

# Efeitos de tipos e doses de calcário nas características químicas do solo e do capim-Tobiatã (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tobiatã)

Pedro Henrique de Cerqueira Luz<sup>1\*</sup>, Euclides Martins Onofre Sobrinho<sup>1</sup>, Valdo Rodrigues Herling<sup>1</sup>, Renata Maria Consentino Conti<sup>1</sup>, Gustavo José Braga<sup>1</sup> e César Gonçalves de Lima<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Zootecnia, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Rua Duque de Caxias Norte, 225, Pirassununga-São Paulo, Brazil. <sup>2</sup>Departamento de Ciências Básicas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Rua Duque de Caxias Norte, 225, Pirassununga-São Paulo, Brazil.  
\*Author for correspondence.

**RESUMO.** O presente experimento foi conduzido na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da Universidade de São Paulo (USP) - Pirassununga, objetivando estudar os efeitos de tipos e doses de calcário na composição química do solo e da planta de uma área de pastagem formada pelo capim-Tobiatã, *Panicum maximum* Jacq. (Poaceae). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com sete tratamentos e quatro repetições, composto por três tipos de calcário: Calcítico (A), Dolomítico 1 (C) e Dolomítico 2 (E), em duas doses (V%= 30 e 60), mais a testemunha absoluta. Os atributos químicos do solo foram avaliados entre o 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> cortes e os da planta, por ocasião do 3<sup>o</sup> corte. Houve resposta da calagem para os teores de fósforo, cobre e manganês da planta forrageira. Na profundidade de 0-20 cm, ocorreu menor acúmulo de H+Al quando se utilizou o tratamento C60%, enquanto que os teores de cálcio, a soma de bases e o índice de saturação por alumínio foram menores, independente da calagem. Considerando os parâmetros avaliados, conclui-se que a calagem traz benefícios, equilibrando os nutrientes no solo e na planta.

**Palavras-chave:** planta forrageira, calcário calcítico, calcário dolomítico, solo.

**ABSTRACT.** Effects of types and levels of lime on chemical characteristics of soil and Tobiatã grass (*Panicum maximum* Jacq.). An experimental trial was conducted at FZEA/USP – Pirassununga SP Brazil, to evaluate the effects of type and level of limestone on soil and plant chemical compositions, applied on tobiatã grass, *Panicum maximum* Jacq. (Poaceae) pastures. Experimental design consisted of randomized blocks with seven treatments and four replicates, and composed of three types of limestone; Calcitic (A), Dolomitic 1 (C) and Dolomitic 2 (E) at two levels (V% = 30 e 60), plus control treatment. Soil chemical analyses were conducted between the second and third cuts, and plant chemical composition evaluated at the third. Limestone affected phosphorus, copper and manganese concentrations in the plant. At 0-20 cm soil depth there was lower concentrations of H+Al when C60% treatment was applied; on the other hand, concentrations of calcium, total base and aluminum saturation index were lower and independent from limestone type. Limestone application is a benefic and advisable practice since it balances nutrients in soil and plant.

**Key words:** herbage, lime calcitic, lime dolomitic, soil.

Geralmente, os solos tropicais são ácidos devido à lixiviação de grandes quantidades de bases trocáveis, resultante dos altos índices de pluviosidade e pela ausência no solo dos minerais primários e secundários, responsáveis pela reposição dessas bases (Vitti e Luz, 1997). Segundo Malavolta (1984) e Vitti e Luz (1997), o problema acentua-se pelo cultivo, pois as plantas, ao absorverem cátions, deixam quantidades equivalentes de hidrogênio (H<sup>+</sup>).

A acidificação também pode ocorrer pela ação dos microorganismos ou pela aplicação de fertilizantes, principalmente nitrogenados, como o nitrato e o sulfato de amônio. É um processo inevitável, exigindo correções periódicas, através da aplicação de materiais corretivos para que a produção das plantas forrageiras seja maximizada (Vitti e Luz, 1997).

Apesar de não ser o único responsável pela acidez do solo, o  $H^+$  exerce influência direta na solubilidade dos nutrientes. A remoção de cátions trocáveis exige a substituição dos mesmos para satisfazer o equilíbrio de cargas entre a fase sólida e os íons trocáveis. Quando nestes se inclui o  $H^+$ , a acidificação inicia-se e acentua-se à medida que mais  $H^+$  é adsorvido pelo solo (Melo, 1984).

Em pH menor que 5,5 os compostos de alumínio tornam-se solúveis e os íons alumínio ( $Al^{+++}$ ) passam a ser reativos, dificultando a absorção e transporte de diferentes elementos, como o fósforo, o potássio, o cálcio e o magnésio. Por outro lado, o excesso de manganês, além de diminuir a absorção de ferro e de outros micronutrientes catiônicos, causa diminuição na síntese de clorofila e inibe reações ativadas pelo magnésio. Os dois excessos podem ser controlados pela prática da calagem (Malavolta, 1984).

Segundo Werner (1986), além do fornecimento de cálcio e magnésio, a calagem tem, entre outras funções, a elevação do pH do solo, aumentando a disponibilidade de fósforo e molibdênio que, em pH baixo, não são assimiláveis, e a neutralização do alumínio, manganês e ferro, que, em pH baixo, podem estar em formas e quantidades tóxicas às plantas.

Um solo ideal, segundo Corsi e Nussio (1993), deve apresentar em sua CTC: 20% de H, 65 a 85% de Ca; 6 a 12% de Mg e 2 a 5% de K.

Alcarde (1983) relata que a velocidade de reação dos corretivos no solo, neutralizando a acidez, depende do tamanho de suas partículas e da natureza química dos seus constituintes neutralizantes. Assim, é de suma importância a avaliação da composição química do material calcário, pois quanto maior os teores em CaO (Óxido de cálcio) e MgO (Óxido de magnésio), maior o poder neutralizante (PN), menor a quantidade a ser utilizada e maior a economia. Além disso, o grau de finura deve ser levado em consideração, uma vez que quanto mais fino o material calcário, maior sua eficiência, devido a sua maior superfície de contato com as partículas do solo.

A deficiência de cálcio e de magnésio tem sido observada, no Brasil, tanto pelo aparecimento dos sintomas nas plantas quanto pela quantidade de matéria seca produzida. Nas plantas, o cálcio é absorvido como  $Ca^{++}$  e transportado da raiz para a parte aérea, sem depender do fornecimento de energia. Altas concentrações de potássio e magnésio diminuem sua absorção. A falta de cálcio reduz o desenvolvimento radicular, diminuindo a absorção,

podendo a raiz inclusive perder íons previamente absorvidos (Martinez et al., 1984).

Premazzi (1991), trabalhando em um Latossolo Vermelho amarelo ácido, com índice de saturação por bases de 10%, constatou significativos aumentos nos teores de cálcio e magnésio e diminuição nos de manganês da planta forrageira mediante a calagem. Ferrari Neto (1991) observou, para o capim-Colonião, que, quando o índice de saturação por bases passou de 40 para 60%, ou ao solo foram fornecidos 150 ou 300 kg/ha de cálcio ou magnésio, o teor de magnésio foi significativamente mais baixo na planta forrageira quando o mesmo não foi aplicado, enquanto a concentração de manganês nessa planta foi diminuída pela calagem.

Mitidieri (1995), testando quatro níveis de corretivo para elevar o índice de saturação por bases a 70%, em três plantas forrageiras do gênero *Panicum* (IZ-1, Vencedor e Centenário), verificou que as concentrações de cálcio e de magnésio aumentaram, enquanto as de manganês diminuíram na parte aérea dos capins com a elevação das doses do corretivo. O autor questionou a necessidade de calagem para essas plantas, quando a saturação por bases do solo for igual ou superior a 30%.

O capim-colonião tem sido a mais importante cultivar de *Panicum maximum* Jacq., porém o seu bom desempenho fica restrito aos solos de textura média ou arenosa e com alta fertilidade. Nas condições de acidez (pH 4,5 a 4,7) do Latossolo Vermelho escuro, bastante comum no Brasil Central, o seu crescimento é lento e não é persistente (Hutton e Souza, 1987).

A necessidade de calagem pode ser definida como a quantidade de corretivo a ser aplicada ao solo para neutralizar a sua acidez, elevando-se o pH e a saturação por bases a um nível desejável (Siqueira, 1986). O cálculo da necessidade de calagem leva em conta a elevação da saturação por bases e tem como vantagens a facilidade de cálculo e a flexibilidade de adaptação para diferentes culturas (Quaggio, 1984).

Monteiro (1995) recomenda a elevação da saturação por bases para 60% no cultivo ou na recuperação dos capins de gênero *Panicum*, sendo que o grau de tolerância das plantas forrageiras às condições ácidas do solo é muito amplo, tendo a gama de variações desde espécies exigindo meio ligeiramente ácido até espécies com relativa adaptação a solos bem ácidos. Werner et al. (1996), levando em conta que há uma tolerância diferencial no tocante à acidez do solo entre as plantas forrageiras, classificam-nas, quanto às exigências em nutrição mineral, em três grupos para gramíneas e dois para leguminosas. Nesse sentido, recomendam

a elevação da saturação por bases para 70% na formação de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tobiata e para 60% na manutenção.

Pastos degradados, com a superfície do solo exposta e endurecida, devem ser recuperados ao invés de receber tratamento de manutenção. Para isso, a aplicação do calcário deve ser separada do fertilizante fosfatado e do potássico e incorporá-los simultaneamente, no início da estação chuvosa. Para pastagens já formadas recomendam-se doses menores de calcário comparadas com as de formação, pois se deve levar em conta a tolerância da maioria das espécies de plantas forrageiras a algum grau de acidez no solo e também pela dificuldade de incorporação (Werner *et al.*, 1996).

Werner *et al.* (1979), analisando resultados experimentais de calagem em pastagens, constataram, para o capim-colonião, no 3º ano do experimento, aumento na concentração de Ca nas plantas com o aumento da dose de calcário. As análises do solo, após dois anos, revelaram aumento do pH, dos teores de Ca e Mg e redução no teor de Al com o aumento da dose de calcário.

Em um estudo de oito cultivares de *Panicum maximum*, Cecato *et al.* (1996) verificaram que a aplicação de corretivo de acidez resultou em aumento no teor de cálcio do capim-colonião.

Carvalho *et al.* (1993) pesquisaram os efeitos da calagem e da fertilização com fósforo sobre o crescimento do capim-gordura e concluíram que não houve resposta da planta forrageira à calagem, porém não descartam sua utilização, por evitar a presença de sintomas de deficiência de cálcio nas folhas e baixa concentração desse elemento na parte aérea da planta. Em algumas circunstâncias, a calagem pode otimizar o aproveitamento do fósforo pelas plantas, contribuindo para reduzir as quantidades de fertilizantes a serem aplicadas (Couto *et al.*, 1985).

Após serem absorvidos, ocorre variação na mobilidade dos nutrientes na planta. Há aqueles que possuem grande mobilidade, como o nitrogênio, o fósforo e o potássio, que se translocam dos tecidos mais velhos para os novos. Outros possuem pouca mobilidade, como o cálcio, o magnésio, o zinco e o ferro, que se concentram em tecidos mais velhos e nos talos.

Malavolta *et al.* (1974), em um experimento em casa de vegetação, encontraram, para o capim-colonião adubado, 1,71% de N, 0,20% de P, 3,33% de K, 0,29% de Ca, 0,24% de Mg e 0,09% de S na matéria seca. Por outro lado, Gallo *et al.* (1974) observaram, no mesmo capim, 1,73% de N, 0,21% de P, 2,11% de K, 0,42% de Ca, 0,24% de Mg e

0,07% de S e 15 ppm de B, 7 ppm de Cu, 124 ppm de Fe, 90 ppm de Mn e 21 ppm de Zn na matéria seca.

Segundo Martinez e Haag (1980), o capim-colonião, para atingir produções máximas, deve apresentar níveis críticos internos, 0,24% de P, enquanto Andrew e Robins (1969, 1971) relatam teores de 0,19%.

Diante do exposto e identificado o problema, o presente ensaio teve como objetivo constatar se a utilização de diferentes tipos e doses de calcário em pastagem de capim-Tobiata, *Panicum maximum* Jacq. (Poaceae), implicaria em alterações dos atributos químicos do perfil do solo e da planta.

### Material e métodos

O experimento foi conduzido na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, situada no Câmpus Administrativo de Pirassununga. Sua posição geográfica é de 21°59' de latitude Sul e 47°26' de longitude Oeste, em uma altitude de 634 m, sendo o clima considerado subtropical tipo Cwa Köppen (Oliveira e Prado, 1984). A temperatura média anual tem sido 21,0°C e a precipitação pluviométrica média anual por volta de 1300 mm. O solo é do tipo Latossolo Vermelho Escuro-Orto.

O ensaio experimental foi conduzido de novembro de 1993 a outubro de 1994, em uma área de aproximadamente 1000 m<sup>2</sup>. A área de pastagem escolhida estava formada de capim-Tobiata (*Panicum maximum* cv. Tobiata), em estágio de degradação, implantada em 1983 com correção e adubação de formação.

Com o auxílio de um trado, foram retiradas subamostras de solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. As amostras foram enviadas ao laboratório para a análise química.

A área experimental foi uniformizada a 20 cm de altura, em relação ao nível do solo, utilizando-se roçadora e depois dividida em 28 parcelas de 24 m<sup>2</sup> cada. Cada parcela apresentava as dimensões de 4,8 m de largura por 5,0 m de comprimento, com área útil de 15,2 m<sup>2</sup>. O espaçamento entre parcelas foi de 1,0 m.

A distribuição do calcário foi a lanço e sem incorporação (Werner *et al.*, 1996). Passados 60 dias da calagem, as parcelas experimentais foram novamente uniformizadas na mesma altura e adubadas a lanço, com o equivalente a 400 kg/ha de superfosfato simples (80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha), 160 kg/ha de sulfato de amônio (32 kg N/ha) e 26,6 kg/ha de cloreto de potássio (15,9 kg K<sub>2</sub>O/ha). As mesmas

quantidades de N e K foram repetidas após cada corte, somente no verão, incluindo a testemunha.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, sendo as médias avaliadas pelo teste de Tukey. Os tratamentos, em número de sete, foram: Calcítico - A30% e A60%; Dolomítico 1 - C30% e C60%; e Dolomítico 2 - E30% e E60% (Mitidieri, 1995; Monteiro, 1995; Werner *et al.*, 1996), mais a testemunha (Tabela 1). Na Tabela 2 podem ser observadas as características químicas dos corretivos utilizados.

**Tabela 1.** Tratamentos experimentais e respectivas doses de calcário (t/ha)

Tipos de calcário	Índice de saturação por bases esperado (V%)			
	Observado na análise			
Testemunha				
Calcítico (A)	30%	2,31	60%	5,61
Dolomítico 1 (C)	30%	2,46	60%	5,98
Dolomítico 2 (E)	30%	3,03	60%	7,36

**Tabela 2.** Características dos corretivos utilizados

Corretivos	PN(%)	CaO(%)	MgO(%)	CaO/MgO	RE(%)	PRNT(%)
Calcítico (A)	90	45	5	9,0:1	90	81
Dolomítico1 (C)	100	30	19	1,6:1	94	94
Dolomítico2 (E)	82	22	19	1,2:1	77	63

PN = poder de neutralização; RE = reatividade

O cálculo das doses de corretivo aplicadas foi determinado pelo índice de saturação por bases, segundo Quaggio (1984).

Foram realizadas amostragens de solo, entre o 2º e 3º cortes, para análise química de rotina (pH, P, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB, T, V, e m), segundo Rajj e Quaggio (1983). Os cortes foram realizados a 20 cm de altura do solo, sendo a cada 35 dias no verão e 70 no inverno. Por ocasião do 3º corte, foram realizadas amostragens de folha para análise dos seguintes elementos: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn (Malavolta *et al.*, 1989).

## Resultados e discussão

**Atributos químicos do solo.** Foram verificados efeitos significativos ( $P < 0,01$ ) de blocos nos teores de matéria orgânica, fósforo, cálcio, magnésio, soma de bases, capacidade de troca de cátions e índices de saturação por bases e por alumínio. Esses resultados demonstram que o delineamento experimental escolhido foi o correto e a importância que o mesmo teve na obtenção dos resultados.

Considerando os dados da análise química do solo (Tabela 3), constata-se que, após a calagem, ocorreu aumento nos teores de alguns nutrientes, principalmente nas bases trocáveis, favorecendo o decréscimo do índice de saturação de alumínio e a elevação do índice de saturação por bases. O grande

efeito na acidez do solo é devido principalmente à presença do íon  $H^+$  (Malavolta, 1984; Melo, 1984; Vitti e Luz, 1997). Esse elemento pode ser fornecido ao meio através da ação de alguns fertilizantes, principalmente os nitrogenados (Adams e Pearson, 1967; Vitti e Luz, 1997), pelo processo extrativo das plantas forrageiras (Malavolta, 1984; Vitti e Luz, 1997) ou ainda, pela lixiviação desses nutrientes (Malavolta, 1984).

**Tabela 3.** Valores médios para os parâmetros da análise química do solo antes e após a calagem<sup>1</sup>

Parâmetros	Profundidade (cm)			
	antes da calagem		após calagem	
	0-20	20-40	0-20	20-40
pH (CaCl <sub>2</sub> )	3,8	3,7	4,21a	4,18a
MO (g/dm <sup>3</sup> )	20,0	20,0	20,23a	20,61a
P (mg/dm <sup>3</sup> )	7,0	4,0	4,17a	3,78a
K (mmol/dm <sup>3</sup> )	0,2	0,2	0,33a	0,50a
Ca (mmol/dm <sup>3</sup> )	7,0	2,0	11,32a	9,75b
Mg (mmol/dm <sup>3</sup> )	1,0	1,0	3,46a	2,89a
Al (mmol/dm <sup>3</sup> )	12,0	14,0	6,64a	6,89a
H+Al (mmol/dm <sup>3</sup> )	80,0	80,0	48,14a	48,28a
SB (mmol/dm <sup>3</sup> )	8,2	3,2	15,11a	13,14b
CTC (mmol/dm <sup>3</sup> )	88,2	83,2	63,28a	61,18a
V (%)	9,0	4,0	23,57a	20,78a
m (%)	59,0	82,0	33,21b	38,46a

  

Tratamentos	H+Al	
	0-20 cm	20-40 cm
Testemunha	48,50a	46,50a
A30%	57,00a	45,75b
A60%	47,25a	49,50a
C30%	47,75a	47,75a
C60%	41,00b	49,75a
E30%	46,50a	47,25a
E60%	51,00a	53,50a

<sup>1</sup> valores médios seguidos de letras diferentes, na linha, são diferentes ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

Para o cálcio, foram observados os maiores valores na superfície (11,32 mmol/dm<sup>3</sup>) comparados à profundidade de 20-40 cm (9,75 mmol/dm<sup>3</sup>), enquanto que para o magnésio, os valores foram de 3,46 e 2,89 mmol/dm<sup>3</sup>, respectivamente para as camadas de 0-20 e 20-40 cm, embora ambos possam ser considerados como baixos. Cabe ressaltar que tal situação reflete que o calcário aplicado a lançar em superfície elevou os teores de cálcio e magnésio, que eram muito baixos, tanto em superfície (0-20 cm) como em subsuperfície (20-40 cm). Tal fato também pode ser constatado nos valores de saturação por bases que eram de apenas 9 e 4% para as camadas avaliadas (0-20 e 20-40 cm) passando para 23,57% e 20,78%, respectivamente. É pertinente comentar o elevado poder tampão deste solo, uma vez que a calagem fora calculada para elevar a saturação por bases para 30 e 60%. Esse mesmo comportamento do cálcio também foi observado para os teores médios da soma de base (SB), sendo constatados os valores 15,14 e 12,89 mmol/dm<sup>3</sup> nas duas profundidades, respectivamente. As

participações percentuais do cálcio, magnésio e potássio, na soma de bases, foram da ordem 75, 23 e 2% na superfície, enquanto que na profundidade de 20-40 cm, os valores foram 74, 22 e 4%, respectivamente.

Quando os teores desses elementos são relacionados à CTC do solo, os valores são bastante preocupantes, uma vez que o cálcio ocupa, na profundidade de 0-20 cm, apenas 18% desse total, enquanto o magnésio e o potássio apresentam valores de 5 e 1%, respectivamente. São considerados ideais valores de 65-85% para o cálcio, 6-12% para o magnésio e 2-5% para o potássio (Corsi e Nussio, 1993). Na profundidade de 20-40 cm, ocorreu pouca alteração desses valores, sendo observado que o H+Al ocupa, em média, 77% do total dos elementos na CTC.

O pH do solo manteve-se muito baixo, refletindo o alto poder tampão do solo. Do total de H+Al, o alumínio participa com apenas 12 e 14 mmol/dm<sup>3</sup> e o restante é ocupado pelo potencial de hidrogênio, para as camadas de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente, caracterizando sua importância no abaixamento do pH (Melo, 1984). A saturação de alumínio do solo foi superior ( $P < 0,05$ ) na profundidade de 20-40 cm (38,46%) comparada à superfície (33,21%), porém bem inferior aos valores encontrados antes da implantação do ensaio, principalmente na maior profundidade.

Em relação aos produtos testados, o calcário denominado C, do tipo dolomítico calcinado foi mais eficiente na redução do teor de alumínio ( $P < 0,05$ ), sendo que o contraste C x A+E, dentro de profundidade, na camada de 0-20 cm, foi de 4,34 mmol/dm<sup>3</sup> para o C e de 5,04 mmol/dm<sup>3</sup> para os calcários A+E. Na camada 20-40 cm, o calcário C apresentou 4,64 mmol/dm<sup>3</sup> de Al e os calcários A+E apresentaram 4,90 mmol/dm<sup>3</sup>. Também para a saturação por bases, o calcário C foi o mais eficiente ( $P < 0,05$ ), com o contraste C x A+E resultando em 24,5% para o C e 23,19% para os calcários A+E. Tal comportamento é justificado pelo maior valor de PRNT do calcário C.

Houve interação entre tratamento e profundidade ( $P < 0,01$ ) quanto aos teores de H+Al. O tratamento A30% foi mais eficaz no controle dos teores de H+Al em profundidade, enquanto que o C60% foi mais eficaz em superfície (Tabela 3).

**Composição mineral da planta forrageira.** Na avaliação dos contrastes entre médias (Tabela 4), observa-se efeito estatístico ( $P < 0,08$ ) do E30% (11,6 g/kg) versus C30% (10,9 g/kg) nos teores de nitrogênio (N) da planta forrageira. O calcário

denominado E é dolomítico, de reatividade menor (Siqueira, 1986), com efeitos residuais, enquanto aquele denominado C, também dolomítico, porém calcinado, apresenta elevada e rápida reatividade.

**Tabela 4.** Valores médios (g/kg) para os contrastes dos teores de macronutrientes na planta<sup>1</sup>

Contrastes	Macronutrientes na planta					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Testemunha	-	1,7b	-	-	-	1,7b
Demais	-	2,7a	-	-	-	2,1a
A30	-	-	26,9 <sup>(P&lt;0,08)</sup>	8,2a	-	-
(E30+C30)	-	-	24,4	7,1b	-	-
E30	11,6 <sup>(P&lt;0,08)</sup>	-	-	-	-	-
C30	10,9	-	-	-	-	-
A60	-	-	-	7,9 <sup>(P&lt;0,07)</sup>	3,1b	1,9a
(E60+C60)	-	-	-	6,9	3,9a	1,7b

<sup>1</sup> contrastes entre duas médias seguidos de letras diferentes, na coluna, são diferentes ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

A diferença nos teores de nitrogênio pode estar relacionada aos efeitos residuais e à diluição do elemento na matéria seca da planta, que pode ser confirmada pelos dados médios (Tabela 4), quando no 3º corte E30% foi menos produtivo que C30%. Apesar da diferença, seus teores foram inferiores aos observados por Malavolta *et al.* (1974) e Gallo *et al.* (1974).

Os teores de fósforo ( $P < 0,01$ ) e de enxofre ( $P < 0,05$ ) foram superiores para os demais tratamentos (2,7 e 2,1 g/kg) frente à testemunha (1,7 e 1,7 g/kg), respectivamente. Esses dados revelam a interferência da calagem na disponibilidade desses dois macronutrientes para as plantas (Malavolta, 1984; Couto *et al.*, 1985). Na ausência da calagem, os teores foram inferiores aos encontrados por Malavolta *et al.* (1974) e Gallo *et al.* (1974), e aquelas com calagem estão acima, podendo inclusive atingir a produção máxima, conforme relatos de Andrew e Robins (1969, 1971) e Martinez e Haag (1980), enquanto a testemunha não.

O teor médio de potássio foi ligeiramente superior ( $P < 0,08$ ) para o contraste A30% (26,9 g/kg) versus E30%+C30% (24,4 g/kg), sendo observado o mesmo comportamento ( $P < 0,05$ ) para os teores de cálcio (8,2 vs. 7,1 g/kg). No contraste A60% versus E60%+C60%, constata-se que os teores de cálcio ( $P < 0,07$ ) e de enxofre ( $P < 0,05$ ) foram superiores para A60% (7,9 e 1,9 g/kg), enquanto que para o magnésio ( $P < 0,05$ ) o comportamento foi inverso, com teores de 3,1 e 3,9 g/kg, respectivamente.

O calcário calcítico, independente da dose, teve efeito de concentrar o K, Ca e S, tendo efeito contrário para o Mg, em decorrência da competição entre este e o K e não com o Ca como preconizado por Martinez *et al.* (1984). Os teores desses elementos aumentaram na planta com a calagem

(Cecato *et al.*, 1996), estando acima daqueles verificados por Malavolta *et al.* (1974) e Gallo *et al.* (1974).

Na Tabela 5, verifica-se que os teores de cobre ( $P < 0,01$ ) foram o dobro para E30%+C30% ( $3,00 \text{ mg/dm}^3$ ), comparados com A30% ( $1,50 \text{ mg/dm}^3$ ), devido ao efeito competitivo entre cobre e cálcio. A calagem, de certo modo, foi eficaz para diminuir os teores de manganês ( $P < 0,01$ ). Esse fato é facilmente visualizado para os teores médios da testemunha ( $183,50 \text{ mg/dm}^3$ ) e dos demais tratamentos ( $119,40 \text{ mg/dm}^3$ ).

**Tabela 5.** Valores médios ( $\text{mg/dm}^3$ ) para os contrastes dos teores de micronutrientes na planta<sup>1</sup>

Contrastes	Micronutrientes na planta				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Testemunha	-	-	-	183,50a	-
Demais	-	-	-	119,40b	-
A30	-	1,50b	-	-	-
(E30+C30)	-	3,00a	-	-	-
E30	-	-	-	100,50b	-
C30	-	-	-	122,00a	-
A60	-	-	-	-	16,00 <sup>(P&lt;0,08)</sup>
(E60+C60)	-	-	-	-	14,75
E60	-	-	-	-	14,00
C60	-	-	-	-	15,50 <sup>(P&lt;0,07)</sup>
A30	8,25b	-	-	105,25a	13,75b
A60	13,00a	-	-	88,00b	16,00a
E30	-	2,75a	-	-	-
E60	-	1,50b	-	-	-
C30	-	3,25a	-	122,00a	-
C60	-	1,50b	-	88,75b	-

<sup>1</sup> contrastes entre duas médias seguidos de letras diferentes, na coluna, são diferentes ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

No contraste entre médias de E30% ( $100,50 \text{ mg/dm}^3$ ) versus C30% ( $122,50 \text{ mg/dm}^3$ ), observa-se efeito significativo ( $P < 0,01$ ) para os teores de manganês. O teor de zinco foi superior ( $P < 0,08$ ) para o tratamento A60% ( $16,00 \text{ mg/dm}^3$ ) comparado ao teor médio de E60%+C60% ( $14,75 \text{ mg/dm}^3$ ), sendo significativo ( $P < 0,07$ ) entre os dois, onde C60% ( $15,50 \text{ mg/dm}^3$ ) apresentou teor médio superior a E60% ( $14,00 \text{ mg/dm}^3$ ). Apesar de pouca resposta das plantas forrageiras à adubação com micronutrientes, é interessante ressaltar que a disponibilidade de B, Cu, Fe e Mn é maior em solos ácidos.

De todos esses elementos, apenas o Mn se manteve superior na testemunha, enquanto os outros tiveram comportamento diferente dentro de tipos e doses de calcário. O B teve maior concentração na planta, com aumento do índice de saturação de bases para o calcário A (de 8,25 a  $13,00 \text{ mg/dm}^3$ ). A aplicação do tratamento A30% concorreu para diminuir os teores de Cu frente aos calcários dolomíticos (Tabela 5). No entanto, os

calcários dolomíticos, na menor dose, favoreceram o maior acúmulo de Cu na planta. Para o Zn, o calcário calcítico estimulou seu acréscimo na planta, comparado aos dolomíticos. Verifica-se, na Tabela 5, que o Zn na planta estava em maior concentração, quando utilizado o calcário de maior reatividade em ordem decrescente. De todos esses elementos, apenas o Mn esteve acima dos valores encontrados por Gallo *et al.* (1974), enquanto os demais micronutrientes, independente do tratamento, estiveram sempre abaixo dos teores relatados por esse autor.

Considerando os parâmetros avaliados, conclui-se que a calagem traz benefícios, equilibrando os nutrientes no solo e na planta. A aplicação de calcário implicou em aumentos nos teores de cálcio, magnésio, elevação do pH e saturação por bases com redução do alumínio e saturação por alumínio na superfície do solo. O calcário dolomítico calcinado foi mais eficiente na redução dos teores de alumínio e aumento da saturação por bases do que os demais calcários. O uso dos calcários resultou em maiores teores foliares de fósforo e enxofre. O calcário calcítico proporcionou maiores teores foliares de cálcio, enquanto que os dolomíticos os de magnésio.

## Referências

- ADAMS, F.; PEARSON, R.W. Crop response to lime in the Southern United States and Puerto Rico. In: PEARSON, R.W.; ADAMS, F. *Soil acidity and liming*. Madison: American Society of Agronomy, 1967. p. 161-206.
- ALCARDE, J.C. Características de qualidade dos corretivos da acidez do solo. In: VAN RAIJ, B. *et al.* (Ed.). *Acidez e calagem no Brasil*, Campinas: SBCS, 1983. p.11-22.
- ANDREW, C.S.; ROBINS, M.F. The effect of phosphorus on growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. I. Growth and critical percentages of phosphorus. *Aust. J. Agric. Res.*, Collingwood, v. 20, p. 666-674, 1969.
- ANDREW, C.S.; ROBINS, M.F. The effect of phosphorus on growth and chemical composition and critical phosphorus percentages of some tropical pasture grasses. *Aust. J. Agric. Res.*, Collingwood, v. 22, p. 693-706, 1971.
- CARVALHO, M.M. *et al.* Efeitos da calagem e da fertilização com fósforo sobre o crescimento do capim gordura em um solo da zona de Campos das Vertentes - MG. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 615-623, 1993.
- CECATO, U. *et al.* Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p. 109-111.

- COUTO, W. *et al.* The residual effect of P and lime on the performance of four tropical grasses in the high P-fixing Oxisol. *Agron. J.*, Madison, v. 77, n. 4, p. 539-542, 1985.
- CORSI, M.; NUSSIO, L.G. Manejo do capim elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10, 1992, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 87-115.
- FERRARI NETO, J. Limitações nutricionais para o colômbio (*Panicum maximum* Jacq.) e Brachiária (*Brachiária decumbens* Stapf.) em Latossolo da região noroeste do Estado do Paraná. 1991. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.
- GALLO, J.R. *et al.* Composição química inorgânica de forrageiras do Estado de São Paulo. *Bol. Ind. Anim.*, Nova Odessa, v. 31, n. 1, p. 115-137, 1974.
- HUTTON, E.M.; SOUZA, F.B. Melhoramento de *Panicum maximum* para Latossolo ácido e de baixa fertilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 24, 1987, Brasília. *Anais...* Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1987. p. 231.
- MALAVOLTA, E. *et al.* Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo: Pioneira, 1974.
- MALAVOLTA, E. Reação do solo e crescimento das plantas. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, 1984, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Cargill, 1984. p. 03-57.
- MALAVOLTA, E. *et al.* Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989.
- MARTINEZ, H.E.P. *et al.* Macronutrientes em gramíneas. In: NUTRIÇÃO MINERAL DE FORRAGEIRAS NO BRASIL. Campinas, 1984. *Anais...* Campinas: Cargill, 1984. p. 3-73.
- MARTINEZ, H.G.P.; HAAG, H.P. Níveis críticos de fósforo em *Brachiária humidicola* (Rendle) Schweickerdt, *Digitária decumbens* Stent, *Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf, *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, *Panicum maximum* Jacq. e *Pennisetum purpureum* Schum. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v. 37, p. 913-977, 1980.
- MELO, F.A.F. Origem, natureza e componentes da acidez do solo: critérios para calagem. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS. Piracicaba, 1984. *Anais...* Piracicaba: Cargill, 1984. p. 67-92.
- MITIDIERI, F.J. *Respostas de cinco gramíneas forrageiras a níveis de calcário em um Latossolo Vermelho-Escuro*. 1995. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- MONTEIRO, F.A. Nutrição Mineral e Adubação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12, Piracicaba, 1995. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 219-244.
- OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H. Levantamento pedológico do Estado de São Paulo: Quadrículo de São Carlos. II Memorial descritivo. *Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas*, n.98, p.1-188, 1984.
- PREMAZZI, L. M. *Saturação por bases como critério para recomendação de calagem em cinco forrageiras tropicais*. 1991. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.
- QUAGGIO, J. A. Resposta das culturas à calagem. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS... 1984, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Cargill, 1984. p. 123-154.
- RAIJ, B.VAN.; QUAGGIO, J.A. *Métodos de análise de solo para fins de fertilidade*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. (Boletim Técnico, 81).
- SIQUEIRA, C. Calagem para plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1, 1986, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: ABPPF, 1986. p. 77-92.
- VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C. Calagem e Uso do Gesso Agrícola em Pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMA DE PASTAGENS, 3, 1997, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1997. p. 63-111.
- WERNER, J.C.; Calagem para plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 8, 1986, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 191-198.
- WERNER, J.C. *et al.* Efeitos da calagem em capim Colômbio (*Panicum maximum* Jacq.) estabelecido. *Bol. Ind. Anim.*, Nova Odessa, v. 36, n. 2, p. 247-254, 1979.
- WERNER, J.C. *et al.* Forrageiras. In: RAIJ, B. VAN *et al.* (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*, 2. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p.263-273.

Received on October 02, 2000.

Accepted on November 13, 2000.