais, que preconiza a reconstituição da fertilidade do solo e o manejo adequado da planta forrageira, permite manter lotação de 5 UA/ha ao longo do ano (Corrêa, 2000; Corrêa et al., 2001), quando a dieta é complementada no período seco com cana-de-açúcar e uréia ou silagem de capim ou silagem de gramíneas graníferas, o que reduziria ainda mais a necessidade de área de pastagens.

A exploração intensiva das pastagens com forrageiras tropicais sob pastejo rotacionado é uma tecnologia recente, que vem sendo adotada de

forma crescente, principalmente na região Sudeste. Visa tornar a pecuária de corte e de leite mais competitiva frente às demais alternativas de uso do solo e constitui ferramenta para a inclusão social de produtores familiares de leite com área mínima de estabelecimento rural (de até 1 ha).



Foto: Odo Primavesi

Capim-braquiária sem NK (frente) e com NK (fundo), ambos com 4 t/ha de calcário aplicados na superfície do solo.

# 37

# Circular Técnica

São Carlos, SP  
Dezembro, 2004

## Autores

### Odo Primavesi

Pesquisador, Dr. da Embrapa  
Pecuária Sudeste,  
Rod. Washington Luis, km  
234, 13560-970, São  
Carlos, SP.  
Endereço eletrônico:  
odo@cnpse.embrapa.br

### Ana Cândida Primavesi

Pesquisadora, Dra. da  
Embrapa Pecuária Sudeste.  
Endereço eletrônico:  
anacan@cnpse.embrapa.br

### Luciano de Almeida Corrêa

Pesquisador, Dr. da Embrapa  
Pecuária Sudeste  
Endereço eletrônico:  
luciano@cnpse.embrapa.br

### Maria José A. Armelin

Pesquisadora, Dra. do  
Instituto de Pesquisas  
Energéticas e Nucleares,  
C.P.11049, 05422-970,  
São Paulo, SP

### Alfredo Ribeiro de Freitas

Pesquisador, Dr. da Embrapa  
Pecuária Sudeste  
Endereço eletrônico:  
ribeiro@cnpse.embrapa.br

**Embrapa**

Com o uso de fertilizantes nitrogenados, aos quais as forrageiras tropicais respondem muito bem em produção (Corrêa et al., 1998a) e qualidade para os animais (Corrêa et al., 1998b), em altas doses há tendência de acidificação do solo, com potenciais reflexos negativos na produtividade da pastagem com o decorrer do tempo, mesmo com o uso de espécies tolerantes à acidez, como as braquiárias (Carvalho, 1992). As explicações são, entre outras, a redução na disponibilidade de nutrientes para as plantas, principalmente dos macronutrientes, e o efeito negativo na capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, pois, sob condições ácidas, praticamente não ocorre formação de cargas dependentes de pH (Lopes, 1984). Esse fato possibilita aumentar o potencial de lixiviação dos cátions, acarretando problemas principalmente em sistemas de produção que utilizam adubação mineral de maneira intensa (Primavesi & Primavesi, 1997), o que pode ser contornado com a calagem em doses adequadas (Carvalho et al., 1992; Primavesi et al., 1999).

A movimentação de Ca e Mg provenientes da calagem, enriquecendo o perfil do solo, é um fenômeno conhecido, mas sua intensidade é de difícil previsão, pois é controlada por vários fatores, entre eles: textura do solo, quantidade de água que se move através do perfil, e dose e granulometria do calcário. Essa movimentação geralmente é pequena (Werner et al., 1979), podendo ser ampliada com adubações nitrogenadas em cobertura, em especial nas camadas superficiais (Abruña, 1964; Carvalho et al., 1992). Na presença de doses mais elevadas de nitrogênio, o cálcio pode ser lixiviado para maiores profundidades, possivelmente na forma de par iônico do nitrato, podendo aumentar, em três anos, a concentração de cálcio trocável em dez vezes na profundidade de 1 m, em solo com 25% a 30% de argila (Primavesi & Primavesi, 1997). Além disso, no processo de mineralização de material orgânico na superfície do solo, pode ocorrer formação de moléculas orgânicas de pequeno peso molecular e haver complexação do cálcio, que assim pode ser lixiviado em profundidade (Ziglio et al., 1995; Pavan, 1997). Essas técnicas, da calagem em superfície junto com aplicação de fontes nitrogenadas, além do uso de gesso, quando bem conhecidas e aplicadas, devem ser adequadas para a incorporação de cálcio no perfil do solo, o que permitiria melhor distribuição radicular das gramíneas em

profundidade, com conseqüente aumento na resistência à seca (Luchiari Jr. et al., 1985). Primavesi & Primavesi (1997) verificaram que as características químicas da camada superficial das pastagens manejadas intensivamente assemelham-se às áreas de lavoura sob plantio direto (Muzilli, 1981; Sá, 1995), o que permite a troca de informações entre esses dois sistemas agrícolas.

Recentemente, verificou-se que a redução da saturação por bases e do pH parece não constituir um grande problema na produção de biomassa vegetal (Gomes et al., 1997; Prado, 1999), provavelmente porque, em ambiente onde ocorre grande retorno de material orgânico na superfície do solo, pode haver neutralização do alumínio trocável por complexação com moléculas orgânicas (Miyasawa et al., 1993; Peixoto et al., 1997). Poderiam ser aplicadas doses menores de calcário em superfície (Ben et al., 1997), quando o solo for previamente corrigido em profundidade (Poettker & Ben, 1998), como verificado em áreas de lavouras.

Essa possibilidade de economia na aplicação de calcário viria reduzir o possível efeito de adensamento do solo, que vem sendo observado na prática em oxissolos, talvez em conseqüência da dispersão de partículas do solo pelo cálcio e pelo magnésio trocáveis (Jucksch et al., 1986), com o conseqüente efeito de reacomodação dessas partículas dispersas e seu adensamento. Esse efeito provavelmente é devido à aceleração na mineralização da matéria orgânica agregadora de partículas ou devido às alterações conseqüentes na densidade de cargas das partículas sólidas. Talvez esse fenômeno seja de ocorrência mais difícil em solos ocupados por pastagens de gramíneas, cujas raízes apresentam elevado efeito agregante de partículas sólidas minerais. Pode ocorrer também em conseqüência de alterações eletroquímicas, em condições de baixo teor de matéria orgânica, com a adsorção específica de cálcio e magnésio, gerando aumento nas cargas positivas (Lumbanraja & Evangelou, 1991; Bolan et al., 1993; Mora et al., 1999; Oliveira et al., 1999), e com isso a possível aproximação mais firme das partículas sólidas.

Por outro lado, a redução na mineralização da matéria orgânica em função da possível diminuição na calagem, com menor geração de contra-íons nitrato (Sandanam et al., 1978; Anjos & Rowell, 1983; Silva et al., 1994) e menores perdas de nitrato e cátions em profundidade, resultaria em impacto ambiental muito positivo.

Trabalhos recentes realizados na Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, SP, em clima tropical de altitude com cinco meses chuvosos, procuraram esclarecer o efeito de doses de calcário aplicados em cobertura sobre a produção de matéria seca de pastagem de *Brachiaria decumbens*, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com 25% a 30% de argila, adubada intensamente com nitrogênio, e sobre diversas características do solo que pudessem sugerir o modo de manejo mais adequado, ao responder as seguintes perguntas mais freqüentes:

- 1) em quanto tempo acontece a correção do pH do solo quando a calagem é realizada na superfície do solo?
- 2) em quanto tempo ocorre efeito do calcário aplicado na superfície sobre a produção de forragem?
- 3) em quanto a incorporação do calcário é melhor do que a aplicação na superfície do solo sobre a produção de forragem?
- 4) pode-se aplicar doses elevadas de calcário na superfície do solo, sem prejudicar a produção de forragem?
- 5) quanto a concentração superficial de calcário pode elevar o pH do solo e provocar desequilíbrios no teor de micronutrientes na forragem?
- 6) quão elevadas quantidades de calcário na superfície reduzem o grau de flocculação do solo e sua permeabilidade superficial?
- 7) uso intenso de calcário não acelera a oxidação e diminuição no teor de matéria orgânica na superfície do solo? e
- 8) qual faixa de valor de saturação por bases limita a produção de forragem de capim-braquiária?

#### **Velocidade de correção de acidez na superfície do solo**

Na camada de 0 a 1 cm, o pH em  $\text{CaCl}_2$  (Tabela 1a, no Anexo) pode chegar a níveis mais elevados do que na área com incorporação do calcário, sendo possível atingir valores máximos próximos de 7,0, com saturação por bases de 97%. Na camada de 0 a 2,5 o valor máximo pode chegar próximo de 6,5 com 91% de saturação por bases (Tabela 3a, no Anexo).

A incorporação de 4 t/ha de calcário (Tabela 1a, no Anexo, t4i), corrigindo a acidez do solo até a camada de 20 cm e que pode não resultar em grande vantagem sobre a produção de forragem (Tabela 1), produz o mesmo efeito corretivo de 4 t/ha aplicadas na superfície do solo (t4), na camada de 0 a 2,5 cm, 29 dias após aplicação, e na camada de 2,5 a 5 cm no mesmo período com o dobro da dose (t8), dose essa que no período de dois anos pode chegar a valores similares na camada de 5 a 10 cm. Essa velocidade de reação parece ser suficiente para uma gramínea menos exigente em saturação por bases como o capim-braquiária produzir bem. O pH mínimo para produção de forragem parece estar próximo a 3,6 e a saturação por bases, em torno de 6%. Essas características do solo foram alcançadas em 48 meses de uso intensivo de adubos nitrogenados sem calagem (Tabelas 1a e 3a, no Anexo; t0), área em que ocorreu limitação de crescimento vegetal por deficiência aguda de cálcio e de magnésio.

Dados indicam que a calagem na dose inicial para elevar a saturação por bases em torno de 35% a 40% na camada de 0 a 20 cm, seguida de doses anuais suficientes para corrigir a acidez fisiológica do adubo nitrogenado aplicado (t2m), seria a mais adequada para produção de forragem de capim-braquiária no médio e no longo prazo, ao alcançar e manter valores de pH mais constantes e desejáveis nas camadas superficiais do solo.

#### **Dinâmica do pH em $\text{CaCl}_2$ , no solo**

Com a aplicação do calcário na superfície do solo, é possível melhorar o pH além da camada de 10 cm, em solo com 25% a 30% de argila, em médio prazo (Tabela 2a, no Anexo). A quantidade de calcário de 8 t/ha não leva o pH a ultrapassar o valor de 6,5 na camada de 0 a 2,5 cm, pois em torno desse pH o coeficiente de solubilização do calcário é muito baixo, ficando parte insolubilizada. Isso também explica porque 4 t/ha (t4) não provocaram alteração de pH de magnitude igual à do calcário incorporado (t4i), que melhora o pH na camada superficial de 0 a 20 cm, de modo uniforme. A pastagem com 4 t/ha de calcário sem adubo nitrogenado (t4sa) pode apresentar valor de pH levemente superior ao da adubada, justamente por não ocorrer efeito acidificador do adubo nitrogenado. Esta pastagem, com 4 t/ha de calcário sem adubo,

também pode apresentar efeito corretivo de pH em profundidade, talvez vinculado ao carreamento de calcário pelas frestas e canais de raízes mortas ou atividade biológica do solo não revolvido, ou pelo carreamento de cálcio e magnésio em profundidade por nitrato formado durante a mineralização da matéria orgânica ou da biomassa microbiana, com deslocamento de alumínio do complexo de troca catiônico.

Com a aplicação de doses maiores de nitrogênio, sem uso de calcário, pode ocorrer severa acidificação (Tabela 2a, no Anexo), com efeito até a camada de 60 a 80 cm. A dose de 8 t/ha de calcário pode manter as características iniciais do solo após três anos de uso de adubos nitrogenados, por exemplo, nas doses de 400 a 500 kg/ha/ano de N-sulfato de amônio. A dose de 4 t/ha de calcário pode apresentar resultado similar ao de 2 t/ha com aplicações adicionais de 1 t/ha/ano. O uso de doses anuais de calcário (t2m), parece ser o mais adequado, pois, relacionando com a produção de forragem (Tabela 1), nessa pastagem ocorre o perfil de pH até 200 cm com a menor alteração, o que sugere menores perdas de calcário em profundidade. A acidificação das camadas superficiais em sistemas de produção, com uso intenso de nitrogênio, indica ser aconselhável utilizar parcelas anuais de 1,5 ou 2 t/ha, de acordo com a quantidade de adubo nitrogenado utilizado e seu efeito acidificante, e a extração de nutrientes pela forragem (Tabela 3).

A curva de resposta de produção de forragem, de acordo com o pH em  $\text{CaCl}_2$  (Tabela 18a, no Anexo), sugere que para capim-braquiária o valor mais adequado para a camada de 0 a 2,5 cm seja de 4,5, e na camada de 2,5 a 5 cm, de 4,3.

#### **Dinâmica da saturação por bases, em %**

Com a aplicação de calcário na superfície do solo, a saturação por bases pode ser elevada para 70% ou mais na camada de 0 a 2,5 cm, podendo chegar a 91% com 8 t/ha de calcário. Na camada superficial de 0 a 1 cm, os valores podem atingir 96% quando a quantidade aplicada de calcário for superior a 4 t/ha.

Com o decorrer do tempo e aplicações consecutivas de adubo nitrogenado, deverá ocorrer redução mais ou menos acentuada, dependendo do poder acidificante do adubo nitrogenado sobre a saturação por bases das

camadas superficiais, até 40 cm, quando não houver aplicação adequada de corretivo para neutralizar esse efeito acidificante (Tabela 3a, no Anexo). Os elementos que afetam diretamente a dinâmica da saturação por bases são o controle do pH, por algum corretivo de acidez e pelo conteúdo e a dinâmica dos teores de cálcio e magnésio no solo.

#### **Dinâmica do teor de cálcio trocável, em $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$**

O teor de cálcio trocável no solo acompanha a resposta de pH e ele pode diminuir drasticamente ao longo do tempo (Tabela 4a, no Anexo), com uso continuado de adubos nitrogenados, sem haver calagem para neutralizar a acidez fisiológica desse adubo e a reposição do que a forrageira retira como nutriente. Há movimentação mais intensa de cálcio na pastagem com maior dose de calcário, 8 t/ha (t8), que pode dobrar o conteúdo em 120 a 140 cm de profundidade no período aproximado de 30 meses. Quando o calcário é incorporado (t4i), o teor de cálcio também pode aumentar na camada de 100 cm, ao mesmo tempo em que podem ocorrer sinais de acidificação, por falta de aplicações complementares de calcário nas camadas superficiais. Isso talvez explique o fenômeno visto em áreas de lavoura com plantio convencional sobre solos mais arenosos, em que o efeito da calagem, programada para atuar durante quatro anos, "desaparece" bem antes. A amostragem e a análise rotineira dos solos para fins de fertilidade geralmente monitora a camada de 0 a 20 cm e não consegue detectar o que ocorre daí para baixo. A aplicação única de 4 t/ha de calcário mostra-se similar à de 2 t/ha com aplicações adicionais de 1 t/ha/ano de calcário. Os resultados apontam para a relativa rapidez de introdução do cálcio no perfil do solo, necessário para o bom desenvolvimento radicular em profundidade, mas que deve ser controlado após o segundo ou o terceiro ano de manejo, para não ocorrerem perdas intensas em solos menos argilosos.

#### **Dinâmica do teor de K trocável, $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$**

As adubações nitrogenadas acompanhadas de potássio mantêm o teor desse elemento elevado (Tabela 5a, no Anexo). O teor de K aumenta em profundidade nos tratamentos em

que ocorreu acidificação intensa (t0 e t1), indicando a necessidade de correção do solo, para ativar as cargas dependentes de pH que predominam em solos tropicais, e assim reter o potássio e outros cátions da lixiviação. Além disso, é necessário estudar doses mais compatíveis com o potencial de ciclagem da forrageira e que parecem ser bem menores do que as praticadas, de acordo com o sugerido pela relação  $K/(Ca+Mg)$  ótima indicada na Tabela 24a, no Anexo.

### **Dinâmica da relação $K / (Ca + Mg)$ no solo**

A relação  $K/(Ca+Mg)$  mostrou ser um parâmetro interessante para monitorar pastagens que recebem elevadas doses de N e K, suficientes para atender ao alto potencial de produção das forrageiras tropicais, e pode indicar perigo de deficiência de cálcio e ou magnésio para atender às exigências nutricionais da forrageira. Em áreas sem (t0) ou com pouco (t1) calcário (Tabela 6a, no Anexo) podem ocorrer níveis de cálcio e magnésio em que há morte de plantas de capim-braquiária, embora a produção de forragem ainda tenha sido superior à da pastagem sem adubo nitrogenado e potássio (t4sa).

Resultados sugerem que essa relação mantida adequada no solo e no tecido vegetal constitui um dos fatores que garantem produção elevada de forragem, quando o elemento-chave para explorar o potencial de produção de forrageiras tropicais, o nitrogênio, é oferecido em quantidades elevadas. Esse fato da possível limitação da produção por magnésio em pastagens produtivas também é sugerido por dados de Primavesi et al. (2001).

### **Dinâmica do teor de matéria orgânica, g/kg**

Uma das perguntas mais freqüentes refere-se ao perigo de a calagem acelerar a oxidação da matéria orgânica do solo, o que afetaria suas características físicas, químicas e biológicas. Porém, em pastagens produtivas, em que ocorre a entrada de nitrogênio, o processo de incorporação de material orgânico ao solo pela forrageira (raízes e resíduos) pode ser igual ou superior ao estado inicial, ou ao da camada superficial do solo arado (Tabela 7a, no Anexo; t4i). Isso sugere que, em sistema de pastagens, a

calagem, mesmo aplicada em grandes quantidades na superfície do solo, não chega a afetar o teor de matéria orgânica.

Pode ocorrer (Tabela 8a, no Anexo) leve redução do teor de matéria orgânica, na camada superficial, quando o calcário é incorporado ao solo (t4i), facilitando a oxidação de parte da matéria orgânica, porém sem alterações significativas com o decorrer do tempo e que pudessem servir de alerta contra o uso da calagem incorporada, em práticas como de renovação de pastagem. O retorno de material orgânico ao solo em pastagens bem conduzidas ocorre em função da rápida ocupação do solo por atividade radicular, comparado com área de lavoura de culturas que necessitam de espaçamento grande ou produzem fitomassa com baixo grau de persistência.

Quando o pH em  $CaCl_2$  do solo for superior a 5,5 (pH em água acima de 6,0), pode ocorrer ionização dos ácidos húmicos presentes no solo e, portanto, sua solubilização e lixiviação. Dessa forma, pode haver tendência de maior teor de matéria orgânica em profundidade (Tabela 8a, no Anexo; t4sa). O maior teor de matéria orgânica em camadas mais profundas poderia ser resultado também do maior desenvolvimento radicular em profundidade, consequência da entrada de cálcio em camadas mais profundas (Tabela 4a, no Anexo).

### **Calagem x produção de matéria seca de forragem**

Quando se aplica calcário em solo com alguma fertilidade, seja por haver maior teor de matéria orgânica no solo e que pode ser mineralizada intensamente quando se revolve esse solo, seja pelo uso de insumos externos, pode ocorrer resposta significativa ao seu uso (Primavesi & Primavesi, 1996 e 1998; Oliveira et al., 1999; Oliveira et al., 2003) sobre a produção de fitomassa.

Quando se utiliza doses únicas crescentes de calcário, a cada ano o ponto de máxima produção de biomassa vegetal vai se deslocando no sentido das doses mais elevadas de calcário. Quando a gramínea forrageira é estimulada a produzir biomassa com o uso de N e K, a fim de permitir maior lotação animal, e se não houver correção da acidez do solo gerada no sistema de produção, ocorre redução progressiva da produção de matéria seca (Tabelas 1 e 2 e

Figura 1). No 17º corte, mediante uso intenso de adubos nitrogenados com elevado poder acidificante, pode iniciar o aparecimento de manchas avermelhadas nas folhas do capim-braquiária sem (t0) e com pouco calcário (1 t/ha), sendo que no 18º corte plantas podem morrer por secamento. Esse fato de morte de plantas de capim-braquiária, forrageira considerada tolerante a solos ácidos, parece ser devida à deficiência aguda de cálcio e magnésio como nutrientes essenciais (Tabela 5).

A queda de produção de forragem com o decorrer dos anos, quando se utiliza doses elevadas de nitrogênio, também foi verificada por Abruña et al. (1964), em trabalho com capim-napier (*Pennisetum purpureum*), capim-guiné (*Panicum maximum*) e capim-pangola (*Digitaria decumbens*), em Porto Rico. Esses autores constataram queda progressiva da produção de forragem sem o uso de corretivo de acidez do solo após a aplicação inicial.

**Tabela 1.** Produção anual de forragem de capim-braquiária, e total de quatro anos, em função dos tratamentos com calcário.

Trat.	1999-2000 ano 0 1 corte	2000-2001 ano 1 4 cortes	2001-2002 ano 2 5 cortes	2002-2003 ano 3 5 cortes	2003-2004 ano 4 4 cortes	Total 19 cortes
	kg/ha					
t0	2.826	9.801	8.678	8.551	7.143	36.999
t1	2.579	10.267	8.787	9.383	7.928	38.943
t2	2.945	11.525	9.022	10.099	8.123	41.713
t4	2.821	10.124	10.519	10.388	9.238	43.089
t8	2.710	10.648	9.659	11.312	10.596	44.925
CV(%)	48,6	14,1	8,0	10,7	13,6	8,6
	ns	ns	L*	L**	L**	L**
t0	2.826 a	9.801 c	8.678 b	8.551 b	7.143 b	36.999 b
t2m	2.803 a	12.207 ab	10.136 ab	10.999 a	9.203 a	46.230 a
t4	2.821 a	10.124 bc	10.519 a	10.388 ab	9.238 a	43.089 ab
t4i	2.065 ab	13.506 a	9.220 ab	11.041 a	9.113 a	44.944 a
t4sa	680 b	736 d	588 c	1.071 c	933 c	4.009 c
CV,%	45,4	14,8	12,5	18,4	16,7	11,2
Dms	1921	2125	1505	2390	1833	6160

Nota: t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário superficial, com 400 kg/ano N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t4sa = 4 t/ha de calcário superficial em parcelas sem NK; t4i = 4 t/ha de calcário incorporado nos 20 cm da camada superficial, com N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t2m = 2 t/ha de calcário superficial, com adubação NK, e com reaplicação anual de 1 t/ha de calcário. Médias seguidas de mesmas letras, na linha, não diferem entre si (P>0,05).

Verificou-se que, na soma de quatro anos, os valores de produção para 8 t/ha em superfície, ou 4 t/ha incorporados ou 2 t/ha em superfície com reaplicação anual de 1 t/ha de calcário, foram semelhantes (Tabela 2). Embora a incorporação do calcário possa atrasar a produção de forragem nos 30 dias iniciais, tempo para restabelecimento da forrageira, poderá gerar produções maiores do que as pastagens com calcário aplicado na superfície, no primeiro ano, porém, por vezes de forma não

significativamente diferente. No médio prazo, o melhor resultado deverá ser obtido com aplicação inicial corretiva da saturação por bases adequada à forrageira e aplicações anuais que corrijam o efeito acidificante dos adubos nitrogenados e que mantenham o teor de cálcio e magnésio acima do nível crítico no tecido vegetal. A aplicação de corretivo de acidez para neutralizar a acidez fisiológica do adubo nitrogenado, considerando-se a necessidade de 5,35 kg de CaCO<sub>3</sub> para cada kg de N do sulfato

de amônio e 1,8 kg de  $\text{CaCO}_3$  para cada kg de N do nitrato de amônio ou da uréia (Malavolta, 1981), bem como a acidificação gerada no desenvolvimento vegetal, como proposto inicialmente por Corsi & Nussio (1993), parece ser a mais recomendável (Tabela 3) e pode ser monitorada por determinações anuais do pH.

A produção de forragem, em quatro anos, com calagem e sem adubo nitrogenado (t4sa), pode constituir somente 9% da produção

acumulada no mesmo período pela pastagem que recebeu calagem anual (t2m – Tabelas 1 e 2) e adubação nitrogenada, reforçando a idéia de que, para liberar áreas de pastagem para a agricultura e aliviar a pressão sobre áreas de matas naturais, é necessário o uso de fertilizantes, a fim de se conseguir intensificar o sistema de produção e dessa forma otimizar o uso da terra.

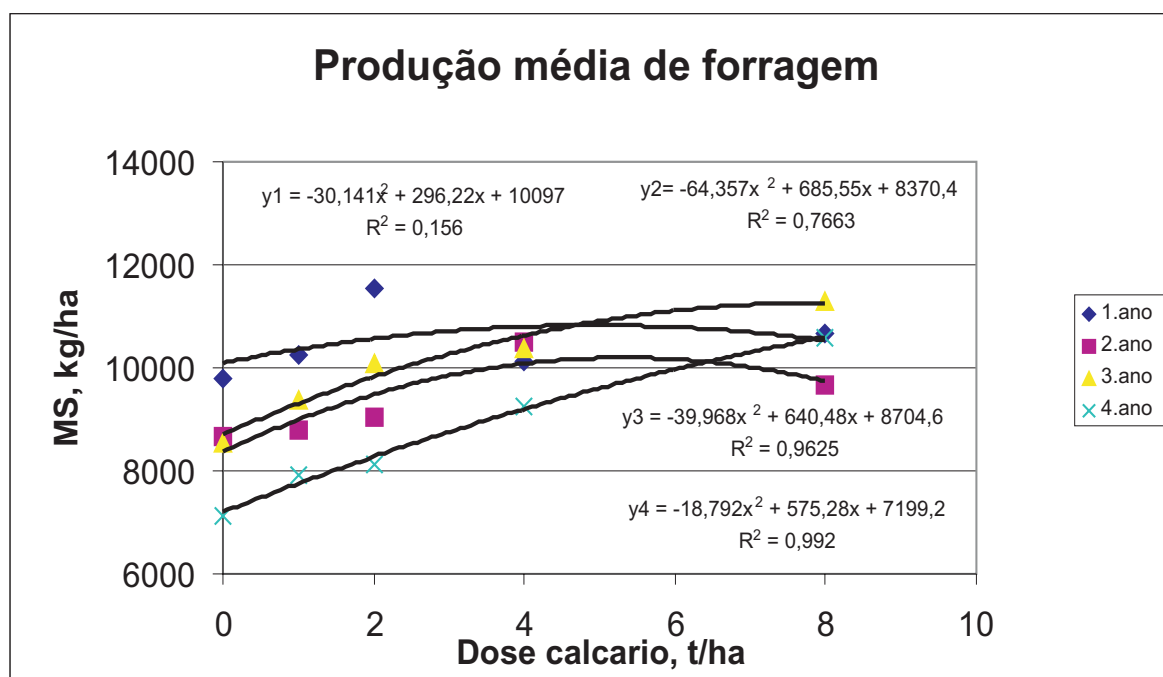


Figura 1. Curvas de produção de matéria seca de forragem de *Brachiaria decumbens*, recebendo 400 kg/ha/ano de N-sulfato de amônio e  $\text{K}_2\text{O}$ , em função de doses de calcário aplicados no ano agrícola 99/00, com primeiro corte do ano agrícola 00/01.

**Tabela 2.** Produção relativa de forragem ao longo dos anos, calculada a partir de dados da Tabela 1.

Trat.	Ano					Soma
	99-00	00-01	01-02	02-03	03-04	
t0	0,96	0,85	0,82	0,76	0,67	0,82
t1	0,88	0,89	0,84	0,83	0,75	0,87
t2	1,00	1,00	0,86	0,89	0,77	0,93
t4	0,96	0,88	1,00	0,92	0,87	0,96
t8	0,92	0,92	0,92	1,00	1,00	1,00
t2m	0,95	1,06	0,96	0,97	0,87	1,03
t4i	0,70	1,17	0,88	0,98	0,86	1,00
t4as	0,23	0,06	0,06	0,10	0,09	0,09

Nota: t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário superficial, com 400 kg/ano N-sulfato de amônio e  $\text{K}_2\text{O}$ ; t4sa = 4 t/ha de calcário superficial em parcelas sem NK; t4i = 4 t/ha de calcário incorporado nos 20 cm da camada superficial, com N-sulfato de amônio e  $\text{K}_2\text{O}$ ; t2m = 2 t/ha de calcário superficial, com adubação NK, e com replacação anual de 1 t/ha de calcário.



**Tabela 3.** Extração de nitrogênio (kg/ha) pela forragem de capim-braquiária.

Trat.	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004
t0	44	195	170	185	167
t1	39	196	174	193	186
t2	34	218	177	210	188
t4	44	201	198	218	212
t8	43	207	187	229	232
t2m	64	215	195	222	208
t4i	36	273	175	228	212
t4sa	6	10	7	10	9
Nitrogênio aplicado na forma de sulfato de amônio (kg/ha)					
	100	400	500	500	400
Número de cortes de forragem					
	1	4	5	5	4
Poder acidificante do adubo equivalente carbonato de cálcio (kg/ha)					
	535	2140	2675	2675	2140

Nota: Cálculos realizados a partir dos dados das Tabelas 10a e 13a. t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário superficial, com 400 kg/ano N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t4sa = 4 t/ha de calcário superficial em parcelas sem NK; t4i = 4 t/ha de calcário incorporado nos 20 cm da camada superficial, com N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t2m = 2 t/ha de calcário superficial, com adubação NK, e com reaplicação anual de 1 t/ha de calcário.

O uso de dose elevada única de calcário na superfície pode mostrar pequena depressão, não significativa, na produção de forragem nos dois primeiros anos (Tabela 1, Figura 1), mas essa depressão não parece estar relacionada a deficiências de micronutrientes, exceto a leve depleção de Mn (Tabela 9a, no Anexo, valores da forragem) no primeiro ano, em especial quando o calcário é incorporado (t4i), sendo que ainda pode estar na faixa adequada para a forrageira (Tabela 4, valores foliares).

As equações de ajuste das curvas de resposta de produção de forragem de capim-braquiária sugerem que a calagem necessita ser em quantidade suficiente para manter o pH em CaCl<sub>2</sub> e em água em torno de 5,0 a 5,4 e 4,3 a 4,7 nas camadas superficiais, respectivamente (Tabela 18a, no Anexo).

### Calagem x composição mineral foliar

A redução de produção motivada por queda no teor de micronutrientes no tecido vegetal, causada pela elevação do pH promovida pela calagem, pode não ocorrer em solos originalmente distróficos, no que se refere a cobre, zinco, ferro e boro. Pode haver pequena depleção temporária do manganês na pastagem,

com doses altas de calcário (8 t/ha; t8) e especialmente quando o calcário é incorporado (t4i – Tabela 9a, no Anexo). Porém, verifica-se que os teores iniciais de zinco e boro, mesmo na pastagem sem calcário (t0) podem estar abaixo do adequado (Tabela 4), o que pode estar relacionado com o fato de estar sendo comparado o conteúdo mineral de amostra da forragem (Tabela 9a, no Anexo) e não de folhas (Tabela 4). Nas áreas de estudo, foi aplicada fonte completa de micronutrientes (FTE BR-12). Estudos futuros devem determinar os teores adequados de boro, zinco, manganês e cobre para otimizar a produção de pastagens intensamente adubadas.

Ao longo do tempo, na pastagem em que há uso intensivo de adubos que contenham nitrogênio, enxofre e potássio, ocorre aumento significativo desses nutrientes na forragem e redução significativa de cálcio e magnésio (Tabelas 5; e 10a e 12a, no Anexo). Mas não ocorre necessariamente redução na média do teor de micronutrientes (Tabelas 11a e 12a, no Anexo). A análise da correlação de Pearson indicou que a produção de forragem, desconsiderando a pastagem sem nitrogênio (t4sa) e com calcário incorporado (t4i), foi relacionada de maneira consecutiva:



- 1) em 1999-2000, com N (-0,69\*\*), S (-0,63\*\*), P (-0,51\*\*), Mg (0,62\*\*), Ca (0,60\*\*) e Fe (0,50\*) – a relação com Ca e Mg não aparece quando se inclui a pastagem com calcário incorporado (t4i);
- 2) em 2000-2001, com N (-0,55\*\*), e quando se inclui a pastagem com calcário incorporado (t4i), também com Mg (0,59\*) e Ca (0,40\*);
- 3) em 2001-2002, com P (0,70\*\*), Ca (0,50\*) e Mg (0,46\*);
- 4) em 2002-2003, com Mg (0,50\*), Ca (0,41\*) e Mn (0,44\*);
- 5) em 2003-2004, com Mg (0,73\*\*), Ca (0,72\*\*) e Cu (0,45\*).

Parece que existe uma dinâmica de elementos limitantes de produção, ao longo do tempo, e que aplicações pontuais de nutrientes, como de cálcio e de magnésio, devem ser revistos em sistemas intensivos de produção. Necessitariam ser repostos com mais frequência, para corrigir desvios anuais, com base na análise foliar e considerando os níveis críticos (Tabela 4).

A análise foliar realizada no 18º corte após a aplicação única de calcário na superfície do solo indicou que pode ocorrer queda acentuada no teor de Ca e Mg no tecido foliar nas áreas sem ou com pouco calcário (1 t/ha – Tabela 5), podendo ocorrer morte de plantas comparado com a área que recebe doses mais elevadas de calcário (t8). A adubação regular com K, junto com N, pode acentuar o desequilíbrio de cátions K/(Ca+Mg), agravando a deficiência de cálcio, necessário à estruturação normal da parede celular, e de magnésio, que atua no processo fotossintético.

Deve ocorrer monitoramento anual das características do solo e do tecido foliar, para detectar possíveis desvios nos níveis críticos e nas proporções entre cátions e ânions, para que haja eficiência de uso dos insumos e dos recursos naturais utilizados.

**Tabela 4.** Faixa de teores de nutrientes adequados para capim-braquiária, com base na matéria seca de folhas.

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- g/kg -----					----- mg/kg -----					
12-20	0,8-3,0	12-25	2-6	1,5-4,0	0,8-4,0	10-25	4-12	50-250	40-250	20-50

Fonte: Werner et al. (1996).

**Tabela 5.** Teores de minerais em folhas de *Brachiaria decumbens*, tratada com diferentes doses de calcário, com e sem N e K, no 18º corte após a aplicação.

Trat.	N	Ca	Mg	P	K	S	Mn	K/(Ca+Mg)	
	----- g/kg -----					----- mg/kg -----			
t0	19	0,4	0,4	1,4	27	2,3	56	34,3	
t1	23	0,7	0,6	1,4	27	2,9	68	22,7	
t8	26	3,1	2,9	1,4	26	2,3	159	4,4	

Nota: t0 = sem calcário com NK, t1 a t8 = 1 a 8 t/ha de calcário com NK superficiais. Teores em folhas com sinais de deficiência ou morte de plantas nas pastagens sem (t0) e com 1 t/ha de calcário (t1), folhas com coloração normal em t8.

### Produção de forragem x saturação por bases

Werner et al. (1996) sugeriram que a saturação por bases para o capim-braquiária (gramínea do grupo III, menos exigente) fosse de 40% na formação e na manutenção, podendo a dose máxima de calcário ser de 5 t/ha na formação, visando efeito residual, e de 3 t/ha na manutenção.

A análise de correlação de Pearson da produção de forragem com características do solo (Tabela 15a, no Anexo), em especial do segundo ano (2001-2002), em que ocorreu maior variabilidade na produção de forragem e no qual houve melhor ajuste da curva de produção com doses de calcário (Tabela 6), indicou correlação com saturação por bases (V%) nas camadas superficiais e que na realidade pode ser reflexo do teor de cálcio, e mais especificamente da relação  $K/(Ca+Mg)$ , considerando suficiência de nitrogênio, enxofre, fósforo e potássio. Esse último pode ocorrer em excesso no perfil do solo (Tabela 5a, no Anexo), mostrando correlação negativa (Tabela 15a, no Anexo). Estudos com doses crescentes de calcário sugerem que a produção de forragem de capim-braquiária se correlaciona bem com cálcio e saturação por bases na camada de 2,5 a 5 ou 5 a 10 cm (Tabela 16a, no Anexo). Porém, analisando a intensidade de redução de pH (Tabela 1a, no Anexo), característica que parece se correlacionar melhor com a variação de produção vegetal, entre as colheitas de 2000-2001 e 2002-2003, e entre as pastagens sem (t0) e com 8 t/ha de calcário (t8), verificou-se que o pH das primeiras camadas superficiais do solo, até 10 cm, parecem xxx responder mais intensamente pela nutrição das plantas e são xxx mais afetadas pelas plantas, acidificadas mais intensamente.

As Tabelas 13a e 14a (no Anexo) mostram características do solo, ao longo dos anos, em que ocorreram as menores e as maiores produções de forragem de capim-braquiária, respectivamente.

Considerando camadas superficiais consecutivas, parece que a faixa ideal de saturação por bases para a produção máxima de forragem de capim-braquiária, adubado intensamente com nitrogênio, está em torno de 54% na camada de 0 a 2,5 cm, de 40% na camada de 2,5 a 5 cm, de 34% na camada de 5 a 10 cm e de 28% na camada de 10 a 20 cm, o que representa um valor médio ponderado de 35% na camada de 0 a 20 cm (Tabela 18a, no Anexo). Isso parece não ser adequado para gramíneas forrageiras mais produtivas e exigentes em nutrientes (Cruz et al., 1994).

Essa constatação, porém, não significa que a saturação por bases necessita estar enquadrada nessa faixa, em sistemas intensivos de produção com grande aporte de nitrogênio, e que parece ser determinante para a produtividade da pastagem, comparando a área com 4 t/ha de calcário com nitrogênio (t4) e a área sem nitrogênio (t4sa; Tabelas 1a e 2a, no Anexo), desde que ocorra teor mínimo de cálcio e magnésio no tecido vegetal, que parece ser de 2 g/kg de Ca e 1,5 g/kg de Mg (Tabela 4). Dados (Tabela 5) corroboram essa afirmativa, indicando que pode ocorrer morte de plantas nas áreas sem calcário (t0) e com somente 1 t/ha (t1) no 18º corte, embora a produção de forragem ainda tivesse sido de 7.143 kg/ha contra a pastagem sem nitrogênio, com acumulado de 933 kg/ha em quatro cortes em 2003-2004 (Tabela 1).

Os valores de saturação por bases são bastante dinâmicos e podem diminuir intensamente (Tabela 17a, no Anexo) quando não há uso suficiente de calcário, embora se possa obter produções de forragem consideradas médias para o capim-braquiária em até 8% de saturação por bases (t0), com pH de 3,6, na camada de 0 a 2,5 cm (Tabela 13a anexa). Mas, nessas condições e abaixo delas, como a variabilidade espacial do solo é grande, pode ocorrer morte de plantas por falta de cálcio e/ou Mg.

**Tabela 6.** Equação de ajuste da curva de resposta de produção de forragem de capim-braquiária em função de doses de calcário ao longo dos anos.

Ano	Produção de forragem (kg/ha) x dose calcário (t/ha)	R <sup>2</sup>	Dose calcário (t/ha) para produção máxima	Dose real (t/ha)
99-00	2741,713+48,135dose-6,476dose <sup>2</sup>	0,009	3,7	2
00-01	2524,1+74,114dose-7,5416dose <sup>2</sup>	0,02	4,9	4
01-02	1674,07+137,074dose-12,866dose <sup>2</sup>	0,30*	5,3	4
02-03	1740,9+128,09dose-7,993dose <sup>2</sup>	0,17	8,0	8
03-04	1799,9+143,8dose-4,695dose <sup>2</sup>	0,01	15,3	8 (?)

Nota: Em 2003-2004 ocorreu limitação de produção por falta de calcário, e cuja dose deve estar acima das 8 t/ha aplicadas.

Análises de correlação múltipla (proc stepwise) com características de solo (Tabela 18a, no Anexo) resultaram nas seguintes características determinantes para produção de forragem (y, em kg/ha), em especial com V% e pH:

camada de 0 a 2,5 cm:  $y = 2058 + 8,74 * V$  ( $R^2 = 0,26^{**}$ );

camada de 2,5 a 5 cm:  $y = 460,9 + 480,1 * pH$  ( $R^2 = 0,16^{**}$ );

camada de 5 a 10 cm:  $y = 582,7 + 458,2 * pH$  ( $R^2 = 0,15^{**}$ );

camada de 10 a 20 cm:  $y = 171,46 + 555,4 * pH$  ( $R^2 = 0,20^{**}$ ).

#### Produção de forragem x calagem na superfície do solo x incorporada

Uma das grandes perguntas é se para a recuperação de pastagens há necessidade de incorporar o calcário pelo menos na fase inicial, em solo distrófico. Comparando aplicação de 4 t/ha de calcário na superfície do solo (t4) com sua incorporação na camada de 0 a 20 cm (t4i – Tabela 1), verifica-se que, embora inicialmente possa haver pequena queda na produção de forragem por conta no atraso de aproximadamente 30 dias para o estabelecimento da pastagem, no ano seguinte ocorre compensação na produção de matéria seca, que ao longo do tempo não é significativa. A possibilidade de evitar o revolvimento do solo é um grande ganho de energia e de qualidade ambiental, considerando condições de conservação de solo e água na fase de estabelecimento, bem como a conservação de matéria orgânica (Tabela 7a, no Anexo) e a não emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

Pode ser que em solo álico, em que ocorre limitação química ao desenvolvimento das raízes, ou com o uso de espécies forrageiras mais exigentes e produtivas, haja necessidade de se proceder à correção do solo, pelo menos na camada de 0 a 20 cm, como sugerem os dados de Cruz et al. (1994), mas que dados de Oliveira et al. (2003) não confirmam, além de indicar para vantagens da não incorporação do calcário, quando se deixa intacto o sistema radicular em processo de recuperação de pastagem. Num processo de reforma de pastagem, inclusive com mudança de espécie forrageira, a incorporação poderia ser realizada.

Os resultados de produção de forragem indicam que toda vantagem na distribuição uniforme do calcário na camada de 0 a 20 cm pode ser logo eliminada, em vista da rápida elevação do pH (Tabela 2a, no Anexo) e da introdução do cálcio no perfil do solo (Tabela 4a, no Anexo), a partir de sua aplicação na superfície do solo.

A possível vantagem que a incorporação do calcário pode trazer com relação ao arejamento, pela melhoria na permeabilidade do solo, medida pela condutividade hidráulica não saturada de campo (Tabela 8), parece não beneficiar a produção de forragem de capim-braquiária (Tabela 1) em solo com até 30% de argila.

### Calagem x porcentagem de floculação da argila, em %

Em pastagem estimulada para a elevada produção de biomassa, parece haver efeito redutor do impacto de doses elevadas de calcário sobre a dispersão das partículas sólidas do solo, por meio da atividade agregadora da atividade radicular das gramíneas. Assim, verificou-se tendência de menor floculação de partículas sólidas na pastagem com calagem sem adubação de N e K (t4sa) (Tabela 7). Deve-se ter cuidado para que ocorra retorno suficiente de material orgânico para a superfície do solo (cobertura morta), a fim de permitir o desenvolvimento radicular na camada superficial do solo, em interface com a atmosfera, de maneira a poder atuar no rompimento de eventuais compactações superficiais e na agregação das partículas sólidas. Esse fato é muito importante nas pastagens de gramíneas formadoras de touceiras, que resultam em pastagens com até 50% do solo não ocupado pela forrageira. As gramíneas rasteiras ou as decumbentes, como o capim-braquiária, que ocupam melhor a superfície do solo, não necessitam dessa ressalva.

### Calagem x permeabilidade do solo

Uma das preocupações relacionadas ao uso de grandes quantidades de calcário é o possível dano que sua presença possa trazer, entre outras, sobre a oxidação intensa da matéria orgânica e redução em seu teor, e com isso facilitar a dispersão de partículas sólidas do solo, seguida de colapso da estrutura, com redução de macroporos e conseqüentemente da permeabilidade ou da condutividade hidráulica do solo. Estudos mostraram que, embora a pastagem com calcário incorporado, com movimentação do solo (Tabela 8, t4i), tenha melhorado a condutividade hidráulica, esta melhor condutividade não resultou em produção de forragem da mesma forma que a adubação completa. Talvez ocorra benéfico quando o teor de argila for maior, mas com a ressalva de que seja argila facilmente dispersa, em solo com algum estado de degradação de sua estrutura, pois em latossolos mais argilosos normalmente ocorre elevado estado e grau de agregação pela presença de óxidos e hidróxidos de ferro.

**Tabela 7.** Alteração na porcentagem de argila floculada (%), em função de pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com doses elevadas de N e K e tratamentos de calagem.

Prof. (cm)	Tratamentos							
	t0	t1	t2	t4	t8	t2m	t4i	t4sa
	2001							
0 – 2,5	46 a	47 a	43 ab	48 A	44 ab	46 ab	44 ab	37 b
2,5 – 5	47 ab	49 a	46 ab	47 Ab	39 b	46 ab	40 b	41 ab
5 – 10	49 ab	47 ab	46 ab	45 ab	45 b	54 a	39 b	41 b
10 – 20	59 ab	54 ab	45 ab	46 ab	55 a	50 ab	34 b	44 ab

Nota: t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário superficial, com 400 kg/ano de N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t4sa = 4 t/ha de calcário superficial em parcelas sem NK; t4i = 4 t/ha de calcário incorporado nos 20 cm da camada superficial, com N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t2m = 2 t/ha de calcário superficial, com adubação NK, e com reaplicação anual de 1 t/ha de calcário. Não ocorreu diferença significativa entre tratamentos por camada.

**Tabela 8.** Condutividade hidráulica não saturada de campo (m/d), em pastagem de capim-braquiária adubada com nitrogênio e tratada com calcário.

Tratamento	2001	2002	2004
t0	1,074b	0,504b	0,708b
t2m	1,445b	0,730b	0,715b
t4	1,360b	0,586b	1,108b
t4sa	0,883b	0,971ab	0,589b
t4i	5,066a	1,795a	2,522a
CV (%)	77,6	139,9	61,4
Dms	2,172	0,96	0,519
t0	1,074	0,504	0,708
t1	1,572	0,863	0,746
t2	0,925	0,636	0,725
t4	1,360	0,586	1,108
t8	1,188	0,530	1,129
CV (%)	48,6	39,1	25,8
	ns	ns	L**

Nota: Em 2004, Condutividade =  $0,702 + 0,06 \cdot \text{dose de calcário}$ . Doses de calcário t0, t1, t2, t4, t8 e t2m = 0, 1, 2, 4, 8 t/ha e 2 + 1 t/ha.ano aplicados na superfície do solo, com adubação NK; t4i = 4 t/ha incorporados, com NK na superfície; t4sa = 4 t/ha sem adubação NK.

## Conclusões

Os dados disponíveis sugerem a necessidade de monitoramento anual das características do solo e de níveis foliares de nutrientes, que permita possíveis intervenções corretivas dos desvios verificados, tanto no aspecto da produtividade vegetal como no do impacto ambiental negativo. Foi inédita a verificação de morte de capim-braquiária com aplicação de doses elevadas de N e K, mas sem aplicação de calcário, que teve os níveis dos nutrientes cálcio e magnésio diminuídos drasticamente, tanto pela redução na disponibilidade no solo quanto pelo efeito competitivo do K.

Diversas perguntas a respeito do calcário aplicado na superfície do solo foram respondidas, considerando as exigências e as características da pastagem de capim-braquiária. Pode se concluir que:

- 1) a correção do pH na camada superficial até 5 ou 10 cm ocorre de forma bastante rápida e atende às necessidades da forrageira;

- 2) a correção do pH dessa camada superficial, adequada para o capim-braquiária, pode ocorrer num período de 30 dias, na presença de chuvas ou de irrigação;
- 3) os aspectos negativos causados por aplicações de grandes quantidades de calcário na superfície do solo são pequenos, porém, é mais aconselhável, do ponto de vista nutricional e ambiental, o uso de doses anuais necessárias para corrigir a acidez fisiológica do adubo nitrogenado;
- 4) a calagem é necessária também como fonte de cálcio e magnésio;
- 5) para o capim-braquiária, o suprimento com cálcio e magnésio parece ser mais importante do que a correção de pH em sistema intensivo de produção;
- 6) o capim-braquiária suporta baixos níveis de saturação por bases;
- 7) há necessidade de estudar a dose mais adequada de nitrogênio e de potássio, para evitar perdas econômicas e ambientais;

- 8) a redução da oferta de micronutrientes causada pela calagem pode ser mais intensa quando o calcário é incorporado ao solo;
- 9) a redução no teor de matéria orgânica está mais intensamente relacionada com o revolvimento do solo do que com a calagem, em pastagens;
- 10) o efeito de dispersão de partículas sólidas do solo, com conseqüente compactação, não ocorre nas doses normalmente praticadas em áreas de pastagens intensamente adubadas, estimuladas para grande produção de biomassa;
- 11) há necessidade de estudar a demanda por calagem em pastagens com forrageiras mais exigentes;
- 12) há necessidade de estudar o uso de micronutrientes, em especial de zinco e boro;
- 13) há necessidade de estudar a calagem e seus efeitos sobre características químicas e físicas do solo em áreas irrigadas;
- 14) em estudos de calagem, é aconselhável o monitoramento de camadas mais profundas do solo, do que o realizado rotineiramente para monitoramento de fertilidade do solo.
- 15) a pastagem de capim-braquiária pode ser recuperada com adubação mineral e calagem, realizadas na superfície do solo, com destaque para a adubação nitrogenada.

## Recomendações

Os estudos realizados mostram que no manejo intensivo de pastagens de *Brachiaria decumbens* o calcário pode ser utilizado em aplicações superficiais, de preferência parceladas, para neutralizar a acidez fisiológica do adubo nitrogenado e em especial para manter teores de cálcio e magnésio adequados com relação ao nível mínimo e ao potássio disponível no solo.

A dose de calcário deve ser suficiente para manter a saturação por bases em torno de 35% na camada de 0 a 20 cm, ou aproximadamente 55% na camada de 0 a 2,5 cm no período de 30 dias.

A elevação da saturação por bases para

atender às demandas do capim-braquiária, em solo não considerado álico, pode ocorrer 30 dias após a aplicação do calcário, no período das chuvas, em solo com até 30% de argila. Em solo mais argiloso, possivelmente o tempo de reação seja mais longo.

Para a recuperação de pastagem de capim-braquiária, o nutriente-chave é o nitrogênio, aplicado em doses adequadas, acompanhado da correção nos teores de potássio, fósforo e a calagem para evitar deficiência de cálcio e magnésio.

## Referências bibliográficas

ABRUÑA, F.; VICENTE-CHANDLER, J.; PEASON, R. Effect of lime on yields and composition of heavily fertilized grasses and on soil properties under humid tropical conditions. **Proceeding of Soil Science American**, Madison, v. 228, p. 657-661, 1964.

ANJOS, J. T.; ROWELL, D. L. Perdas de calcário em solos: efeito de doses de óxido de cálcio, temperatura e períodos de secagem, em colunas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 7, n. 1, p. 75-81, 1983.

BEN, J. R.; POETTKER, D.; FONTANELLI, R. S.; WIETHOELTER, S. Efeito da aplicação de calcário na superfície do solo sobre fatores de acidez em campo nativo. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1997. p.209-211.

BOLAN, N. S.; SYERS, J. K.; SUMNER, M. E. Calcium-induced sulfate adsorption by soils. **Soil Science Society American Journal**, v. 57, n. 2, p. 691-696, 1993.

CARVALHO, M. M.; MARTINS, C. E.; SIQUEIRA, C.; SARAIVA, O. F. Crescimento de uma espécie de braquiária, na presença de calagem em cobertura e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v.16, n.1, p.69-74, 1992.

- CORRÊA, L. de A.; FREITAS, A. R.; BATISTA, L. A. R. Níveis de nitrogênio e frequência de corte em 12 gramíneas forrageiras tropicais. I. Produção de matéria seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998a. p.304.
- CORRÊA, L. de A.; FREITAS, A. R.; BATISTA, L. A. R. Níveis de nitrogênio e frequência de corte em 12 gramíneas forrageiras tropicais. II. Qualidade de forragem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998b. p.518.
- CORRÊA, L. de A. **Produção de carne em pastagens adubadas.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2000, 25p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 25).
- CORRÊA, L. de A.; POTT, E.B.; CORDEIRO, C.A. Integração de pastejo e uso de silagem de capim na produção de bovinos de corte. In: SIMPOSIÓ DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., 2001, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV:DZO, 2001. p.159-186.
- CORSI, M.; NUSSIO, L. G. Manejo do capim elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 10., 1983, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 1993. p.87-115. Editado por A. M. Peixoto, J. C. de Moura e V.P. de Faria.
- CRUZ, M. C. P. da; FERREIRA, M. E.; LUCHETTA, S. Efeito da calagem sobre a produção de matéria-seca de três gramíneas forrageiras. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v.29, n.8, p.1303-1312, ago. 1994
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (RJ). Sais solúveis. In: **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed.rev.atual. Rio de Janeiro, 1997. p.153-164. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- FAO. **Brazil - Agricultural Census 1996.** Disponível em: [http://www.fao.org/es/ess/census/wcares/brazil\\_2000.pdf](http://www.fao.org/es/ess/census/wcares/brazil_2000.pdf). Acessado em novembro 2004.
- FNP Consultoria e Agroinformativo. **Anualpec 2004.** São Paulo, 2004. 376p.
- GOMES, A. S.; VERNETTI JÚNIOR, F. J.; SILVEIRA, L. D. N. Manejo da calagem no sistema plantio direto, em solo de várzea, sob condições naturais. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p.213-216.
- JUCKSCH, I.; COSTA, L. M. da; MOURA FILHO, W.; RIBEIRO, A. C.; SOPRANO, E. Efeito da calagem na dispersão de argila em um Latossolo Vermelho-Escuro. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 33, n. 189, p. 456-460, 1986.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- LOMBARDI NETO, F.; DECHEN, S. C.F.; CASTRO, O. M de; VIEIRA, S. R.; DE MARIA, I. C. **Manual de coletas de amostras e análises físicas para fins de experimentação em conservação do solo.** Campinas: IAC, 1993. (Seção de Conservação do Solo).
- LOPES, A.S. **Solos sob "cerrado": características, propriedades e manejo.** 2.ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa de Potássio e do Fósforo, 1984. 162p.
- LUCHIARI JUNIOR, A.; RESENDE, M.; RITCHEY, K.D.; FREITAS JUNIOR, E.; SOUZA., P. I. M. Manejo do solo e aproveitamento de água. In: GOEDERT, W. (Ed.) **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo.** São Paulo: Nobel; Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1985. p.285-322.
- LUMBANRAJA, J.; EVANGELOU, V. P. Acidification and liming influence on surface charge behavior of Kentucky subsoils. **Soil Science Society of American Journal**, v. 54, n. 1, p. 26-34, 1991.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária.** Santo Antônio de Goiás-GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570p.



- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 411-416, 1993.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981, 596p.
- MORA, M. L.; BAEZA, G.; PIZARRO, C.; DEMANET, R. Effect of calcitic and dolomitic lime on physicochemical properties of a chilean andisol. **Commun. Soil Science Plant Anal.**, v. 30, n. 3-4, p. 427-439, 1999.
- MUZILLI, O. O manejo da fertilidade do solo. In: **Planto direto no estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981. 244p. (IAPAR, Circular, 23).
- OLIVEIRA, M. L.; GARCIA, R. V.; MELLO, J. W. V.; PRIMAVESI, O. Efeito do tipo de manejo sobre o caráter eletroquímico de um Latossolo Vermelho-Amarelo do estado de São Paulo. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14., 1999, Temuco. **Resumenes...** Temuco: Universidad de La Frontera, 1999. p.12.
- OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S.; TRIVELIN, P. C. O.; CORSI, M. Uso de calagem na recuperação de uma pastagem de colônio (*Panicum maximum*). In: ENCONTRO CIENTÍFICO DOS PÓS-GRADUANDOS DO CENA/USP, 5., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: CENA, 1999, p.70.
- OLIVEIRA, P. P. A.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Liming and fertilization for restoring degraded *Brachiaria decumbens* pasture on sandy soil. **Scientia agricola**, v. 60, n. 1, p. 125-131, 2003.
- PAVAN, M. A. Ciclagem de nutrientes e mobilidade de íons no solo sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 41, p. 8-11, set/out. 1997.
- PEIXOTO, R. T. G.; TRAINA, S. J.; BIGHAM, J. M. Matéria orgânica e a geração de cargas elétricas em solos do Paraná. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 2., São Carlos, 1997. **Anais...** São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 1997. p.186.
- POETTKER, D.; BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 4, p. 675-684, 1998.
- PRADO, R. M. Influência da saturação de bases na implantação do sistema de plantio direto em solo de cerrado. I. Efeito na produção da cultura da soja. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 74, n. 3, p. 269-277, 1999.
- PRIMAVESI, O., PRIMAVESI, A. C. Minerais em adubos verdes conduzidos sobre latossolos, na região de São Carlos, SP, Brasil. São Carlos: EMBRAPA-CPPSE, 1996. 6p. (EMBRAPA-CPPSE. Comunicado Técnico, 15).
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. P. A. Provável envolvimento biológico na disponibilização de nitrogênio para gramíneas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS - FERTBIO98, 23., 1998. **Resumos...** Lavras: UFLA/SBCS/SBM, 1998. p.164.
- PRIMAVESI, O., PRIMAVESI, A. C. Necessidade de monitoramento da lixiviação do cálcio, de calcário aplicado na superfície, em pastagens manejadas intensivamente, como suporte à agropecuária de precisão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 1., 1996, São Carlos-SP. **Anais...** Brasília: SPI; São Carlos: CNPDIA, 1997. p.433-439.
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CAMARGO, A. C. de. Conhecimento e controle, no uso de corretivos e fertilizantes, para manejo sustentável de sistemas intensivos de produção de leite de bovinos a pasto. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, SP, v.74, n. 2, p. 249-265, 1999.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A. P. de; SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 33-37, 1982.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do Solo e Adubação**. Piracicaba: Ceres: Potafós, 1991. 343p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100)

SÁ, J. C. M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1995. 96p.

SANDANAM, S.; KRISHNAPILLAI, S.; SABARATNAM, J. Nitrification of ammonium sulphate and urea in an acid red yellow podzolic tea soil in Sri Lanka in relation to soil fertility. **Plant and Soil**, v. 49, n. 1, p. 9-22, 1978.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1974. 56p.

SAS Institute. **SAS/STAT User's guide: statistics**. Versão 6.4. Cary, 1993. 1686p.

SILVA, C. A.; VALE, F. R.; GUILHERME, L. R. G. Efeito da calagem na mineralização do nitrogênio em solos de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 471-476, 1994.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros minerais**. Porto Alegre: UFRGS-Fac.Agron/Dep.Solos, 1985. 188p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

WERNER, J. C.; MONTEIRO, F. A.; CARRIEL, J. M. Efeitos da calagem em capim colonião (*Panicum maximum* Jacq.) estabelecido. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 36, p. 247-253, 1979.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H. Recomendação de adubação e calagem para forrageiras. In: RAIJ, B. van; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI, Jr., R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. p.263-271. (IAC, Boletim Técnico, 100).

ZIGLIO, C. M.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Mecanismo de deslocamento de cálcio no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa: UFV: SBCS, 1995. v. 1, p. 350-352.

### Circular Técnica, 37

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Pecuária Sudeste**  
Endereço: Rod. Washington Luís, km 234, Caixa  
Postal 339, 13560-970, São Carlos, SP  
Fone: (16) 3361-5611  
Fax: (16) 3361-5754  
E-mail: sac@cppse.embrapa.br

1ª edição  
1ª impressão (2004): 250 exemplares

### Comitê de publicações

**Presidente:** Alfredo Ribeiro de Freitas.  
**Secretário-Executivo:** Edison Beno Pott.  
**Membros:** André Luiz Monteiro Novo, Odo Primavesi,  
Maria Cristina Campanelli Brito, Sônia Borges de  
Alencar.

### Expediente

**Revisão de texto:** Edison Beno Pott.  
**Editoração eletrônica:** Maria Cristina Campanelli Brito.

## Anexo

**Tabela 1a.** Dinâmica do pH em  $\text{CaCl}_2$  nas camadas superficiais do solo após a calagem em 16/12/1999, ao longo do tempo.

Data coleta	Tratamentos com calcário(*)								
	t0	t1	t2	t4	t8	t2m	t4i	t4sa	
0 – 1 cm									
01/05/00	4,7 e	5,8 cd	6,2 bc	6,4 b	6,9 a	6,4 b	5,5 d	6,6 ab	
18/01/01	4,3 g	5,3 e	5,8 d	6,2 bc	6,6 a	6,0 cd	4,8 f	6,4 ab	
28/02/01	4,3 e	5,2 d	6,0 c	6,2 bc	6,5 ab	6,0 c	4,6 e	6,7 a	
30/03/01	4,4 f	5,0 d	5,8 c	6,1 b	6,7 a	6,0 bc	4,7 e	6,8 a	
07/12/01	3,9 d	4,9 c	5,2 c	5,9 b	6,6 a	5,7 b	4,2 d	6,8 a	
16/01/02	3,9 e	4,5 d	5,1 c	5,9 b	6,6 a	6,1 b	4,1 e	6,6 a	
20/02/02	4,0 f	4,2 e	5,0 d	5,6 c	6,5 b	5,5 c	4,0 f	6,8 a	
0 – 2,5 cm (pH inicial 5,0)									
27/12/99	5,1 c	5,0 c	5,2 bc	5,7 a	5,9 a	5,5 ab	5,7 a	5,5 ab	
14/01/00	5,1 cd	5,1 d	5,7 bc	6,0 ab	6,3 a	5,3 cd	6,0 ab	5,4 bcd	
17/02/00	4,7 e	5,0 de	5,4 cd	5,8 bc	6,3 a	5,7 bc	5,8 bc	6,1 ab	
01/05/00	4,5 e	4,8 de	5,1 d	5,8 bc	6,4 a	5,7 bc	5,3 cd	6,0 ab	
23/04/01	4,0 d	4,3 c	4,5 c	5,3 b	5,8 a	5,0 b	4,5 c	5,7 a	
07/12/01	3,8 e	4,1 e	4,8 d	5,8 b	6,1 ab	5,3 c	4,0 e	6,2 a	
16/01/02	3,8 f	4,2 de	4,5 d	5,6 b	6,3 a	5,1 c	3,9 ef	6,4 a	
20/02/02	3,8 e	4,0 e	4,6 d	5,2 c	5,9 b	5,4 c	3,9 e	6,5 a	
08/05/02	3,9 e	4,1 de	4,3 d	5,0 c	5,8 b	4,8 c	3,9 e	6,1 a	
09/06/03	3,6 d	3,7 d	3,7 d	4,1 c	4,7 b	4,1 c	3,8 d	6,0 a	
2,5 – 5 cm (pH inicial 4,4)									
14/01/00	4,7 e	4,9 de	5,2 cde	5,4 bcd	5,9 ab	4,9 de	6,0 a	5,6 abc	
17/02/00	4,3 e	4,4 e	4,4 de	4,9 bcd	5,3 b	4,7 cde	5,8 a	5,1 b	
01/05/00	4,1 e	4,1 e	4,3 de	4,5 cd	5,0 b	4,4 cde	5,4 a	4,7 bc	
23/04/01	3,9 e	4,1 de	4,3 de	4,7 bc	5,2 a	4,5 cd	4,9 ab	5,3 a	
07/12/01	3,7 d	3,8 cd	3,9 bcd	4,3 b	5,0 a	4,2 bc	4,0 bcd	5,0 a	
16/01/02	3,7 d	3,8 d	4,0 d	4,2 c	5,2 b	4,2 c	4,0 d	5,4 a	
20/02/02	3,7 d	3,8 d	4,0 d	4,4 c	5,3 b	4,6 c	3,9 d	5,8 a	
08/05/02	3,9 e	4,0 de	4,2 d	4,7 c	5,5 b	4,7 c	4,0 de	5,9 a	
09/06/03	3,6 d	3,6 d	3,7 cd	3,9 cd	4,4 b	3,9 c	3,8 cd	5,6 a	
5 – 10 cm (pH inicial 4,3)									
17/02/00	4,3 d	4,3 d	4,3 cd	4,4 cd	5,0 b	4,4 cd	5,8 a	4,6 c	
01/05/00	4,1 d	4,1 d	4,3 cd	4,4 bcd	4,8 b	4,2 cd	5,5 a	4,6 bc	
23/04/01	3,9 d	4,0 cd	4,1 cd	4,4 bc	4,8 a	4,2 cd	5,1 a	4,7 ab	
07/12/01	3,8 b	3,8 b	3,9 b	4,1 b	4,5 a	4,0 b	4,6 a	4,5 a	
16/01/02	3,7 b	3,7 b	3,8 b	4,0 b	4,6 a	4,0 b	4,5 a	4,8 a	
20/02/02	3,9 cd	3,8 d	3,9 bcd	4,2 abcd	4,4 abc	4,1 abcd	4,4 ab	4,6 a	
08/05/02	3,9 d	4,0 d	4,1 cd	4,4 b	5,1 a	4,3 bc	4,1 cd	5,2 a	
09/06/03	3,7 cd	3,5 d	3,6 cd	3,8 cd	4,2 b	3,8 cd	3,9 c	5,1 a	
10 – 20 cm (pH inicial 4,3)									
01/05/00	4,4 b	4,2 b	4,4 b	4,4 b	4,6 ab	4,3 b	5,0 a	4,5 b	
23/04/01	4,0 d	4,1 d	4,1 cd	4,3 bcd	4,6 ab	4,1 cd	5,0 a	4,5 bc	
07/12/01	3,9 d	3,9 d	3,9 d	4,0 cd	4,3 b	4,0 cd	4,7 a	4,2 bc	
16/01/02	3,8 c	3,9 c	3,9 c	4,0 c	4,3 b	3,9 c	4,6 a	4,4 ab	
20/02/02	3,9 c	3,8 c	3,9 c	4,0 c	4,3 b	4,0 c	4,7 a	4,4 b	
08/05/02	3,9 d	4,0 cd	4,0 cd	4,1 bcd	4,7 a	4,2 bc	4,3 b	4,6 a	
09/06/03	3,7 c	3,7 c	3,7 c	3,7 c	4,1 b	3,7 c	4,1 b	4,6 a	

(\*) t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha em dose única de calcário na superfície, com adubação NK; t4i = 4 t/ha únicos incorporados, com NK; t2m = 2 t/ha iniciais com 1 t/ha anualmente, com NK; t4sa = 4 t/ha dose única na superfície, sem NK. Letras minúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa a 5% (Teste t). As amostragens de final de ciclo de cortes, e que identificavam as características do solo para o ciclo de cortes seguinte, foram: 01/5/00, 23/4/01, 8/5/02 e 9/6/03.

**Tabela 2a.** Alteração em profundidade do pH em CaCl<sub>2</sub>, em função de calagem em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com doses elevadas de NK (pH inicial de 16/12/1999).

Prof. (cm)	pH inicial	Tratamentos com calcário <sup>(*)</sup>							
		t0	t1	t2	t4	t8	t2m	t4i	t4sa
1/5/2000									
0-1		4,7 e	5,8 cd	6,2 bc	6,4 b	6,9 a	6,4 b	5,5 d	6,6 ab
0-2,5	5,0	4,5 e	4,8 de	5,1 d	5,8 bc	6,4 a	5,7 bc	5,3 cd	6,0 ab
2,5-5	4,4	4,1 e	4,1 e	4,3 de	4,5 cd	5,0 b	4,4 cde	5,4 a	4,7 bc
5-10	4,3	4,1 d	4,1 d	4,3 cd	4,4 bcd	4,8 b	4,2 cd	5,5 a	4,6 bc
10-20	4,3	4,4 b	4,2 b	4,4 b	4,4 b	4,6 ab	4,3 b	5,0 a	4,5 b
9/6/2003									
0-2,5		3,6 d	3,7 d	3,7 d	4,1 c	4,7 b	4,1 c	3,8 d	<b>6,0 a</b>
2,5-5		3,6 d	3,6 d	3,7 cd	3,9 cd	4,4 b	3,9 c	3,8 cd	<b>5,6 a</b>
5-10		3,7 cd	3,5 d	3,6 cd	3,8 cd	4,2 b	3,8 cd	3,9 c	<b>5,1 a</b>
10-20		3,7 c	3,7 c	3,7 c	3,7 c	4,1 b	3,7 c	4,1 b	<b>4,6 a</b>
20-40		3,7 b	3,7 b	3,7 b	3,7 b	4,3 a	3,8 b	4,2 a	4,3 a
40-60		3,9 c	3,9 c	4,0 bc	4,0 bc	<b>4,5 a</b>	4,0 bc	4,3 ab	4,3 ab
60-80		4,1 c	4,1 c	4,1 c	4,4 bc	<b>4,7 a</b>	4,3 bc	<b>4,6 ab</b>	4,3 bc
80-100		4,3 b	4,3 b	4,3 b	4,4 b	<b>4,8 a</b>	4,5 b	<b>4,8 a</b>	4,5 b
100-120		4,1 d	4,4 bcd	4,4 cd	4,4 bcd	<b>4,8 a</b>	4,4 bcd	<b>4,7 ab</b>	4,5 abc
120-140		4,4 b	4,4 b	4,3 b	4,4 b	<b>4,7 a</b>	4,4 b	<b>4,7 a</b>	4,5 ab
140-160		4,4 bc	4,4 bc	4,4 bc	4,3 c	<b>4,7 a</b>	4,3 c	<b>4,6 ab</b>	4,5 abc
160-180		4,4 ab	4,4 ab	4,3 b	4,4 b	<b>4,6 a</b>	4,3 b	<b>4,6 a</b>	4,5 ab
180-200		4,4 a	4,4 a	4,4 a	4,3 a	4,5 a	4,3 a	4,5 a	4,6 a

(\*) t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário superficial, com 400 kg/ano N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t4sa = 4 t/ha de calcário superficial em parcelas sem NK; t4i = 4 t/ha de calcário incorporado nos 20 cm da camada superficial, com N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t2m = 2 t/ha de calcário superficial, com adubação NK, e com reaplicação anual de 1 t/ha de calcário. Médias seguidas de mesmas letras, na linha, não diferem entre si (P>0,05). Valores sublinhados estão abaixo do valor original, e em negrito, acima.

**Tabela 3a.** Alteração da saturação por bases (V, em %), em função de calagem em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com doses elevadas de NK.

Prof. (cm)	V (%) inicial	Tratamentos com calcário <sup>(*)</sup>							
		t0	t1	t2	t4	t8	t2m	t4i	t4sa
1/5/2000 (para produção de forragem 2000-2001)									
0-1		49 c	74 ab	92 a	96 a	97 a	91 a	54 bc	91 a
0-2,5	47	26 e	42 de	58 bcd	75 ab	91 a	73 abc	54 cd	79 a
2,5-5	23	14 e	18 de	22 cde	31 cd	49 ab	28 cde	60 a	36 bc
5-10	19	16 c	18 c	21 c	25 c	42 b	19 c	64 a	26 c
10-20	18	23 ab	16 b	26 ab	29 ab	29 ab	18 b	39 a	22 b
9/6/2003 (para produção de forragem 2003-2004)									
0-2,5		8 d	9 d	13 d	30 c	<b>64 b</b>	29 c	12 d	<b>85 a</b>
2,5-5		6 d	7 d	11 cd	19 c	<b>46 b</b>	18 c	14 cd	<b>71 a</b>
5-10		5 e	8 de	8 cde	18 c	<b>36 b</b>	16 cd	15 cde	<b>54 a</b>
10-20		5 c	6 c	8 c	15 bc	<b>32 a</b>	13 c	<b>25 ab</b>	<b>36 a</b>
20-40		5 c	7 c	9 c	15 c	<b>29 a</b>	17 bc	<b>28 ab</b>	<b>30 a</b>
40-60		11 c	12 c	<b>20 bc</b>	<b>24 bc</b>	<b>40 a</b>	<b>24 bc</b>	<b>32 ab</b>	<b>22 bc</b>
60-80		17 d	<b>20 cd</b>	<b>20 cd</b>	<b>32 abc</b>	<b>41 a</b>	<b>39 ab</b>	<b>38 ab</b>	<b>25 bcd</b>
80-100		<b>20 d</b>	<b>22 cd</b>	<b>24 cd</b>	<b>33 bc</b>	<b>46 a</b>	<b>31 bcd</b>	<b>41 ab</b>	<b>22 cd</b>
100-120		18 c	<b>23 bc</b>	<b>26 bc</b>	<b>29 abc</b>	<b>40 a</b>	<b>27 abc</b>	<b>36 ab</b>	<b>22 bc</b>
120-140		<b>21 b</b>	<b>22 b</b>	<b>27 ab</b>	<b>28 ab</b>	<b>36 a</b>	<b>25 ab</b>	<b>35 a</b>	<b>20 b</b>
140-160		18 a	18 a	<b>22 a</b>	<b>28 a</b>	<b>31 a</b>	<b>25 a</b>	<b>32 a</b>	<b>21 a</b>
160-180		15 a	17 a	<b>21 a</b>	<b>27 a</b>	<b>28 a</b>	<b>25 a</b>	<b>29 a</b>	18 a
180-200		18 a	16 a	<b>21 a</b>	<b>23 a</b>	<b>28 a</b>	<b>25 a</b>	<b>26 a</b>	19 a

(\*) t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário superficial, com 400 kg/ano N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t4sa = 4 t/ha de calcário superficial em parcelas sem NK; t4i = 4 t/ha de calcário incorporado nos 20 cm da camada superficial, com N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t2m = 2 t/ha de calcário superficial, com adubação NK, e com reaplicação anual de 1 t/ha de calcário. V% inicial de 16/12/1999, data de aplicação do calcário. Médias seguidas de mesmas letras, na linha, não diferem entre si (P>0,05). Valores sublinhados estão abaixo do valor original, e em negrito, acima.

**Tabela 4a.** Alteração em profundidade no teor de cálcio trocável ( $\text{mmol}_c/\text{dm}_3$ ), em função de calagem em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com doses elevadas de NK.

Prof. (cm)	Ca inicial	Tratamentos com calcário <sup>(*)</sup>							
		t0	t1	t2	t4	t8	t2m	t4i	t4sa
1/5/2000									
0-1		25 d	25 d	45 cd	176 ab	241 a	79 cd	21 d	87 cd
0-2,5	21	11 d	21 cd	28 bcd	41 bc	108 a	43 bc	23 bcd	46 b
2,5-5	9	6 b	8 b	8 b	12 b	24 a	11 b	23 a	13 b
5-10	7	6 c	7 c	6 c	7 c	17 b	7 c	26 a	7 c
10-20	6	7 ab	5 b	8 ab	8 ab	9 ab	5 b	11 a	6 ab
9/6/2003									
0-2,5		3 e	5 e	8 de	20 cd	<b>45 b</b>	18 cd	7 de	<b>58 a</b>
2,5-5		2 c	4 bc	6 bc	12 b	<b>30 a</b>	10 bc	8 bc	<b>38 a</b>
5-10		2 c	4 bc	4 bc	9 b	<b>20 a</b>	8 b	8 bc	<b>23 a</b>
10-20		2 c	3 c	4 c	8 bc	<b>17 a</b>	8 bc	<b>13 ab</b>	<b>13 ab</b>
20-40		2 c	3 c	5 bc	7 abc	<b>12 a</b>	<b>8 abc</b>	<b>12 a</b>	<b>11 ab</b>
40-60		4 c	5 c	6 bc	8 bc	<b>16 a</b>	<b>9 bc</b>	<b>12 ab</b>	6 bc
60-80		5 b	5 ab	7 ab	9 ab	<b>14 a</b>	<b>14 ab</b>	<b>12 ab</b>	6 ab
80-100		4 b	5 b	6 b	8 ab	<b>15 a</b>	7 b	<b>10 ab</b>	5 b
100-120		4 b	5 b	6 ab	7 ab	<b>13 a</b>	6 ab	<b>8 ab</b>	5 b
120-140		5 b	4 b	6 ab	7 ab	<b>10 a</b>	6 ab	<b>8 ab</b>	4 b
140-160		4 ab	4 b	5 ab	7 ab	<b>9 a</b>	5 ab	<b>8 ab</b>	4 ab
160-180		3 b	3 b	5 ab	6 ab	<b>9 a</b>	6 ab	6 ab	4 ab
180-200		4 ab	3 b	5 ab	5 ab	<b>9 a</b>	7 ab	5 ab	4 ab

(\*) t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário superficial, com 400 kg/ano N-sulfato de amônio e  $\text{K}_2\text{O}$ ; t4sa = 4 t/ha de calcário superficial em parcelas sem NK; t4i = 4 t/ha de calcário incorporado nos 20 cm da camada superficial, com N-sulfato de amônio e  $\text{K}_2\text{O}$ ; t2m = 2 t/ha de calcário superficial, com adubação NK, e com reaplicação anual de 1 t/ha de calcário. Teor inicial de cálcio de 16/12/1999, data de aplicação do calcário. Médias seguidas de mesmas letras, na linha, não diferem entre si ( $P > 0,05$ ). Valores sublinhados estão abaixo do valor original, e em negrito, acima.

**Tabela 5a.** Alteração em profundidade no teor de potássio trocável (mmolc dm<sup>-3</sup>), em função de calagem em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com doses elevadas de NK.

Prof. (cm)	K inicial	Tratamentos com calcário <sup>(*)</sup>							
		t0	t1	t2	t4	t8	t2m	t4i	t4sa
1/5/2000									
0-1		2,5 a	2,8 a	2,4 a	2,7 a	2,0 ab	2,1 ab	2,3 a	1,4 b
0-2,5	1,9	2,2 ab	2,2 ab	2,1 ab	2,6 a	2,3 a	2,2 ab	1,8 bc	1,3 c
2,5-5	1,7	1,7 a	1,9 a	1,5 a	1,9 a	1,8 a	1,8 a	1,5 a	1,1 b
5-10	1,1	1,5 a	1,4 a	1,2 a	1,5 a	1,5 a	1,5 a	1,3 a	0,8 b
10-20	0,7	1,1 ab	1,1 ab	1,1 ab	1,4 a	1,2 a	1,1 ab	1,1 a	0,8 b
9/6/2003									
0-2,5		<b>4,3 a</b>	<b>3,7 ab</b>	<b>3,8 ab</b>	<b>3,4 ab</b>	<b>3,1 b</b>	<b>3,0 b</b>	<b>3,7 ab</b>	1,5 c
2,5-5		<b>3,6 a</b>	<b>3,0 ab</b>	<b>3,4 a</b>	<b>2,7 ab</b>	<b>2,5 b</b>	<b>2,7 ab</b>	<b>3,2 ab</b>	1,1 c
5-10		<b>3,1 a</b>	<b>2,9 ab</b>	<b>2,6 ab</b>	<b>2,2 ab</b>	<b>2,0 b</b>	<b>2,1 b</b>	<b>2,9 ab</b>	0,9 c
10-20		<b>2,1 ab</b>	<b>1,9 abc</b>	<b>2,3 a</b>	<b>1,6 bc</b>	<b>1,4 cd</b>	<b>1,8 abc</b>	<b>1,9 abc</b>	1,0 d
20-40		<b>1,4 a</b>	<b>1,2 a</b>	<b>1,4 a</b>	<b>1,2 a</b>	<b>1,1 a</b>	<b>1,3 a</b>	<b>1,4 a</b>	0,5 b
40-60		<b>1,2 ab</b>	<b>1,1 ab</b>	<b>1,1 ab</b>	<b>1,1 ab</b>	<b>0,9 b</b>	<b>1,4 a</b>	<b>1,1 ab</b>	0,4 c
60-80		<b>1,2 a</b>	<b>1,1 ab</b>	<b>1,2 a</b>	0,8 bc	0,8 c	<b>1,3 a</b>	0,8 bc	0,3 d
80-100		<b>1,2 a</b>	<b>1,0 ab</b>	0,8 bc	0,6 bcd	0,5 cd	<b>0,9 abc</b>	0,7 bcd	0,3 d
100-120		0,8 a	0,8 ab	0,8 ab	0,5 bcd	0,4 cd	0,7 abc	0,5 abcd	0,3 d
120-140		0,6 ab	0,6 ab	0,5 abc	0,4 bcd	0,3 d	0,6 a	0,3 cd	0,2 d
140-160		0,5 a	0,4 ab	0,5 a	0,4 ab	0,2 b	0,5 a	0,3 b	0,3 b
160-180		0,4 ab	0,4 ab	0,5 a	0,6 a	0,3 bc	0,5 a	0,4 abc	0,2 c
180-200		0,4 abc	0,5 ab	0,5 ab	0,4 abc	0,3 bc	0,6 a	0,4 abc	0,2 c

(\*) t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário superficial, com 400 kg/ano N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t4sa = 4 t/ha de calcário superficial em parcelas sem NK; t4i = 4 t/ha de calcário incorporado nos 20 cm da camada superficial, com N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t2m = 2 t/ha de calcário superficial, com adubação NK, e com reaplicação anual de 1 t/ha de calcário. Médias seguidas de mesmas letras, na linha, não diferem entre si (P>0,05). Valores sublinhados estão abaixo do valor original e em negrito, acima.



**Tabela 6a.** Alteração em profundidade na relação K/(Ca+Mg), em função de calagem em *Brachiaria decumbens* adubada com doses elevadas de NK.

Prof. (cm)	K/CM inicial	Tratamentos com calcário <sup>(*)</sup>							
		t0	t1	t2	t4	t8	t2m	t4i	t4sa
1/5/2000									
0-1		10 a	4 ab	1 b	1 b	1 b	1 b	7 ab	1 b
0-2,5	6	20 a	10 b	4 bc	4 bc	1 c	3 bc	6 bc	2 c
2,5-5	12	21 a	20 a	12 b	11 bc	6 bc	10 bc	4 c	6 bc
5-10	10	20 a	14 ab	12 abc	12 ab	7 bc	16 a	3 c	7 bc
10-20	7	14 a	14 a	8 a	11 a	10 a	14 a	8 a	8 a
9/6/2003									
0-2,5		<b>105 a</b>	<b>76 ab</b>	<b>42 bc</b>	<b>16 c</b>	5 c	<b>13 c</b>	<b>66 ab</b>	2 c
2,5-5		<b>106 a</b>	<b>87 ab</b>	<b>47 bc</b>	<b>18 cd</b>	6 d	<b>17 cd</b>	<b>38 cd</b>	2 d
5-10		<b>116 a</b>	<b>64 b</b>	<b>50 b</b>	<b>18 cd</b>	7 cd	<b>17 cd</b>	<b>35 bc</b>	2 d
10-20		<b>78 a</b>	<b>60 ab</b>	<b>52 b</b>	<b>14 c</b>	7 c	<b>18 c</b>	<b>12 c</b>	4 c
20-40		<b>51 a</b>	<b>35 ab</b>	<b>24 bc</b>	<b>13 cd</b>	7 cd	<b>13 cd</b>	9 cd	8 d
40-60		<b>24 a</b>	<b>16 b</b>	<b>13 bc</b>	<b>10 cde</b>	5 ef	<b>11 bcd</b>	7 def	5 f
60-80		<b>19 a</b>	<b>16 ab</b>	<b>13 bc</b>	6 de	5 de	8 cd	6 de	3 e
80-100		<b>21 a</b>	<b>15 a</b>	9 b	5 b	3 b	8 b	5 b	5 b
100-120		<b>17 a</b>	<b>14 a</b>	<b>10 ab</b>	5 b	4 b	<b>10 ab</b>	5 b	4 b
120-140		<b>11 ab</b>	<b>13 a</b>	<b>6 abc</b>	4 bc	3 c	<b>10 abc</b>	3 c	4 bc
140-160		<b>13 ab</b>	<b>13 a</b>	<b>14 a</b>	5 ab	3 b	8 ab	3 b	5 ab
160-180		<b>16 a</b>	<b>17 a</b>	<b>14 ab</b>	7 ab	6 ab	9 ab	4 ab	4 b
180-200		<b>14 a</b>	<b>17 a</b>	<b>11 a</b>	6 a	5 a	<b>13 a</b>	5 a	4 a

(\*) t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário superficial, com 400 kg/ano N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t4sa = 4 t/ha de calcário superficial em parcelas sem NK; t4i = 4 t/ha de calcário incorporado nos 20 cm da camada superficial, com N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t2m = 2 t/ha de calcário superficial, com adubação NK, e com reaplicação anual de 1 t/ha de calcário. Médias seguidas de mesmas letras, na linha, não diferem entre si (P>0,05). Valores sublinhados estão abaixo do valor original e em negrito, acima.

**Tabela 7a.** Dinâmica da matéria orgânica nas camadas superficiais do solo após a calagem.

Data coleta	Tratamento com calcário (*)							
	t0	t1	t2	t4	t8	t2m	t4i	t4sa
	0 – 1 cm							
01/05/00	52 abc	61 ab	66 a	52 abc	43 bc	40 c	34 c	45 bc
	0-2,5 cm (inicial 38 g/kg, em 16/12/1999)							
17/02/00	38 ab	43 a	41 a	38 ab	43 a	44 a	31 b	37 ab
01/05/00	43 ab	47 a	39 abc	37 bc	47 a	43 ab	31 c	35 bc
23/04/01	38 cd	46 a	42 abc	42 abc	45 ab	45 ab	33 d	40 bc
07/12/01	52 abc	57 ab	61 a	48 bcd	52 abc	55 abc	39 d	45 cd
09/06/03	33 ab	34 ab	37 ab	42 a	36 ab	39 ab	31 b	39 ab
	2,5 – 5 cm (inicial 29 g/kg, em 16/12/1999)							
17/02/00	30 a	32 a	30 a	31 a	34 a	34 a	32 a	29 a
01/05/00	30 ab	34 a	28 ab	26 b	34 a	33 a	29 ab	26 b
23/04/01	32 c	38 a	34 abc	33 bc	37 ab	34 abc	31 c	34 abc
07/12/01	39 ab	38 ab	39 ab	34 b	41 a	38 ab	36 ab	34 b
09/06/03	29 ab	30 ab	36 a	33 ab	30 ab	34 ab	26 b	30 ab
	5 – 10 cm (inicial 24 g/kg, em 16/12/1999)							
17/02/00	24 b	23 b	25 ab	24 b	24 b	26 ab	32 a	25 b
01/05/00	23 bc	25 abc	21 bc	20 c	25 ab	24 abc	28 a	22 bc
23/04/01	31 a	29 a	28 a	29 a	29 a	29 a	30 a	27 a
07/12/01	28 bc	28 bc	29 abc	27 c	31 ab	29 abc	32 a	27 c
09/06/03	25 a	25 a	31 a	26 a	26 a	28 a	25 a	26 a
	10 – 20 cm (inicial 21 g/kg, em 16/12/1999)							
01/05/00	15 b	20 a	20 a	18 ab	20 a	20 a	22 a	21 a
23/04/01	24 a	25 a	23 a	23 a	25 a	21 a	21 a	22 a
07/12/01	23 b	23 b	24 b	22 b	24 b	23 b	26 a	22 b
09/06/03	20 a	20 a	23 a	21 a	20 a	23 a	20 a	26 a

(\*) t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha únicos de calcário na superfície, com adubação K; t4i = 4 t/ha únicos incorporados, com NK; t2m = 2 t/ha iniciais com 1 t/ha anualmente, com NK; t4sa = 4 t/ha único na superfície, sem NK. Letras minúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa a 5% (Teste t).

**Tabela 8a.** Alteração em profundidade no teor de matéria orgânica, em função de calagem em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com doses elevadas de NK.

Prof. (cm)	MO inicial	Tratamentos com calcário <sup>(*)</sup>							
		t0	t1	t2	t4	t8	t2m	t4i	t4sa
1/5/2000									
0-1		52 abc	61 ab	66 a	52 abc	43 bc	40 c	34 c	45 bc
0-2,5	38	43 ab	47 a	39 abc	37 bc	47 a	43 ab	31 c	35 bc
2,5-5	29	30 ab	34 a	27 ab	26 b	34 a	33 a	29 ab	26 b
5-10	24	23 bc	25 abc	21 bc	20 c	25 ab	24 abc	28 a	22 bc
10-20	21	15 b	20 a	20 a	18 ab	20 a	20 a	22 a	21 a
9/6/2003									
0-2,5		33 ab	34 ab	37 ab	<b>42 a</b>	36 ab	39 ab	31 b	39 ab
2,5-5		29 ab	30 ab	<b>36 a</b>	<b>33 ab</b>	30 ab	<b>34 ab</b>	26 b	30 ab
5-10		25 a	25 a	31 a	26 a	26 a	28 a	25 a	26 a
10-20		20 a	20 a	23 a	21 a	20 a	23 a	20 a	26 a
20-40		13 a	15 a	18 a	13 a	17 a	18 a	13 a	17 a
40-60		10 a	11 a	13 a	9 a	11 a	13 a	9 a	13 a
60-80		9 ab	9 ab	11 ab	8 ab	8 b	10 ab	8 b	13 a
80-100		6 a	6 a	10 a	7 a	7 a	8 a	7 a	10 a
100-120		6 a	8 a	9 a	6 a	6 a	8 a	6 a	10 a
120-140		5 c	5 c	8 a	6 abc	5 bc	6 abc	5 c	7 ab
140-160		5 a	5 a	7 a	5 a	5 a	6 a	5 a	6 a
160-180		5 ab	5 b	8 a	5 ab	5 ab	6 ab	5 ab	6 ab
180-200		5 a	5 a	7 a	5 a	5 a	5 a	4 a	6 a

(\*) t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário superficial, com 400 kg/ano N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t4sa = 4 t/ha de calcário superficial em parcelas sem NK; t4i = 4 t/ha de calcário incorporado nos 20 cm da camada superficial, com N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t2m = 2 t/ha de calcário superficial, com adubação NK, e com reaplicação anual de 1 t/ha de calcário. Médias seguidas de mesmas letras, na linha, não diferem entre si (P>0,05). Valores sublinhados estão abaixo do valor original e em negrito, acima.

**Tabela 9a.** Dinâmica no teor médio de micronutrientes (mg/kg) na forragem após a calagem.

Ano	Tratamento com calcário (*)							
	t0	t1	t2	t4	t8	t2m	t4i	t4sa
	Cu							
99-00	5 a	5 a	5 a	5 a	5 ab	4 ab	5 a	4 b
00-01	6 a	6 ab	6 ab	6 ab	6 ab	5 ab	5 b	4 c
01-02	7 a	7 a	7 a	7 a	7 a	7 a	7 a	7 a
02-03	7 a	7 a	7 a	7 a	7 a	7 a	7 a	5 b
03-04	7 a	6 a	6 a	7 a	7 a	6 a	7 a	3 b
	Zn							
99-00	17 a	17 a	15 abc	17 a	16 ab	17 a	14 bc	13 c
00-01	21 a	21 a	21 a	19 a	17 b	19 a	21 a	17 b
01-02	24 a	23 a	23 ab	21 c	20 d	22 bc	23 a	18 e
02-03	23 abc	23 ab	24 a	22 bc	20 d	22 bc	23 abc	17 e
03-04	24 bc	26 b	26 b	26 b	25 b	36 a	27 b	18 c
	Fe							
99-00	93 bc	105 bc	85 bc	90 bc	91 bc	81 c	173 ab	214 a
00-01	125 b	128 b	137 b	127 b	133 b	123 b	131 b	198 a
01-02	143 b	142 b	141 b	134 b	131 b	129 b	133 b	167 a
02-03	147 ab	137 ab	147 ab	136 ab	126 b	135 ab	144 ab	160 a
03-04	157 a	142 a	126 a	175 a	121 a	118 a	141 a	152 a
	Mn							
99-00	132 a	111 bc	84 cd	95 cd	80 de	98 bcd	68 e	115 ab
00-01	203 a	165 b	147 bc	127 de	115 e	136 cd	117 e	123 de
01-02	196 a	190 ab	183 b	157 c	136 d	155 c	165 c	127 d
02-03	181 ab	189 ab	196 a	185 ab	149 c	175 b	185 ab	122 d
03-04	167 c	179 bc	195 ab	200 a	184 abc	180 bc	200 a	99 d
	B							
99-00	4 a	4 a	4 a	5 a	5 a	5 a	4 a	4 a
00-01	6 ab	6 bc	6 c	6 ab	6 ab	6 bc	6 ab	7 a
01-02	7 a	6 a	7 a	7 a	7 a	7 a	7 a	7 a
03-04	6 b	6 b	7 b	7 b	7 b	11 a	6 b	7 b

(\*) t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário superficial, com 400 kg/ano N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t4sa = 4 t/ha de calcário superficial em parcelas sem NK; t4i = 4 t/ha de calcário incorporado nos 20 cm da camada superficial, com N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t2m = 2 t/ha de calcário superficial, com adubação NK, e com reaplicação anual de 1 t/ha de calcário. Letras minúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa a 5% (Teste t).

**Tabela 10a.** Teores de macronutrientes (g/kg MS) na forragem, em função de calagem em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com doses elevadas de NK

Trat.	S		K		Ca	Mg
2000						
t0	16,9	1,7	1,5	23,5	3,0	2,7
t1	16,5	1,5	1,4	23,3	2,9	2,8
t2	16,2	1,6	1,5	25,8	3,1	2,7
t4	16,9	1,6	1,5	23,4	3,1	2,8
t8	16,1	1,7	1,5	21,4	3,0	2,9
CV (%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
2004						
t0	23,4	1,5	2,1	27,8	1,1	1,0
t1	23,3	1,5	2,2	28,5	1,2	1,3
t2	23,2	1,4	2,3	26,4	1,5	1,6
t4	23,5	1,5	2,1	29,2	1,9	2,0
t8	22,8	1,5	2,2	28,9	2,7	2,7
CV (%)	ns	ns	ns	ns	8,6 L**	10,2 L**
2000						
t0	16,9 a B	1,7 a A	1,5 a B	23,5 a B	3,0 b A	2,7 c A
t2m	17,3 a B	1,6 a A	1,4 a B	22,6 a B	3,0 b A	2,9 bc A
t4	16,9 a B	1,6 a A	1,5 a B	23,4 a B	3,1 ab A	2,8 bc A
t4i	13,9 ab B	1,3 b A	1,4 a B	25,3 a B	3,0 b A	3,4 a A
t4sa	11,2 b A	1,2 b A	1,3 a A	14,7 b A	3,4 a A	3,2 ab A
CV (%)	23,3	11,7	16,8	10,8	9,7	11,9
2004						
t0	23,4 a A	1,5 a B	2,1 a A	27,8 ab A	1,1 d B	1,0 d B
t2m	24,0 a A	1,4 a A	2,1 a A	26,4 b A	2,3 b B	2,3 b B
t4	23,5 a A	1,5 a B	2,1 a A	29,2 a A	1,9 c B	2,0 c B
t4i	23,6 a A	1,6 a A	2,3 a A	29,7 a A	1,8 c B	1,9 c B
t4sa	10,9 b A	1,2 b A	1,3 b A	14,0 c A	3,3 a A	3,1 a A
CV (%)	5,9	7,1	10,2	7,3	6,8	6,5

Nota: Trat. = tratamentos; t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário superficial, com 400 kg/ano N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t4sa = 4 t/ha de calcário superficial em parcelas sem NK; t4i = 4 t/ha de calcário incorporado nos 20 cm da camada superficial, com N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t2m = 2 t/ha de calcário superficial, com adubação NK, e com reaplicação anual de 1 t/ha de calcário. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si (P>0,05) no ano e de maiúsculas, entre anos.

**Tabela 11a.** Teores de micronutrientes (mg/kg de MS) na forragem e relação ânions:cátions de macronutrientes, em função de calagem em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com doses elevadas de NK.

Trat.	Cu	Zn	B	Fe	Mn	A/C
2000						
t0	4,8	17,2	4,5	92,7	132,4	0,7
t1	5,1	17,2	3,9	104,7	110,6	0,7
t2	5,3	15,0	3,8	84,8	84,4	0,6
t4	5,0	16,6	5,2	90,5	94,9	0,7
t8	4,5	15,8	4,8	90,8	80,1	0,8
CV (%)	ns	ns	ns	ns	15,5 L**	ns
2004						
t0	6,6	24,2	5,9	157,0	167,2	0,9
t1	6,2	25,6	6,4	142,4	178,9	0,9
t2	6,4	25,5	6,6	125,8	194,5	0,9
t4	6,8	25,7	6,5	175,0	199,7	0,8
t8	6,8	25,3	6,8	120,6	184,3	0,8
CV (%)	ns	8,6 Q**	ns	ns	12,3 L**	ns
2000						
t0	4,8 a B	17,2 a B	4,5 a A	92,7 b B	132,4 a A	0,7 a A
t2m	4,4 ab B	16,8 ab B	5,1 a A	81,1 b A	98,0 b B	0,8 a A
t4	5,0 a B	16,6 ab B	5,2 a A	90,5 b A	94,9 b B	0,7 a A
t4i	5,2 a B	13,7 bc B	4,3 a B	172,8 ab A	67,8 c B	0,5 b B
t4sa	3,7 b A	12,9 c B	4,0 a B	214,1 a A	115,4 ab A	0,7 a A
CV (%)	18,2	17,9	28,5	71,9	18,1	19,1
2004						
t0	6,6 a A	24,2 b A	5,9 b A	157,0 a A	167,2 b A	0,9 a A
t2m	6,4 a A	35,6 a A	10,8 a A	117,9 a A	180,3 ab A	0,9 a A
t4	6,8 a A	25,7 b A	6,5 b A	175,0 a A	199,7 a A	0,8 a A
t4i	6,9 a A	26,8 ab A	6,3 b A	140,6 a A	199,7 a A	0,9 a A
t4sa	3,5 b A	17,7 b A	6,6 b A	151,7 a A	99,1 c B	0,7 b A
CV (%)	6,4	29,4	44,7	42,4	10,4	8,9

Nota: Trat. = tratamentos; t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário superficial, com 400 kg/ano N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t4sa = 4 t/ha de calcário superficial em parcelas sem NK; t4i = 4 t/ha de calcário incorporado nos 20 cm da camada superficial, com N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t2m = 2 t/ha de calcário superficial, com adubação NK, e com reaplicação anual de 1 t/ha de calcário. A/C = relação ânions e cátions de macronutrientes. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si (P>0,05) no ano e de maiúsculas, entre anos.

**Tabela 12a.** Dinâmica na média do teor de nutrientes na forragem após a calagem, nos tratamentos com menor e maior média de produção ao longo dos anos.

Ano	Trat.	MS (kg/ha)	----- Teor mineral médio na forragem, secada a 60°C -----									
			N	P	S	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
			-----g/kg-----					----- mg/kg -----				
Menor média de produção de forragem por corte												
99-00	t1	2405	14,7	1,5	1,3	23,8	3,0	2,8	4,4	17,4	102	105
00-01	t0	2450	20,6	2,1	1,9	26,9	3,2	2,4	6,0	21,5	116	191
01-02	t0	1736	21,2	1,7	2,0	23,4	2,3	1,9	7,4	23,3	138	201
02-03	t0	1710	21,3	1,5	1,7	27,4	1,3	1,6	6,8	23,5	138	189
03-04	t0	1786	23,5	1,5	2,1	27,0	1,2	1,1	6,1	25,7	149	177
Maior média de produção de forragem por corte												
99-00	t2	2568	14,8	1,6	1,3	25,6	3,1	2,8	4,6	15,7	86	82
00-01	t2	2881	19,4	2,3	1,9	28,0	4,0	3,2	4,8	22,2	129	146
01-02	t4	2104	20,1	1,8	1,9	22,8	3,3	3,0	7,0	21,8	129	157
02-03	t8	2262	20,0	1,5	1,8	26,6	2,5	2,9	6,8	20,5	127	154
03-04	t8	2649	22,8	1,5	2,2	29,2	2,8	2,9	6,6	26,2	116	179
00-01	t4i	3377	20,4	2,2	1,8	27,4	3,8	4,1	5,1	22,0	126	116

Nota: Trat. = tratamentos; t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário superficial, com 400 kg/ano N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t4i = 4 t/ha de calcário incorporado nos 20 cm da camada superficial.

**Tabela 13a.** Dinâmica na média do teor de características de solo após a calagem, nos tratamentos com menor média de produção de forragem ao longo dos anos.

Trat.	Cam. (cm)	----- Características químicas do solo -----								
		pH CaCl <sub>2</sub> -	K	Ca	Mg	Al	V	K/ Ca+Mg	Mn	Zn
		----- mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----								
Tratamentos com menor produção de forragem										
1999-2000										
t1	2,5	4,8	2,2	20,8	11,0	3,6	42,0	9,9	.	.
t1	5	4,1	1,9	8,0	4,2	10,2	17,7	20,3	.	.
t1	10	4,1	1,4	7,3	3,6	11,6	18,3	13,7	.	.
t1	20	4,2	1,1	4,8	3,3	7,8	16,3	13,8	.	.
2000-2001										
t0	2,5	4,0	6,7	10,0	2,9	14,0	19,5	62,6	13,8	2,8
t0	5	3,9	4,3	8,3	1,9	15,6	14,5	55,1	10,9	1,5
t0	10	3,9	3,4	5,5	2,3	17,4	11,7	56,4	8,0	0,9
t0	20	4,0	2,6	6,0	2,1	14,8	12,4	37,7	7,6	0,7
2001-2002										
t0	2,5	3,9	8,7	4,3	2,2	19,0	13,8	144,0	.	.
t0	5	3,9	6,9	4,3	1,9	18,9	12,4	116,5	.	.
t0	10	3,9	5,0	3,0	1,8	17,8	10,4	113,1	.	.
t0	20	3,9	3,8	2,5	1,8	17,1	9,8	98,8	.	.
2002-2003										
t0	2,5	3,6	4,3	2,8	1,8	1,8	7,5	104,7	4,8	1,1
t0	5	3,6	3,6	2,3	1,5	2,0	6,2	106,0	4,4	0,8
t0	10	3,7	3,1	1,8	1,3	2,0	5,4	115,6	3,4	0,6
t0	20	3,7	2,1	1,8	1,3	2,1	4,8	77,7	3,4	0,3

Nota: Trat. = tratamentos; t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário superficial, com 400 kg/ano de N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t4i = 4 t/ha de calcário incorporado nos 20 cm da camada superficial. Cam. = camada. Valores médios (Raij et al., 1996): K = 1,6-3; Ca = 4-7; Mg = 5-8; Mn = 1,3-5; Zn = 0,6-1,2; e de P = 13-30 mg/dm<sup>3</sup>; Fe = 5-12; Cu = 0,3-0,8; B = 0,2-0,6; V (%) = 51-70; pH = 5,1-5,5.



**Tabela 14a.** Dinâmica na média do teor médio de características de solo após a calagem, nos tratamentos com maior média de produção de forragem ao longo dos anos.

Trat.	Cam. (cm)	----- Características químicas do solo -----								
		pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	Mg	Al	V (%)	K/ Ca+Mg	Mn (mg/dm <sup>3</sup> )	Zn
Tratamentos com melhor produção de forragem										
1999-2000										
t2	2,5	5,1	2,1	28,5	23,3	1,9	57,6	4,4	.	.
t2	5	4,3	1,5	8,3	4,9	8,2	21,7	12,4	.	.
t2	10	4,3	1,2	6,0	5,2	7,4	20,6	12,0	.	.
t2	20	4,4	1,1	7,5	6,6	5,9	26,0	8,8	.	.
2000-2001										
t2	2,5	4,5	5,6	28,8	15,0	5,2	46,6	13,1	21,2	3,2
t2	5	4,3	4,2	20,0	11,6	8,4	34,2	15,5	11,6	1,8
t2	10	4,1	3,2	10,8	5,6	11,2	22,7	19,5	7,6	0,9
t2	20	4,1	2,5	10,5	4,8	10,4	23,3	16,2	6,7	0,5
2001-2002										
t4	2,5	5,0	7,3	47,3	20,2	1,8	62,7	11,8	.	.
t4	5	4,7	6,3	36,0	14,9	2,7	53,2	13,0	.	.
t4	10	4,4	5,1	23,8	9,6	5,8	40,6	15,7	.	.
t4	20	4,1	3,4	14,5	5,9	9,1	30,0	17,7	.	.
2002-2003										
t8	2,5	4,7	3,1	44,5	27,5	0,3	64,0	5,0	13,2	1,2
t8	5	4,4	2,5	29,8	14,0	0,6	46,1	6,1	8,2	0,7
t8	10	4,2	2,0	20,0	10,0	0,8	36,3	7,0	5,7	0,5
t8	20	4,1	1,4	17,3	8,3	1,0	31,9	6,5	4,2	0,3
2000-2001 (maior média de produção de forragem)										
t41	2,5	4,5	5,8	19,0	10,9	4,7	47,0	23,3	18,8	1,9
t41	5	4,9	3,7	30,0	12,0	2,5	51,3	13,6	17,3	1,4
t41	10	5,1	2,8	31,8	16,6	1,2	57,7	7,4	12,2	0,9
t41	20	5,0	2,4	24,0	14,2	2,7	53,6	8,1	7,3	0,8

Nota: Trat. = tratamentos; t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha de calcário superficial, com 400 kg/ano de N-sulfato de amônio e K<sub>2</sub>O; t4i = 4 t/ha de calcário incorporado nos 20 cm da camada superficial. Cam. = camada.

**Tabela 15a.** Coeficientes de correlação de Pearson (r) de produção de forragem (2001-2002) com características do solo.

Camada (cm)	V (%)	K/ (Ca+Mg)	Ca ----- mmol <sub>c</sub> /dm <sub>3</sub> -----	Al	K
0-2,5	0,49 *	-0,50 *	0,44 *	-0,57 **	(-0,31) (19%)
2,5-5	0,49 *	-0,62 **	0,49 *	-0,52 *	(-0,19) (42%)
5-10	(0,35) (14%)	-0,52 *	(0,27) (25%)	-0,46 *	(-0,24) (31%)
10-20	(0,32) (16%)	-0,45 *	(0,39) (10%)	(-0,35) (14%)	(-0,39) (9%)
20-40	(0,43) (6%)	-0,60 **	0,50 *	(-0,42) (7%)	-0,58 **
40-60	ns	ns	ns	ns	-0,45 *

Nota: Os coeficientes de correlação entre parêntesis mostram a tendência do nível de significância.

**Tabela 16a.** Coeficientes de correlação de Pearson (r) de produção de forragem (2001-2002 e 2002-2003) com características do solo.

Camada (cm)	pH	V (%)	K/Ca+Mg	Ca ---- mmol <sub>c</sub> /dm <sub>3</sub> ----	K ----	Mn	Zn mg/kg
0-2,5	0,71 **	0,72 **	-0,68 *	0,59 *	ns	0,91 **	0,72 **
2,5-5	0,70 *	0,66 *	-0,70 *	ns	0,63 *	0,82 **	0,70 *
5-10	0,70 *	0,56 *	-0,65 *	ns	ns	0,82 **	0,67 *
10-20	0,75 **	0,66 *	-0,69 *	0,57 *	0,61 *	0,78 **	0,59 *
20-40	0,81 **	0,81 **	-0,71 **	0,73 **	0,66 *	-	-
40-60	0,75 **	ns	ns	ns	ns	-	-

**Tabela 17a.** Dinâmica da saturação por bases (V%) nas camadas superficiais do solo após a calagem, ao longo de 4 anos.

Data	Tratamento com calcário (*)							
	t0	t1	t2	t4	t8	t2m	t4i	t4sa
	0 2,5 cm (V% inicial 50)							
17/02/00	55 f	64 e	81 cd	86 bc	96 a	89 b	75 d	89 b
01/05/00	28 e	42 d	62 c	80 ab	91 a	77 b	58 c	83 ab
23/04/01	19 d	37 cd	47 c	72 ab	86 a	65 b	47 c	77 ab
07/12/01	11 f	27 e	54 d	83 b	93 a	73 c	22 e	89 ab
08/05/02	14 d	24 cd	34 c	63 b	84 a	58 b	21 d	86 a
09/06/03	8 d	9 d	13 d	30 c	64 b	29 c	12 d	85 a
	2,5 5 cm (V% inicial 27)							
17/02/00	31 d	37 cd	45 cd	64 ab	72 a	51 bc	76 a	62 ab
01/05/00	14 d	17 ef	28 ed	40 cd	53 ab	33 d	64 a	50 bc
23/04/01	15 f	25 ef	34 de	54 bc	71 a	42 cd	51 bc	64 ab
07/12/01	8 d	11 d	19 cd	35 b	63 a	32 b	30 bc	58 a
08/05/02	12 d	17 cd	27 c	53 b	79 a	52 b	19 cd	77 a
09/06/03	6 d	7 d	11 cd	19 c	46 b	18 c	14 cd	71 a
	5 10 cm (V% inicial 21)							
17/02/00	26 d	26 cd	31 bcd	44 b	65 a	36 bcd	75 a	42 bc
01/05/00	16 e	18 ed	24 cde	28 cd	42 b	22 de	64 a	33 bc
23/04/01	12 f	19 ef	23 ef	40 cd	56 ab	27 de	58 a	44 bc
07/12/01	7 d	10 cd	14 cd	25 b	44 a	19 bc	47 a	41 a
08/05/02	10 e	15 de	27 cd	41 b	64 a	36 bc	25 cd	60 a
09/06/03	5 e	8 de	8 cde	18 c	36 b	16 cd	15 cde	54 a
	10 20 cm (V% inicial 18)							
01/05/00	21 bc	17 c	25 bc	26 abc	32 ab	17 c	37 a	20 c
23/04/01	12 e	19 de	23 cde	31 bcd	43 ab	24 cde	54 a	33 bc
07/12/01	10 f	12 ef	14 def	21 c	29 b	18 cde	41 a	19 cd
08/05/02	10 d	13 d	19 cd	30 bc	48 a	33 b	34 b	34 b
09/06/03	5 c	6 c	8 c	15 bc	32 a	12 c	25 ab	36 a

(\*) t0, t1, t2, t4 e t8 = 0, 1, 2, 4 e 8 t/ha únicos de calcário na superfície, com adubação K; t4i = 4 t/ha únicos incorporados, com NK; t2m = 2 t/ha iniciais com 1 t/ha anualmente, com NK; t4sa = 4 t/ha único na superfície, sem NK. Letras minúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa a 5% (Teste t). As amostragens de final de ciclo de cortes e que identificavam as características do solo para o ciclo de cortes seguinte foram feitas em 01/5/00, 23/4/01, 8/5/02 e 9/6/03.

