SATURACÃO POR BASES COMO CRITÉRIO PARA RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM EM CINCO FORRAGEIRAS TROPICAIS

LINDA MONICA PREMAZZI

Engenheira Agrônoma

Orientador: Dr. HERBERT BARBOSA DE MATTOS

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Nutrição Animal e Pastagens.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Junho - 1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Premazzi, Linda Monica

P925s Saturação por bases como critério para recomendação
de calagem em cinco forrageiras tropicais. Piracicaba,
1991.
215p. ilustr.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Calagem 2. Leguminosa forrageira tropical 3. Matéria seca 4. Saturação por base - Determinação 5. Solo - Acidez I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.3

SATURACÃO POR BASES COMO CRITÉRIO PARA RECOMENDAÇÃO DE
CALAGEM EM CINCO FORRAGEIRAS TROPICAIS

LINDA MONICA PREMAZZI

Aprovada em: 26.06.91

Comissão Julgadora:

Dr. Herbert Barbosa de Mattos IZ

Dr. Joaquim Carlos Werner IZ

Prof. Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello ESALQ/USP

Dr. HERBERT BARBOSA DE MATTOS

Orientador

Aos meus queridos pais

ANA MARIA e MILTON

que com amor e doação colaboraram
neste trabalho e em todas as
realizações da minha vida,

Aos meus irmãos

MARCIO e NEWTON

que sempre estão presentes,

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Ao pesquisador científico Dr. Herbert Barbosa de Mattos pela orientação dedicada na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Francisco Antonio Monteiro, pelo acompanhamento da fase experimental e sugestões na redação final.

Ao pesquisador científico Dr. Joaquim Carlos Werner pelo acompanhamento na fase experimental.

Ao Prof. Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello pela orientação nas análises químicas de material vegetal e estatística.

Ao pesquisador científico José Antônio Quaggio pela orientação nas análises de solo.

Aos funcionários da Casa de Vegetação do Instituto de Zootecnia - Nova Odessa, Maria Alice Crestani, Flávio Rubens de Jesus e Antonio Marco Pigato pelo valioso auxílio na condução do experimento.

Ao Prof. José Eduardo Corrente pelo auxílio nas análises estatísticas.

À pesquisadora científica Eliana Aparecida Schammass pelo auxílio nas análises estatísticas.

À Unidade de Informática do Instituto de Zootecnia - Nova Odessa pela utilização dos microcomputadores.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP pela colaboração na minha formação profissional.

Ao CNPq e FAPESP pelo auxílio no suporte financeiro.

SUMARIO

	Página
Resumo	ix
Summary	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Necessidade de calagem	4
2.2. Efeitos relacionados com a acidez do solo e calagem.....	9
2.2.1. Teores de cálcio e magnésio	9
2.2.2. Toxidez de alumínio	15
2.2.3. Toxidez de manganês	20
2.2.4. Disponibilidade de fósforo	23
2.2.5. Disponibilidade de minerais	27
2.3. Acidez do solo e as espécies forrageiras estudadas	32
2.3.1. Braquiária brizantha	32
2.3.2. Colonião	35
2.3.3. Soja-perene	37
2.3.4. Macrotiloma	44
2.3.5. Estilosantes	46
3. MATERIAL E MÉTODOS	51
3.1. Estabelecimento dos tratamentos	52
3.1.1. Coleta de solo	52
3.1.2. Tratamentos	54
3.1.3. Plantio	56
3.1.4. Delineamento experimental	58

3.1.5. Inoculação nas espécies leguminosas	58
3.1.6. Estabelecimento do stand das plantas	58
3.1.7. Adubações realizadas	59
3.2. Coleta de dados	60
3.2.1. Avaliação visual do estado nutricional das plantas	60
3.2.2. Medição do parâmetro fisiológico	60
3.2.3. Dados de produção	60
3.2.4. Avaliação do estado nutricional das plantas	61
3.2.5. Avaliação da dinâmica dos nutrientes no solo em função dos tratamentos	62
3.3. Análises estatísticas.....	63
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4.1. Solo	64
4.2. Avaliação da produção de matéria seca da parte aérea e sistema radicular.....	87
4.2.1. Braquiária brizantha	89
4.2.2. Colonião	92
4.2.3. Soja-perene	94
4.2.4. Macrotiloma	97
4.2.5. Estilosantes	99
4.3. Perfilhamento	104
4.4. Nodulação.....	106
4.5. Quantidade total de nitrogênio na parte aérea.....	109

4.6. Correlações entre produção de matéria seca, nodulação e quantidade total de nitrogênio.....	112
4.7. Relação entre fixação de nitrogênio e composição mineral.....	115
4.8. Avaliação da composição mineral.....	<u>119</u>
4.8.1. Parte aérea.....	<u>119</u>
4.8.1.1. Composição mineral e extração de nutrientes pela parte aérea.....	<u>139</u>
4.8.2. Sistema radicular.....	<u>143</u>
5. CONCLUSÕES	<u>169</u>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	171
APÊNDICE	189

ELEVAÇÃO NO NÍVEL DE SATURAÇÃO POR BASES COMO CRITÉRIO
PARA CALAGEM EM CINCO FORRAGEIRAS TROPICAIS

Autora: LINDA MONICA PREMAZZI

Orientador: Dr. HERBERT BARBOSA DE MATTOS

RESUMO

Cinco espécies forrageiras tropicais foram submetidas a níveis crescentes de saturação por bases com a finalidade de se determinar, sob condições de casa de vegetação, qual o nível que possibilita maior produção de matéria seca.

Foram estabelecidos quatro tratamentos ou 10, 30, 50 e 70% de saturação por bases através da adição de óxidos de cálcio e magnésio correspondentes a 0, 1,2, 2,4 e 3,6 t calcário/ha. O delineamento foi inteiramente ao acaso com cinco repetições. O resultado da análise de solo aos vinte dias de incubação mostrou elevação nos valores de pH e saturação por bases, bem como diminuição nos teores de Al^{3+} com a calagem. Máximas produções de matéria seca foram obtidas ao nível de 43% de saturação por bases para braquiária brizantha (*Braquiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu), 47% para colonião (*Panicum maximum* Jacq. cv. IZ-I), 57% para soja-perene (*Neonotonia wightii* Lakey var. Tinaroo) e

35% para estilosantes (*Stylosanthes guianensis* Sw. cv. Bandeirante). O ponto de máxima produção não foi encontrado para macrotiloma (*Macrotyloma axillare* Verdc. cv. Guatá) sob qualquer nível de saturação por bases atingido, embora acréscimos lineares tenham sido observados.

A elevação no nível de saturação por bases promoveu melhoria na nodulação da soja-perene quando foram observados aumentos lineares no número de nódulos e aumento no peso de nódulos até o nível de 49% de saturação por bases. Para o macrotiloma foram observados aumentos lineares no número e peso de nódulos. Para o estilosantes a atribuição de notas à nodulação não permitiu detectar melhoria na nodulação.

A melhoria na nodulação foi responsável por acréscimos na quantidade total de nitrogênio na parte aérea das leguminosas. Assim, foram observados acréscimos até os níveis 57 e 37% de saturação por bases para soja-perene e estilosantes, respectivamente e aumentos lineares para o macrotiloma.

Em relação à composição mineral da parte aérea e raízes, os nutrientes que melhor caracterizaram o efeito dos tratamentos no solo foram Ca e Mg, cujos teores aumentaram e Zn e Mn, cujos teores diminuíram em função dos níveis de saturação por bases.

BASIC CATION SATURATION RATIO AS A LIMING RECOMENDATION
CRITERION FOR TROPICAL PASTURE CROPS

Author: LINDA MONICA PREMAZZI

Adviser: Dr. HERBERT BARBOSA DE MATTOS

SUMMARY

Five tropical pasture species under increasing basic cation saturation ratio (BCSR) were grown in greenhouse in order to be determined the ratio on which best response is reached on dry matter yield basis.

The four BCSR were: 10, 30, 50 and 70%, provided by an addition of calcium and magnesium oxides equivalent to 0, 1.2, 2.4 and 3.6 t/ha of lime, with five replicates. A complete random design for statistical analysis was used. Soil analysis at the 20th. day showed an increase in pH values and BCSR and a decrease in Al^{3+} values due to liming. Maximum dry matter yields were obtained with 43% BCSR for braquiária brizantha (*Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu), 47% for guinea grass (*Panicum maximum* Jacq. cv. IZ-1), 57% for perennial soybean (*Neonotonia wightii* Lakey var. Tinaroo) and 35% for stylo (*Stylosanthes guianensis* Sw. cv. Bandeirante). Maximum was not achieved

by macrotiloma (*Macrotyloma axillare* Verdc. cv. Guatá) under any of the BCSR, although linear increases were observed.

The increases in basic cation saturation ratios resulted in an linear increase in root nodule numbers by perennial soybean and an increase in nodule weight up to the 49% ratio. For macrotiloma, nodule weight and numbers increased linearly. For stylo, the nodulation rank analysis, in wich grades were assigned to the total number of nodules, did not detected any increase afforded by BCSR.

The improvement in nodulation was responsible for an increase in N amounts of aerial parts of legumes. In this sense, it was observed increases up to the 57 and 37% ratios for perennial soybean and stylo respectively. For macrotiloma linear increasing responses were obtained.

When aerial parts and roots were analized for mineral composition, the effects of increasing BCSR were greater in increasing Ca and Mg concentration, and decreasing Mn and Zn concentrations.

1. INTRODUÇÃO

A prática da calagem, tem sido no Brasil recomendada devido à representatividade das áreas destinadas à agricultura e pecuária que se encontram sob condições de solos ácidos. Segundo SANCHEZ (1981) a grande maioria dos solos dos trópicos são ácidos. Além disso o próprio cultivo tende a acentuar o problema (VITTI, 1987), ocorrendo remoção de cátions pela cultura como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} e Na^{+} em troca por H^{+} (TISDALE *et alii*, 1985), bem como práticas agrícolas como aplicação de fertilizantes acidificantes.

As diversas espécies de plantas apresentam respostas diferentes frente à acidez do solo, caracterizando-se como mais ou menos tolerantes e responsáveis ou não à correção da acidez do solo.

A correção da acidez do solo pela calagem, visa então propiciar às plantas as condições favoráveis ao seu pleno desenvolvimento. Neste sentido, é necessário se adotar um critério para determinação da necessidade de calagem através do qual se alcance esse objetivo com boa precisão.

Dos métodos disponíveis para determinação da necessidade de calagem, tem sido recomendado para culturas no Estado de São Paulo (RAIJ *et alii*, 1985) o critério de elevação no nível de saturação por bases (V%). O critério baseia-se na elevação do nível de bases trocáveis ($S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+}$) em relação à CTC do solo ($S + H + Al^{3+}$), à um valor adequado para cada cultura. Sabendo-se ainda que existe uma correlação positiva entre pH e V% (CATANI & GALLO, 1955; RAIJ *et alii*, 1968), relação esta tão estreita, que falar em elevar a saturação por bases significa falar em elevar o pH do solo (RAIJ, 1983).

Por esse critério, a necessidade de calagem é estabelecida fundamentalmente pela diferença entre o nível de saturação por bases (V%) característico do solo e o desejado para determinada cultura.

Em culturas forrageiras, o V% a ser adotado para esse cálculo necessita ser estabelecido para cada espécie em particular, possibilitando então a adoção desse critério para determinação da necessidade de calagem.

Conhecer a resposta em produção de matéria seca dessas culturas quando submetidas a diferentes V%, permite que seja estabelecida uma relação custo/benefício, que orientará para obtenção de lucros com aumento da produtividade.

O objetivo deste trabalho, é determinar para as seguintes espécies forrageiras: braquiária brizantha

(*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), colômbio (*Panicum maximum* cv. IZ-1), soja-perene (*Neonotonia wightii* var. Tinaroo), macrotiloma (*Macrotyloma axillare* cv. Guatá) e estilosantes (*Stylosanthes guianensis* cv. Bandeirante) em condições de casa de vegetação, qual é o nível de saturação por bases, que permite máxima produção de matéria seca (MS).

Será ainda estudada a concentração de nutrientes na parte aérea, sistema radicular e os teores disponíveis no solo, em função do tratamento a que a cultura está sendo submetida.

Estas informações permitirão avaliar o comportamento diferenciado das espécies estudadas em relação à acidez do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Necessidade de calagem

A necessidade de calagem é definida como a quantidade de corretivo de acidez, necessária para neutralizar a acidez do solo de uma condição inicial até uma condição desejada (RAIJ, 1983).

Para determinação desse valor, alguns métodos são propostos e caracterizam-se por uma maior ou menor aplicabilidade em rotina de laboratório, repetibilidade e precisão.

De forma resumida, alguns critérios utilizados para o cálculo de necessidade de calagem são a seguir apresentados.

1 - Incubação com carbonato de cálcio. Nesse método, amostras de solo com quantidades crescentes de carbonato de cálcio são incubadas por vários dias. Algumas variações podem ser feitas como adicionar hidróxido de cálcio ao solo ou carbonato de cálcio, mas em suspensões de solo e água que são agitadas por várias horas. Após a incubação o pH é lido (RAIJ, 1983) e obtém-se curvas de neutra-

lização dos solos, das quais a necessidade de calagem pode ser obtida para qualquer valor de pH desejado (QUAGGIO, 1983).

O método não é prático para uso rotineiro, observando-se ainda, que se a incubação for muito prolongada, sais formados em função da mineralização da matéria orgânica podem promover abaixamento do pH (RAIJ, 1983).

2 - Método baseado no decréscimo do pH de soluções-tampão. Esses métodos baseiam-se na variação do pH de uma solução fortemente tamponizada, provocada pela presença do solo (MALAVOLTA, 1976). Quanto maior for a acidez potencial do solo, maior será a depressão do pH da solução tampão em contato com o solo (RAIJ, 1983).

A solução normalmente usada é denominada tampão SMP.

Variações na sensibilidade do método em relação a um determinado tipo de solo, podem ocorrer em função da proporção solo-água-tampão, como discutido por QUAGGIO (1983). RAIJ *et alii* (1979), estudando o método tampão SMP para determinação de calagem no Estado de São Paulo, observaram que o método é eficaz em determinar a quantidade de CaCO_3 para atingir o valor de pH do solo desejado, optando pela relação solo-água-tampão 10:20:10, modificada em relação ao método original. O método descrito é rápido e preciso (RAIJ, 1983).

3 - Método baseado no teor de alumínio trocável (RAIJ, 1983). A necessidade de calagem é definida em função do teor de $Al^{3+} \times 1,5$. Uma complementação do método é aplicada para solos que apresentam baixos teores de alumínio mas não contém muito cálcio e magnésio. Assim procura-se elevar os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} a um mínimo de 2 meq/100cm³ para solos mais arenosos ou 3 meq/100cm³ para solos com teores de matéria orgânica acima de 2%.

De acordo com QUAGGIO (1983), esse critério é limitado para elevações de pH superiores à 5,4 (em água) ou 4,8 (CaCl₂), pois acima desses valores o Al trocável é totalmente neutralizado.

4 - Métodos baseados na correlação entre pH e saturação por bases. É o método adotado atualmente pelo Instituto Agronômico de Campinas (RAIJ et alii, 1985).

Esse método, além da determinação da soma de bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} e em alguns casos, Na^{+}), geralmente feita em laboratórios de rotina de análise de solo, requer também a determinação de H+Al e cálculo da CTC para se determinar a necessidade de calagem (QUAGGIO, 1983).

A determinação do teor de H+Al, limitada em termos de praticidade pelo método do acetato de cálcio, pode ser realizada através de leitura do pH SMP. Isso é possível devido à correlação negativa existente entre o teor de H+Al determinado pelo método do acetato de cálcio e o pH de equilíbrio da solução SMP (RAIJ et alii, 1979; CAMARGO et alii,

1982; QUAGGIO, 1983). SOUSA *et alii* (1989) realçam porém, a necessidade de um ajuste da equação de regressão em função do tipo de solo considerado.

A adoção do critério de elevação no nível de saturação por bases para cálculo da necessidade de calagem, pode ser justificada pela correlação positiva observada entre saturação por bases e pH, correlação esta mais estreita quando o pH é medido em CaCl_2 (QUAGGIO, 1983 e SOUSA *et alii*, 1989). Segundo estes últimos autores, o pH do solo determinado em soluções salinas tem sido bastante difundido, pois apresenta melhor reprodutibilidade do que o pH em água e sofre menor influência dos sais do solo. Apesar da equação de regressão entre estas duas variáveis ser diferenciada em função do tipo de solo (RAIJ *et alii*, 1968), QUAGGIO (1983) afirma que para as condições brasileiras, ou mais especificamente para as condições dos solos do Estado de São Paulo, onde existe um maior número de equações de regressão traçadas, esta correlação é muito consistente. A fórmula obtida para o cálculo da necessidade de calagem pelo autor e atualmente em uso no Estado de São Paulo é a seguinte:

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) T.f}{100}$$

onde:

- NC = toneladas de calcário/ha;
- V_2 = saturação por bases que pretende-se alcançar no solo;
- V_1 = saturação por bases atual do solo;
- f = fator de calagem = $100/PRNT$;
- T = capacidade de troca de cátions expressa em meq/100cm³ de terra.

RAIJ *et alii* (1983) comparando o método do alumínio trocável e o de saturação por bases como critérios de calagem, observaram que a diminuição do alumínio trocável no solo não apresentou uma relação linear com a produção, a qual continuou a aumentar mesmo quando o alumínio praticamente não ocorreu. Os valores de saturação por bases, por outro lado, refletiram melhor o efeito da calagem na produção das culturas. Apesar do pH também ter acompanhado os resultados de produção, este é um critério de menor segurança analítica.

Para culturas forrageiras, WERNER (1984) apresenta as faixas de valores de saturação por bases (V%), as quais considera mais adequadas para as principais culturas.

Segundo o autor, o nível de saturação por bases deve ser elevado até 60% para a soja-perene. Para o green panic (*P. maximum*) adota-se o nível de 40% quando usado sob pastejo e 60% quando utilizado para fenação. Para o estilosantes e braquiárias sob pastejo adota-se 40%, porém, se a saturação por bases já estiver acima de 30% não é

necessário chegar aos 40%, a não ser que as braquiárias sejam destinadas a produção de feno.

2.2. Efeitos relacionados com a acidez do solo e calagem

A acidez do solo causa prejuízos à cultura que estendem-se desde a influência dos íons H^+ ou H_3O^+ sobre o crescimento da planta, caracterizando o efeito direto, ao efeito indireto, caracterizado pela alteração na disponibilidade de elementos no solo que acompanham a variação no pH (MALAVOLTA, 1981).

A calagem neste contexto pode significar profundas transformações nas condições de fertilidade do solo. TISDALE *et alii* (1985) consideraram como benefícios diretos da calagem, a redução na atividade ou solubilidade do alumínio e manganês. Nos benefícios indiretos (além da adição de cálcio e magnésio), incluem-se os efeitos na disponibilidade de fósforo, disponibilidade de micronutrientes, nitrificação, fixação de nitrogênio, condições físicas do solo e controle de patógenos das plantas.

2.2.1. Teores de cálcio e magnésio

Um efeito secundário da adição de calcário ao solo está no fornecimento dos cátions cálcio e magnésio, que por si só podem promover a produção de MS da parte aérea,

sistema radicular e nodulação, como demonstrado por CARVALHO *et alii* (1988), com adição destes elementos na forma de sulfato para leguminosas forrageiras tropicais.

Segundo BURSTÖM (1968) o cálcio é importante no crescimento das plantas, participando da divisão e elongação celulares e atuando na permeabilidade citoplasmática. Interrompendo-se o fornecimento de cálcio às raízes, sua taxa de crescimento é imediatamente reduzida e após alguns dias os ápices das raízes tornam-se marrons e morrem gradualmente (MENGEL & KIRKBY, 1987). O conteúdo de cálcio das plantas, segundo os autores, é controlado geneticamente e é pouco afetado pelo suprimento de cálcio no meio radicular, desde que haja adequada disponibilidade para o crescimento normal da planta. Analogamente LUND (1970) estudando valores de 0 a 156 ppm de cálcio em solução, não encontrou diferença no comprimento das raízes de soja que cresceram em soluções com 0,25 a 156 ppm de cálcio, sendo que o crescimento foi ligeiramente reduzido a nível de 0,05 ppm.

A relação entre cálcio e acidez do solo pode ser discutida sob dois aspectos, ou sua interação com o pH (ou atividade dos íons hidrogênio) e ligação com íons alumínio presentes no solo. O cálcio pode atenuar o efeito negativo destes íons.

A relação existente entre pH e cálcio pode ser medida através do crescimento radicular. LUND (1970) observou que maiores quantidades de cálcio são necessários

para ótimo crescimento do sistema radicular, à medida que o pH decresce. Para soja (*Glycine max*), quando o pH foi mantido a 5,6, não foram observadas diferenças na taxa de elongação da raiz principal em função dos níveis de cálcio aplicados (0,05 - 0,5 - 2,5 ppm), mas a pH 4,5, 0,5 ppm de cálcio na solução promoveu cerca de metade do crescimento do que a pH 5,6. A um pH 4,5 a toxidez do íon H^+ nas raízes ocorreu até mesmo ao nível de 2,5 ppm de Ca. Observou-se ainda, que a formação lateral das raízes foi mais adversamente afetada que a taxa de elongação da raiz primária.

Considerando particularmente a nodulação, ANDREW (1976) observou que a interação Ca x H afeta as espécies diferentemente quanto à nodulação e produção de MS. Para o *Stylosanthes humilis* foi observada pequena redução na nodulação a pH 4,0 quando comparado com pH 4,5 ou maior, sendo que a maior redução ocorreu ao mais alto nível de cálcio no substrato. Já para *Medicago sativa* a um pH 5,0, a nodulação aumentou de 24% a um baixo nível de cálcio para 52% para alto nível de cálcio. A tendência para a produção de MS neste experimento foi similar à observada para nodulação.

MUNNS (1970) estudando os efeitos do cálcio, observou que aumentos na acidez do solo, com variação no pH de 5,6 para 4,8, exigiu aumento na concentração de cálcio de 0,1 para 0,6 mM necessária para nodular 50% das plantas de *Medicago sativa*. Nesse caso, o comprimento da raiz principal

e a produção de pêlos radiculares não foram afetados suficientemente pelo cálcio ou hidrogênio para explicar a redução ocorrida no número de nódulos, sugerindo ao autor que a necessidade de cálcio esteja ligada mais diretamente à nodulação e não à uma alteração na quantidade de pêlos radiculares.

A importância do cálcio na nodulação parece estar ligada a alguma fase do processo fisiológico da mesma.

De acordo com MUNNS (1970) a iniciação da infecção é o estágio mais sensível à acidez no processo de nodulação, tendo observado que uma vez iniciada a infecção, os nódulos continuam a crescer mesmo quando transferidos para soluções com baixo conteúdo de cálcio.

Quanto ao *Rhizobium*, este parece não ser um organismo sensível ao cálcio (NORRIS, 1965). MUNNS (1978) coloca, que não há evidência clara, de que a diminuição de cálcio na rizosfera possa retardar o crescimento do *Rhizobium* suficientemente para evitar a formação de nódulos.

A fase de crescimento nodular poderá contudo, ser também afetada se não houver cálcio suficiente para manter a atividade meristemática (ANDREW & NORRIS, 1961). Neste sentido, MUNNS (1978) acrescenta que o cálcio pode modificar a inibição causada pela acidez do solo no crescimento dos nódulos.

Evidências do efeito do cálcio no processo de nodulação podem ser ainda ilustradas por MUNNS (1965a). O

autor comparou os efeitos dos carbonatos de cálcio e potássio na nodulação de *M. sativa* e observou ser o primeiro mais efetivo, quando taxas mais altas são aplicadas, sugerindo que o suprimento em cálcio, bem como elevação no pH do solo, afetaram possivelmente a nodulação. DOBEREINER & ARRUDA (1967), observaram com a adição de cálcio, utilizando os níveis de 0-100-200 e 400 ppm de CaSO_4 , efeito significativo para número de nódulos, peso de nódulos (mg/vaso), peso médio de nódulos (mg), porcentagem de nitrogênio e quantidade total de nitrogênio, tendo-se verificado que as dosagens de 100 e 200 ppm tiveram um efeito positivo, ao passo que a dosagem de 400 ppm teve um efeito negativo (o pH decresceu com os níveis crescentes de CaSO_4). Efeitos negativos da adição de cálcio (135 kg/ha em um solo com 1,3 eq mg Ca/100ml TFSA e pH 5,3), também foram encontrados por CARRIEL et alii (1983), que observaram diminuição significativa no número de nódulos, embora efeito significativo não foi verificado em termos de massa nodular e quantidade total de nitrogênio.

Há evidências de que o processo de formação de nódulos seja sensível ao cálcio, tanto em espécies tropicais como em espécies temperadas (ANDREW & NORRIS, 1961). Segundo estes autores, as leguminosas tropicais apresentam ainda eficiência superior em nodular em solo deficiente em cálcio, devido primariamente à sua habilidade em extrair

cálcio do solo, e não à sua baixa necessidade de cálcio para nodulação.

Em relação à toxidez de alumínio parece que o cálcio possui a capacidade de diminuir os efeitos negativos do alumínio. Foi observado em *Stylosanthes hamata* (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT, 1975), que um incremento de cinco vezes na concentração de cálcio reduziu notadamente os sintomas de toxidez de alumínio nas raízes. LUND (1970) observou também menores limitações à elongação da raiz principal (mm/h), aumentando-se os níveis de cálcio na solução quando em presença de alumínio.

Estudos com produções de parte aérea e sistema radicular de *M. sativa* e *Trifolium subterraneum* (MUNNS, 1965b) apontam para uma ação protetora do cálcio contra a toxidez do alumínio, sendo que em *M. sativa* o cálcio pode ter diminuído os danos nas raízes devido à redução na concentração de alumínio nas mesmas. Em *T. subterraneum* porém, o cálcio adicionado não reduziu tal concentração a um nível onde este melhorasse o crescimento.

Quanto ao magnésio DOBEREINER & ARRUDA (1967) observaram efeito significativo positivo da adição de magnésio no peso de nódulos (mg/vaso), quantidade total de nitrogênio (mg/vaso) e peso da planta inteira (g/vaso). Na nodulação os dados indicam para uma ação não efetiva do magnésio sobre a multiplicação do *Rhizobium*, o que seria observado se tivesse ocorrido aumento no número de nódulos.

FRANÇA *et alii* (1973) contudo, não encontraram para *Glycine wightii* var. Tinaroo efeito do magnésio para produção de matéria seca, quantidade total de nitrogênio e peso de nódulos.

2.2.2. Toxidez de alumínio

A toxidez de alumínio é provavelmente o fator mais limitante ao crescimento das plantas em muitos solos ácidos, particularmente aqueles que apresentam pH abaixo de 5,0 e 5,5 (TISDALE *et alii*, 1985). Alterações morfológicas na raiz sugerem um efeito do alumínio no processo de divisão celular (CLARKSON, 1969). Esse autor observou que raízes de *Agrostis tenuis* tratadas com alumínio apresentaram inibição no desenvolvimento do ápice radicular e aumento no diâmetro das raízes laterais. Este efeito de inibição do crescimento longitudinal da raiz principal com formação lateral diferenciada, também foi observado em *Stylosanthes sympodiales* (CIAT, 1980) e em *M. sativa* e *T. subterraneum* (MUNNS, 1965b), os quais se referem ainda à alteração na coloração para marrom das raízes afetadas. No caso de *M. sativa* observou-se que o comprimento da raiz foi relativamente menos afetado que seu peso. Alterações nas folhas como consequência da alta concentração de alumínio também são notificadas (REES & SIDRAK, 1961; MUNNS, 1965b).

Um segundo efeito do alumínio se refere à capacidade de fixação do fósforo em formas menos disponíveis no solo e/ou nas plantas (TISDALE *et alii*, 1985). A partir dos estudos realizados com cevada, CLARKSON (1966) afirmou que existem duas interações entre o alumínio e fosfato nas raízes, sendo uma à superfície da célula ou espaço livre (considerada não metabólica) e uma outra no interior da célula, talvez na mitocôndria, a qual afeta a fosforilação do açúcar hexose. O aumento inicial de fósforo, observado nas raízes de cevada submetidas à solução com alumínio foi devido ao fosfato inorgânico. CLARKSON (1969) acrescenta acerca dos trabalhos de Clarkson¹, que a fixação superficial de fosfato pode ser responsável por uma redução na quantidade de fósforo disponível para translocação para os brotos. Esta hipótese pode ser confirmada por observações em espécies de *Stylosanthes* (CIAT, 1980), onde um aumento de alumínio em solução causou um acúmulo de fósforo nas raízes e restringiu sua translocação para parte aérea.

Em função da espécie estudada, esta dinâmica pode porém, ser alterada. MUNNS (1965b) observou em *M. sativa* que tanto em raiz como na parte aérea, o fosfato teve sua concentração reduzida a níveis deficientes nos mais altos níveis de alumínio aplicados (nas raízes os teores

¹CLARKSON, D.F. Effect of aluminium on the uptake and metabolism of phosphorus by a barley seedlings. *Plant Physiology*, Maryland, 41: 165-72, 1966.

apresentaram-se mais altos). Já em *T. subterraneum*, as concentrações foram menos afetadas.

ANDREW *et alii* (1973) também observaram diminuição nos teores de fósforo para parte aérea nas espécies sensíveis, à qualquer concentração de alumínio (0 - 0,5 - 1,0 e 2,0 ppm em solução). Em algumas espécies tolerantes, o nível intermediário aumentou a concentração de fósforo na parte aérea. A um nível mais alto de Al contudo, a concentração de fósforo foi diminuído. Foi observado que a concentração de fósforo nas raízes foi geralmente mais alta do que na parte aérea, com os tratamentos com alumínio aumentando a concentração de fósforo nas raízes das plantas.

Quanto à interferência no processo de respiração celular (CLARKSON, 1969 em função dos trabalhos de Clarkson²), o alumínio pode evitar a utilização do ATP na fosforilação da glucose, reduzindo consequentemente a taxa de respiração. Tal efeito pode afetar a absorção de cálcio e outros íons, uma vez que esses processos estão estreitamente ligados ao metabolismo de respiração.

Embora com alguma variação entre autores, os principais nutrientes afetados pela presença do alumínio parecem ser o P, Ca e Mg (ANDREW *et alii*, 1973; JARDIM, 1984). Neste sentido, ANDREW *et alii* (1973) observaram

²CLARKSON, D.F. Effect of aluminium on the uptake and metabolism of phosphorus by a barley seedlings. *Plant Physiology*, Maryland, 41: 165-72, 1966.

redução na concentração de cálcio nas espécies leguminosas, sendo observado que nas espécies tolerantes, a queda da concentração de cálcio foi balanceada por acréscimos em potássio e em menor grau magnésio e sódio, de forma que a concentração total destes cátions não foi alterada.

REES & SIDRAK (1961) observaram, além da queda significativa de Ca e Mg, um distúrbio na proporção de K/Ca nas folhas ou elevação do valor, o que correlacionou-se com o sintoma de amarelecimento nas folhas.

O caráter de deficiência de Ca e Mg induzido por alumínio, caracteriza-se então pela diminuição na absorção destes cátions ao invés de efeitos na sua translocação (CIAT, 1980), como foi comentado acontecer com o fósforo.

Efeitos do alumínio na produção de MS da parte aérea e sistema radicular são bem caracterizados. BRENES & PEARSON (1973) observaram relação negativa entre porcentagem de saturação de alumínio trocável no solo e produção relativa das raízes. Neste ensaio, o crescimento radicular não foi seriamente inibido pela acidez até que a saturação de alumínio não excedesse 60%. CARVALHO *et alii* (1981) observaram diminuição no crescimento da parte aérea e sistema radicular em estilosantes, sendo o efeito mais severo nas espécies que dependiam de fixação simbiótica.

O caráter diferencial das espécies quanto à susceptibilidade à presença de alumínio na produção de MS,

pode ser ilustrado pelo trabalho de SPAIN & ANDREW (1976), quando o *Panicum maximum* respondeu ao tratamento de 0,5 ppm de Al com aumento de produção de MS da parte aérea, sendo que para *Cenchrus ciliaris* houve decréscimo de produção desde o primeiro nível aplicado (0,5 ppm de Al). Analogamente, JARDIM (1984) observou efeito benéfico do alumínio na produção de *Galactia striata* até 10 ppm para parte aérea e 20 ppm para o sistema radicular. Para *Glycine wightii* os efeitos estenderam-se até 10 ppm para parte aérea e sistema radicular e para *Stylosanthes guianensis* cv. IRI 1022 os efeitos só existiram à nível de 20 ppm.

Caracterizando os efeitos do alumínio no processo de fixação simbiótica, CARVALHO *et alii* (1981) colocaram que a maior sensibilidade das plantas inoculadas submetidas ao alumínio esteve associada à redução na nodulação, tendo sido observados efeitos na redução no número de plantas que nodularam e redução no número e peso seco dos nódulos. CARVALHO *et alii* (1982) observaram ainda atraso no aparecimento de nódulos além da redução no número e peso de nódulos. Estes efeitos ocorreram antes que qualquer efeito do alumínio no crescimento da parte aérea, crescimento radicular e alongação da raiz ocorressem. TISDALE *et alii* (1985) acrescentaram ainda, que o alumínio interfere em certas enzimas que governam a deposição de polissacarídeos na parede celular e se relacionam com o aumento da rigidez da parede celular por ligações com pectina.

2.2.3. Toxidez de manganês

TISDALE *et alii* (1985) colocaram que um pequeno crescimento das culturas observado em solos ácidos é devido em grande parte à concentração de íons alumínio e manganês, que à exceção de concentrações muito baixas, podem ser tóxicos à maioria das plantas. JONES *et alii* (1970), avaliando o efeito direto da calagem na disponibilidade de Mn, observaram que a omissão de calcário resultou num aumento significativo na concentração de Mn em leguminosas, acima de um nível considerado tóxico. Analogamente, SOUTO & DOBEREINER (1969b) observaram diminuição de absorção de Mn pelas plantas com a calagem.

A toxidez de Mn parece ser uma desordem nutricional que pouco efeito tem na absorção e na translocação de outros nutrientes (ANDREW, 1978). Esse autor discute porém, a importância de alguns nutrientes que podem diminuir ou intensificar a toxidez de Mn. Neste sentido, SOUTO & DOBEREINER (1969a) observaram um aumento na absorção de Mn com a adubação fosfatada.

Os efeitos da toxidez de Mn estão relacionados com a regulação dos processos bioquímicos e ocorrem quando a planta perde o controle dos sistemas enzimáticos ativados pelo Mn (HELYAR, 1978). Segundo esse autor, o sintoma comum de toxidez de Mn é a clorose marginal nas folhas quando a toxidez é moderada, e necrose marginal quando seve-

ra, com os sintomas aparecendo primeiramente nas folhas mais velhas.

A tolerância à toxidez de Mn pode estar associada a taxas de absorção mais baixas, como observado em aveia, ou a uma forte tolerância da planta à presença de Mn, como observado em morangos por LÖHNIS (1951). Algumas plantas tolerantes restringem o transporte de Mn da raiz para parte aérea (ANDREW & HEGARTY, 1969).

Estes últimos autores examinando a concentração de Mn das raízes de espécies pertencentes a grupos mais ou menos tolerantes, observaram que as plantas mais tolerantes apresentaram maior acúmulo ou maior proporção de Mn na raiz/Mn na parte aérea que as espécies menos tolerantes, sugerindo que a tolerância relativa das espécies estaria ligada ao acúmulo de Mn no sistema radicular.

A produção de MS da parte aérea e do sistema radicular podem ser diminuídos pela presença de níveis tóxicos de Mn. ANDREW & HEGARTY (1969) estudando a resposta ao Mn em leguminosas tropicais e temperadas, observaram uma tendência à queda na produção de MS da parte aérea paralelamente ao acúmulo no teor de Mn na planta, sendo observado ainda, que as reduções no peso das raízes foram proporcionalmente menores que na parte aérea. Uma correlação negativa entre teor de Mn na planta e produção de matéria seca da parte aérea também foi obtida por MONTEIRO *et alii* (1983a).

Plantas tolerantes à toxidez de Mn podem por outro lado, responder positivamente em produção de MS seca a níveis mais altos de Mn do que a níveis mais baixos (CIAT, 1982a), o que poderia indicar um efeito benéfico ao invés de um efeito prejudicial.

Os efeitos diretos da toxidez de Mn na produção vegetal, foram estudados por SOUTO & DOBEREINER (1969b) nas diversas etapas de crescimento de leguminosas forrageiras tropicais. Em plantas submetidas a tratamentos com níveis crescentes de Mn não foi observado efeito na fase de germinação das plantas. Por ocasião do desbaste, uma maior ou menor sensibilidade das espécies à toxidez de Mn pode ser associada ao desenvolvimento do sistema radicular e porcentagem de plantas noduladas (ambos resultados superiores para plantas tolerantes). Na colheita, as diferenças foram mais pronunciadas, tendo sido observado com o aumento no teor de Mn uma diminuição no peso das plantas, diminuição no número e peso de nódulos por vaso, e diminuição na quantidade total de nitrogênio. Em relação à nodulação, pode ser observado que logo à primeira dosagem de Mn houve considerável redução no peso de nódulos e nitrogênio fixado, sendo o efeito no número de nódulos menos pronunciado do que no peso de nódulos. De acordo com os autores, esse fato indica que a iniciação dos nódulos foi menos sensível à toxidez de Mn do que o desenvolvimento posterior da simbiose.

A variável peso de nódulos parece caracterizar bem o efeito do Mn na planta, já que foi observado correlacionar-se negativamente com o teor de Mn e positivamente com a produção de MS, dados obtidos com *Glycine wightii* var. Tinaroo por MONTEIRO *et alii* (1983a).

A toxidez de Mn na nodulação pode porém, variar em função da estirpe de *Rhizobium* a ser utilizada. DOBEREINER (1966) observou uma interação significativa entre nível de Mn e a estirpe de *Rhizobium* utilizada. O número de nódulos diminuiu consideravelmente com a adição de Mn quando se utilizou estirpe 413, embora essa diminuição, em ausência de calagem, tivesse sido compensada por um acréscimo no tamanho de nódulos, mantendo-se um total de peso nodular e fixação de nitrogênio constantes. Com a estirpe 411 houve um aumento no número de nódulos, mas pouco acréscimo no tamanho. Nesse caso, o aumento de massa nodular teria ocorrido para compensar a eficiência reduzida e se obter fixação de nitrogênio adequada, possível nos tratamentos em que cálcio foi adicionado.

2.2.4. Disponibilidade de fósforo

Para compreensão das alterações na disponibilidade de fósforo decorrentes da calagem, é necessário que se definam primeiramente os processos que tornam o fósforo indisponível às plantas. Segundo RAIJ (1983) o fósforo tem

tendência a formar diversos compostos de solubilidade muito baixa com ferro, alumínio e cálcio, entre outros elementos. A ligação pode dar-se em solução com íons formando precipitados ou pela adsorção de fosfatos na superfície das partículas de argila, óxidos de ferro e alumínio, ou de CaCO_3 em solos calcários. A adsorção de fósforo pode mostrar íntima associação com a porcentagem de argila no solo, como observado para solos sob "cerrado" em revisão realizada por LOPES (1984).

Em termos de composição da fração argila, os maiores coeficientes de correlação foram obtidos para Al_2O_3 amorfo do que para Fe_2O_3 livre. Este último fato também foi observado por LEAL & VELOSO (1973) para latossolos sob vegetação de cerrado. LOPES (1984) colocou ainda, que a adsorção máxima de fósforo melhor correlacionou-se com cargas positivas do que com cargas negativas, sugerindo a importância dos constituintes da argila com carga positiva, bem como dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, no processo de fixação do fósforo.

Segundo HSU (1965) a fixação de fósforo por precipitação seria limitada pelo pH, sendo negligível a pH 5,0 ou maior, mas não há total limitação para a atividade dos hidróxidos de alumínio amorfos e óxidos de ferro, os quais podem estar em qualquer magnitude, em qualquer pH. Assim, REEVE & SUMNER (1970) observaram estudando alguns oxissóis que a calagem apesar de eliminar o alumínio solúvel

não diminuiu a capacidade de fixação de fósforo, concluindo que a fixação ocorrida foi resultado de uma reação de adsorção ao invés de uma reação de precipitação.

AMARASIRI & OLSEN (1973) observaram para solos tropicais ácidos que a calagem diminuiu tanto o fósforo solúvel como o fósforo lábil a um valor mínimo a pH 6,0 e 7,0, sugerindo uma inativação do fósforo, devida em grande parte aos hidróxidos de ferro e alumínio recentemente precipitados, os quais foram formados pela ação da calagem.

Considerando os processos descritos, efeitos positivos ou negativos da calagem na disponibilidade de fósforo são apresentados na literatura. Convém considerar em toda a análise, o método de extração de fósforo utilizado, que pode originar diferentes resultados para disponibilidade de fósforo (SNYDER *et alii*, 1978; NAIDU *et alii*, 1990).

Aumentos gradativos no teor de fósforo disponível foram obtidos por GONÇALVES *et alii* (1984) com a aplicação de calcário até o nível de 10 t calcário/ha, quando a concentração de alumínio trocável atingiu níveis de 0,0 e 0,8 eqmg/100g de solo. Acima deste nível de calcário (10t/ha), houve decréscimo no teor de P.

NAIDU *et alii* (1990) observaram considerável variação nas quantidades de fósforo extraídas com aumento do pH do solo, atingindo valores máximos na faixa de pH 4,4 e 5,5, após o qual decresceu, sendo o alumínio trocável não

detectável a pH 5,2 ou acima. SNYDER *et alii* (1978) atribuíram um aumento na produção de leguminosas tropicais devido à calagem quando o fósforo não foi adicionado, a um aumento na disponibilidade do mesmo, tendência esta observada quando o fósforo foi extraído com NH_4OAc , não sendo contudo, observado para extração pelo método BRAY II.

Contrariamente, SOUSA *et alii* (1981) não observaram influência da calagem sobre a disponibilidade de fósforo "nativo" do solo. COUTO *et alii* (1985) também não observaram diferenças no fósforo disponível nas parcelas que receberam calagem, sugerindo uma melhor performance das gramineas estudadas em função da melhoria das condições de cálcio e magnésio.

Estudando-se a relação entre a disponibilidade de fósforo no solo e teor de fósforo na parte aérea, MENDEZ & KAMPRATH (1978) observaram que a calagem tem pouco efeito na concentração de fósforo na parte aérea. Tendo a calagem promovido melhor crescimento sem efeito na concentração de fósforo, os autores apontam para um efeito da calagem na melhoria da absorção de fósforo pelas plantas, ao invés de afetar a solubilidade de P no solo. Esta suposição encontra apoio no trabalho de KEHOE & CURNOW (1963), que observaram efeito positivo da calagem na produção de raízes de trevo subterrâneo, o que melhora a habilidade da planta em absorver fósforo.

O efeito direto do cálcio na absorção de fósforo foi estudado por ROBSON *et alii* (1970), os quais observaram para *Medicago sativa* que um aumento na concentração de cálcio em solução promoveu um aumento na absorção de fosfato, tanto para absorção total ($\mu\text{g/planta}$), como para a taxa de absorção por grama de peso fresco das raízes, sendo o fenômeno mais importante nas mais baixas taxas de fosfato. Nesse estudo, não houve efeito da concentração de cálcio em solução no crescimento da planta, resultando num aumento da concentração de fósforo tanto na parte aérea como nas raízes.

2.2.5. Disponibilidade de minerais

Com exceção do molibdênio, a disponibilidade de micronutrientes aumenta com o decréscimo do pH. Isto pode ter efeito prejudicial por causa da natureza tóxica de muitos elementos à qualquer concentração, exceto à baixas. As solubilidades de ferro, manganês e alumínio aumentam com o aumento da acidez. Em adição aos efeitos tóxicos, estes elementos podem interferir na absorção de cálcio, magnésio e outros cátions. A adição adequada de calagem, causa a inativação dos mesmos e um solo com pH 5,6 a 6,0 é geralmente mais satisfatório do ponto de vista de toxidez mínima e disponibilidade adequada destes elementos (TISDALE *et alii*, 1985).

Dos micronutrientes, tem destaque principal entre as leguminosas o boro e o molibdênio. A nutrição com molibdênio em culturas é melhorada pela calagem e deficiências são infrequentes naqueles solos que receberam calagem para atingirem valores de pH maiores que 7,0. Em pHs maiores que 6,3 - 6,5 há queda dramática na disponibilidade de boro e na sua absorção pelas plantas (TISDALE *et alii*, 1985).

A disponibilidade de micronutrientes no solo pode ser refletida pelo estado nutricional da planta que está sendo cultivada. Assim, com a omissão de calcário são observados, com alguma variação, aumentos na concentração de ferro, manganês, boro, zinco e cobre na planta (JONES *et alii*, 1970 e COLOZZA & WERNER, 1984), bem como decréscimos significativos destes nutrientes com elevação nas doses de calcário empregadas (MONTEIRO *et alii*, 1983a).

A diminuição na disponibilidade de micronutrientes poderá afetar diretamente o crescimento vegetal e a nodulação, especificamente nas espécies leguminosas. Nesse sentido, ensaios do tipo subtração de nutrientes podem demonstrar a importância de micronutrientes em termos de produção de matéria seca.

SAVASTANO *et alii* (1982) observaram para *Stylosanthes humilis* decréscimos na produção de MS de 34, 26, 31, 22 e 13%, quando se omitiram Mo, Cu, Zn, Fe e B, respectivamente, do tratamento completo. Analogamente,

aumentos na produção de soja-perene pela adição de micronutrientes (Mo e B) foram observados por WERNER & MATTOS (1974) (solo com pH final igual a 6,0), e por MONTEIRO *et alii* (1983a), com aplicação conjunta de B, Cu e Zn que promoveu efeito positivo na produção de MS da parte aérea e planta inteira de siratro, no nível mais alto de calagem aplicado (quando foi atingido pH igual a 5,6).

Direcionando atenção particular às leguminosas, molibdênio e boro merecem destaque pela participação que tem no processo de fixação simbiótica.

Primeiramente, o Mo faz parte da enzima redutase nitrato, que transforma o nitrato absorvido pelas plantas em NH_3 ou forma assimilável (MALAVOLTA, 1976). Nas leguminosas o Mo é ainda um componente do complexo enzimático nitrogenase, que é responsável pela redução do N_2 a NH_3 no processo de fixação simbiótica (SPRENT, 1979). Segundo ANDERSON (1956), menor quantidade de Mo é necessária para o metabolismo geral das leguminosas do que para a fixação simbiótica de nitrogênio. Deste modo, onde o Mo está em nível deficiente para fixação de nitrogênio, mas não para o metabolismo da planta hospedeira, uma deficiência de nitrogênio é induzida.

FRANÇA & CARVALHO (1970) indicam a imobilização do Mo, em ausência de calagem, como uma possível responsável pela mínima fixação de nitrogênio observado experimentalmente em leguminosas tropicais, apesar

de abundante formação de nódulos ter ocorrido. Em algumas espécies, o peso de nódulos neste tratamento chegou a ser significativamente superior aos demais. Complementarmente, RUSCHEL & EIRA (1969) observaram para soja (*Glycine max*) que o Mo aplicado sob a forma de revestimento da semente influenciou na nodulação, diminuindo a massa nodular nos tratamentos sem cálcio (como $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) no solo. A quantidade total de nitrogênio não foi contudo, aumentada. Na presença de Ca porém, observou-se aumento no peso seco total dos nódulos e N fixado.

A adição de Mo são atribuídos os efeitos de aumento no peso dos nódulos (mg/vaso) (MONTEIRO *et alii*, 1983a; WERNER & MATTOS, 1974), aumentos na porcentagem de nitrogênio e quantidade total de nitrogênio (WERNER & MATTOS, 1974; FRANÇA *et alii*, 1973). A omissão de Mo vem causar diminuições na produção de MS e quantidade total de nitrogênio, como observado por COLOZZA & WERNER (1984) e MONTEIRO *et alii* (1983a). Os últimos autores atribuem ainda ao Mo, o aumento no teor de nitrogênio na planta através do aumento da massa nodular, quando na ausência de calagem e ao aumento na fixação de nitrogênio em presença de calagem.

Em relação ao boro, WHITTINGTON (1959) estudando o crescimento de raízes de feijão, observou que o efeito primário de deficiência de boro foi a interrupção da divisão celular e crescimento das células apicais. Os resultados indicaram nesse experimento, que a divisão celular não

foi afetada por uma diminuição na disponibilidade de açúcar, nem por uma deficiência na síntese protéica ou de ácidos nucleicos (fenômenos discutidos em função da falta de boro), tendo sido sugerido que o processo de divisão celular cessou por causa de anormalidades ocorridas na formação da parede celular, que impedem a organização da célula para mitose.

Para as leguminosas, MALAVOLTA (1976) afirmou que em plantas deficientes em boro ocorre diminuição de translocação de carboidratos, o que pode conduzir a uma menor nodulação.

Segundo Brechley & Thornton³ citado por FRANCO (1978) quando os nódulos se desenvolvem em deficiência de boro, eles são pequenos e não apresentam cordão vascular e nem bacteróides.

Em estudos com boro, JONES *et alii* (1970) observaram diminuição na produção de MS (g/vaso) com a omissão do mesmo. FRANÇA *et alii* (1973) observaram efeitos positivos do boro na produção de matéria seca, quantidade total de nitrogênio e peso de nódulos em presença de calagem. WERNER & MATTOS (1974) observaram aumentos no número e peso de nódulos, mas tendência a diminuição na porcentagem de nitrogênio com adição de boro.

³BRECHLEY, W.E. & THORNTON, B.A. The relation between the development, structure and functioning of the nodules on *Vicia faba*, as influenced by the presence or absence of boron in the nutrient medium. *Proceeding Royal Society of London. Ser B*, London, 98: 373-99, 1925.

Um outro micronutriente estudado é o Zn, que também pode afetar a produção de matéria seca das leguminosas (JONES *et alii*, 1970). FRANÇA *et alii* (1973), observaram que a aplicação de Zn, principalmente com calagem, aumentou produção de MS, quantidade total de nitrogênio e peso de nódulos em soja-perene Tinaroo.

2.3. Acidez do solo e as espécies forrageiras estudadas

2.3.1. *Braquiária brizantha*

O cultivar Marandu tem sido recomendado para a região de cerrado de média à boa fertilidade (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1985). O cultivar responde bem à adubação fosfatada porém, apresenta boa tolerância a altos níveis de alumínio e manganês no solo, não respondendo significativamente à calagem. A aplicação de calcário seria então recomendada somente como fonte de Ca e Mg.

Em experimento realizado em Carimagua (CIAT, 1981), oito gramíneas foram submetidas a diferentes níveis de estresse devido à saturação por alumínio (95% e 75%), sob dois níveis de fósforo. Sob condições de estresse de alumínio e fósforo (95% de saturação por alumínio e teor de P menor que 2 ppm) *B. humidicola* 679, *B. brizantha* 665 e *B. decumbens* 664 e 6012 produziram uma quantidade significati-

vamente maior de MS que *P. panicum* 604 e *B. ruziziensis* 664. Quando o estresse foi ligeiramente diminuído (saturação por alumínio entre 75 e 90%), a maior parte das gramíneas aumentou sua produção de MS. Neste sentido foi observado que a *B. decumbens* 6012 e *B. brizantha* 665 alcançaram respectivamente, 90 e 64% de seus rendimentos máximos quando submetidas a condições de estresse (89% de saturação por alumínio e teor de P menor que 2 ppm). Entre as gramíneas testadas, a *B. humidicola* foi a mais tolerante ao estresse (95% de saturação por alumínio). O rendimento de *B. brizantha* 665 foi afetado a nível de 86% de saturação por alumínio enquanto que *B. decumbens* 664 e *P. maximum* 604 foram afetados a nível de 82% de saturação por alumínio.

Em experimento de campo estabelecido num Oxissol de Carimagua (CIAT, 1982a), com a finalidade de se determinar as necessidades de Ca de gramíneas forrageiras tropicais, foram utilizadas quatro doses de cálcio (50, 100, 200 e 400 kg/ha) mais o tratamento controle, utilizando-se calcário agrícola como fonte de Ca. Comparando-se os requerimentos críticos externos (kg Ca/ha) e internos (%), associados com 80% da produção máxima da forrageira, observaram-se como requerimentos críticos externos os valores de 50, 100 e 100 para *B. humidicola*, *B. decumbens* e *B. brizantha*, respectivamente. Como requerimentos críticos internos foram obtidos para *B. humidicola* os valores de 0,22 e 0,25, para *B. decumbens* 0,37 e 0,30 e para *B. brizantha* 0,37 e 0,32

analisando-se a época das chuvas e época das secas respectivamente. Em estudo semelhante (CIAT, 1982b), comparando-se requerimentos externos (kg/ha) de nutrientes para o estabelecimento de *B. brizantha* 665 e *P. maximum* 604, em savanas isohipertérmicas, foram observados os valores de 100 e 250 kg/ha para necessidades em Ca e 12 e 15 kg/ha para Mg, respectivamente (níveis críticos associados com rendimento máximo de 80%).

Respostas lineares à calagem até o nível de 930 kg/ha de calcário em solo franco arenoso, foram observadas para *B. brizantha* cv. Marandu (CIAT, 1989). Por outro lado, FERNANDES (1989)⁴ observou tendência a decréscimo na produção de MS de *B. brizantha* cv. Marandu quando submetida ao nível de 60% de saturação por bases (1,8 t de calcário/ha num tratamento NPK mais calcário comparando com o tratamento exclusivo NPK). Neste ensaio o pH variou nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, de 4,4 e 4,5 para o tratamento sem calagem e 4,7 e 4,6 para o tratamento com calagem, respectivamente.

⁴FERNANDES, F.M. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Ilha Solteira. Comunicação pessoal, 1989.

2.3.2. Colonião

WERNER *et alii* (1967), em ensaio de fertilização com colonião em um Latossol Vermelho Escuro fase arenosa, testou os seguintes tratamentos: completo (pH final = 6,5), completo menos Ca e Mg (pH final = 5,18) e completo mais aplicação de 1/4 das doses de Ca e Mg (pH final = 5,4). Produções superiores foram observadas para os tratamentos "menos Ca e Mg" e "1/4 das doses de Ca e Mg" (110 e 106% respectivamente) em relação ao tratamento completo (100%), com diferenças significativas entre os tratamentos "completo" e "completo menos Ca e Mg". Em relação ao perfilhamento, observou-se nos tratamentos "menos Ca e Mg" e "1/4 das doses de Ca e Mg" maior número de perfilhos/vaso e menor peso de cada perfilho em relação ao tratamento completo. A concentração de N na MS foi superior no tratamento completo.

WERNER *et alii* (1979) estudando os efeitos da calagem em capim colonião já estabelecido, com aplicação de 0, 1,5, e 3,375 t calcário/ha (que elevaram o pH a 4,63, 4,85 e 5,10 respectivamente), observaram no primeiro ano, diminuição não significativa da produção da MS (6,3 e 9,0% para os níveis 1,5 e 3,375 t calcário/ha em relação ao tratamento sem calagem. No segundo ano o efeito depressivo da calagem na produção de MS foi explicado por uma regressão linear significativa. No terceiro ano nenhum efeito da produção foi atribuído à calagem. Os dados de proteína total

(kg/ha) seguiram o mesmo padrão observado para produção de MS.

CHEW *et alii* (1980) estudando o comportamento de *Guinea grass* cultivares Sigor e Colonoa em um solo de floresta tropical recentemente desmatado, sob quatro níveis de calagem (0, 3,0, 6,0 e 12,0 t de calcário/ha), observaram durante os três anos do experimento que a produção de MS foi explicada por uma relação quadrática com a calagem atingindo o máximo a pH 4,2 (12 t calcário/ha). Esse resultado foi mais efetivo no primeiro ano, tendo sido observado um declínio no pH no 2.º e 3.º anos do experimento. No 3.º ano nenhum cultivar respondeu aos níveis de calagem mais altos que 6,0 t calcário/ha (pH = 3,81).

O efeito residual de calagem, após um período de dez anos da aplicação de diversos níveis de fósforo e calagem (0 e 4000 kg/ha de calcário), foi estudado pelo CIAT (1984) e observou-se uma tendência à resposta positiva na produção de MS de *P. maximum* Makueni, entre os dois níveis de calagem aplicados.

GUTERREZ & GOMES (1982) estudando o efeito de calcário (0 e 2,5 t calcário/ha) em um solo (pertencente à unidade de mapeamento Tupancireta I) do Rio Grande do Sul com pH = 5,0, observaram que estes níveis de calagem não influenciaram significativamente a produção de MS, proteína bruta (kg/ha) e % de proteína do *P. maximum* Jacq. cv. Gatton, embora tivesse ocorrido uma tendência a aumento de

produção. Nesse ensaio, uma pequena alteração no pH do solo foi observada aproximadamente 30 meses após a calagem (pH variando de 4,8 para 5,1).

GOMIDE *et alli* (1986), estudando os efeitos da calagem no estabelecimento e produção de capim colônia (*P. maximum* Jacq.) em um solo de cerrado de pH = 5,4 com aplicação de 650 kg/ha de calcário, observou que a incorporação de calcário antes do plantio reduziu significativamente o rendimento de MS no 1.º corte, mas o favoreceu significativamente no segundo ano (total de três cortes), tendo sido observadas médias de 5,71 e 6,08 kg MS/ha para os tratamentos sem calcário e com calcário incorporado, respectivamente.

2.3.3. Soja-perene

As respostas à aplicação de calcário em soja-perene são bem estudadas, o que permite caracterizá-la como uma planta sensível à acidez do solo.

SOUTO & DOBEREINER (1969b) estudando o efeito da aplicação de CaCO_3 (nível zero e 2,00 g/vaso com a finalidade de atingir pH = 6,5) em *Glycine javanica* variedades SP-1 e Tinaroo, observaram, já à época do desbaste, um efeito significativo no desenvolvimento das plantas, apresentando os vasos com calagem maior peso das plantas, menor comprimento de raiz e maior número de plantas noduladas. A

variedade Tinaroo se mostrou mais precoce, mais sensível à toxidez de Mn (à época do desbaste), sendo a interação variedade x calagem significativa para número de plantas noduladas e próximo da significância para peso das plantas, mostrando o desenvolvimento mais rápido da variedade Tinaroo nos vasos com calagem. Resultados de observações finais mostram aumentos significativos para número de nódulos, peso de nódulos (mg/vaso), produção de MS (g/vaso), concentração de nitrogênio na planta e quantidade total de nitrogênio (N total) (mg/vaso), tendo ocorrido interação significativa variedade x calagem apenas na variável MS da planta, onde a variedade Tinaroo mostrou-se superior.

JONES *et alii* (1970) estudando resposta à adição de CaO e MgO em um Latossolo Vermelho de Orlândia-SP, quando o pH foi elevado de 4,7 para 7,6, observaram para *G. javanica* uma diminuição significativa na produção de MS (mg/vaso), quantidade total de nitrogênio (mg/vaso) e aumento significativo no teor de N na planta nos tratamentos em que se omitiu a calagem. Em relação à composição mineral observou-se com a omissão de calagem aumento nas concentrações de Mn, Zn, B e Fe e em menor grau Cu.

FRANÇA & CARVALHO (1970) estudaram o efeito da omissão de calagem em um Latossol Vermelho sob vegetação de cerrado, sendo que o tratamento completo recebeu adição de calcário para elevar o pH de 4,3 para 6,0. Foi observado para *G. javanica* var. Tinaroo, diminuição significativa na

produção de MS (g/vaso), quantidade total de nitrogênio (mg/vaso) e tendência à diminuição no peso de nódulos (mg/vaso) e peso médio de nódulos (mg/vaso) com omissão de calagem.

FRANÇA *et alii* (1973) estudando a influência da calagem no desenvolvimento e fixação simbiótica de nitrogênio em *G. wightii* var. Tinaroo em Latossol Vermelho Escuro, no qual o pH foi elevado de 4,3 para 5,7 (pH medido após colheita), com uma calagem de 6 t de calcário/ha, observaram efeitos positivos e significativos para MS, quantidade total de nitrogênio e efeito significativo negativo para peso de nódulos, tendo este último ocorrido apenas na ausência de boro. Foram observados ainda efeitos positivos e significativos da calagem nas concentrações de N, P, Ca e Mg na planta.

PHILPOTTS (1975) estudando o efeito da calagem em *G. wightii* var. Tinaroo em solos ácidos, quando a calagem foi realizada nas proporções de 1:0, 1:1 e 1:2 de uma mistura de superfosfato molibdenizado e calagem nas quantidades totais de 250, 500 e 750 kg/ha das respectivas misturas, observaram que a calagem, de uma maneira geral, promoveu um aumento no número de plantas noduladas (%) quando o inóculo foi usado e aumento no número de nódulos por planta nodulada. Os resultados observados estiveram associados ao tipo de solo, estirpe de *Rhizobium*, época de observação e nível de calagem aplicado.

MUNNS *et alii* (1977) estudaram a influência da calagem na fixação de nitrogênio por leguminosas, aplicando taxas de calcário até 22 t/ha para produzir um gradiente de pH entre 4,7 e 7,1. Em função do pH foi observado para *G. wightii* var. Tinaroo uma faixa de pH entre 6,0 e 6,5, na qual o peso fresco de nódulos (mg/nódulos), a redução do acetileno ($\mu\text{mol/g}$ nódulos/h) e o número de nódulos por planta elevaram-se a seus maiores valores, após o qual tenderam a decréscimo. O crescimento para peso fresco da parte aérea seguiu essa mesma tendência; a linha de decréscimo contudo, foi muito menos sensível aos tratamentos elevados de calagem, em relação ao observado para os parâmetros anteriores. A concentração de N na folha aumentou com os níveis de calagem aplicados. A redução do acetileno foi usada para medir a eficiência da nodulação e observou-se que a mesma aumentou junto com o número de nódulos até a faixa de pH 5,6-6,0.

SANTOS *et alii* (1980) cultivaram *G. javanica* var. Tinaroo em solos de cerrado e observaram efeitos altamente significativos da calagem para aumento de produção de MS quando o pH foi elevado de 4,7-4,8 para 5,4 (observado no corte final). A calagem reduziu substancialmente a absorção de Zn e B, verificando-se o contrário em relação ao Mo. A calagem promoveu ainda aumentos nos níveis de Ca e Mg.

MONTEIRO *et alii* (1983b) estudando limitações de fertilidade em solos paulistas para o cultivo de *G.*

wightii var. Tinaroo observaram que a ausência de calagem determinou reduções significativas no peso seco da soja em relação ao tratamento completo. Nesses solos, o pH original variou de 4,7 a 5,3 e com a calagem eles foram elevados para 5,6 a 6,0. A nodulação expressa em mg/vaso foi significativamente reduzida nos solos com pH 5,5 a 5,7, apresentando tendência à diminuição em solos com pH 5,6, 5,8 e 6,0 com omissão de calagem. A quantidade total de nitrogênio foi significativamente diminuída na maioria dos solos. A concentração de N em geral, elevou-se em ausência de calagem, sendo que reduções significativas estiveram associadas a diminuições significativas na produção de MS e quantidade total de nitrogênio em ausência de calagem.

MONTEIRO *et alii* (1983a) cultivaram *G. wightii* var. Tinaroo em solo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras, submetendo-o a quatro níveis de calagem, elevando o pH para 4,7, 5,1, 5,4 e 5,6, o que promoveu a elevação no nível de saturação por bases para 12,1, 24,8, 34,6 e 44,8 respectivamente. As produções de MS no 1.º e 2.º cortes, bem como das raízes e planta inteira foram aumentada pela calagem, com a produção da parte aérea aumentada até a máxima dose de calcário utilizada. A concentração de N na parte aérea no 1.º corte mostrou sensível redução para as duas primeiras doses de calcário, sendo associada ao aumento de produção de MS observado.

No 2.^o corte foram observados aumentos lineares significativos na concentração de N na parte aérea e raízes. A quantidade total de nitrogênio em ambos os cortes efetuados foi significativamente aumentado pela calagem, podendo-se verificar neste estudo que os valores máximos para quantidade total de nitrogênio na espécie seriam obtidos com doses maiores de calcário do que as utilizadas neste trabalho. A nodulação da espécie (número ou peso seco de nódulos/vaso) foi significativamente aumentado pela calagem. Com a calagem foram observados ainda decréscimos significativos nos teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn com as doses de calcário empregadas.

COLOZZA *et alii* (1983) estudaram os efeitos da aplicação de calcário dolomítico e gesso em dois solos ácidos cultivados com *G. wightii* var. Tinaroo. No primeiro solo (pH original = 5,1), um Podzólico Vermelho Amarelo var. Laras, observou-se para os níveis crescentes de calagem 0, 1,2 e 2,4 t calcário/ha um efeito significativo e positivo para produção de MS da parte aérea, sistema radicular e planta inteira (mg/vaso), quantidade total de nitrogênio (mg/vaso) e peso seco de nódulos (mg/vaso), acréscimos estes maiores do nível 0 para 1,2 t calcário/ha. No segundo solo, um Latossolo Vermelho Amarelo com pH 4,7, foram utilizadas doses de 0, 3,75 e 7,5 t calcário/ha, e observou-se que a calagem proporcionou também um efeito positivo e significativo para as produções de MS, quantidade total de nitrogênio

e peso de nódulos, sendo que os maiores acréscimos para os parâmetros analisados foram observados do nível 0 para 3,75 t calcário/ha.

COLOZZA & WERNER (1984) estudando a aplicação de nutrientes em um Podzólico Vermelho Amarelo intergrade para Latossolo Vermelho Amarelo, observaram efeito positivo da calagem para *G. wightii* var. Tinaroo, quando foram comparados entre outros, os tratamentos completo (pH = 5,7), completo menos calagem (pH = 4,7) e completo com calagem para pH = 6,4. Os autores observaram que a soja-perene apresentou redução percentual significativa na produção de MS da parte aérea, da ordem de 72% e 48% para o 1.º e 2.º cortes respectivamente, quando compararam o tratamento menos calagem com o completo. Para a espécie estudada, o solo em questão limitou a nodulação e conseqüentemente a fixação de nitrogênio, revelada pela redução nos teores de nitrogênio (2.º corte) e quantidade total de nitrogênio (mg/vaso) do 1.º e 2.º cortes e ainda peso seco dos nódulos (mg/vaso), reduções estas significativas em ausência de calagem. O último tratamento promoveu maior produção de MS, não diferindo porém significativamente do tratamento completo. O peso dos nódulos, por outro lado, mostrou-se significativamente inferior ao observado no tratamento completo.

JONES & FREITAS (1970) estudaram a resposta de *G. javanica* em um Latossolo Vermelho Amarelo de cerrado (pH = 4,5), à aplicação de quantidades crescentes da mistura

$\text{Ca(OH)}_2 + \text{MgCO}_3$ e observaram que a produção de MS aumentou atingindo um máximo em torno da combinação 1000 kg de Ca e 120 kg de Mg/ha (pH = 6,4). Subsequentes aplicações de calcário determinaram decréscimos na produção de MS, atribuídos a um desequilíbrio nutritivo induzido pelo excesso de íons Ca. O teor de proteína também aumentou com a aplicação de Ca e Mg.

CARVALHO *et alii* (1971), em ensaio exploratório de fertilização de leguminosas tropicais em um Latossolo Vermelho Escuro fase Mata com pH em água 4,7, não observaram efeito significativo na produção de MS para *G. javanica* var. Tinaroo quando aplicaram 7 t/ha de uma mistura alcalinizante composta de CaCO_3 e MgCO_3 na proporção de 5:1, a qual elevou o pH para 5,8. No tratamento em que se omitiu calagem a quantidade total de nitrogênio tendeu a diminuir enquanto as variáveis número de nódulos e peso de nódulos (mg/vaso) tenderam a aumentar.

2.3.4. Macrotiloma

MUNNS & FOX (1976) estudando o efeito da calagem quando elevaram o pH de 4,8 para 7,0, observaram logo após a emergência um efeito depressivo da calagem em *Dolichos axillaris* a pH 6,0 e 7,0. Uma a duas semanas após, em observação quanto à nodulação, as mais altas doses de calagem haviam diminuído o número de nódulos ou peso médio

dos nódulos. Na ocasião porém, o peso das plantas não confirmaram as observações realizadas anteriormente, sugerindo que a planta havia se recuperado de uma depressão de muito curta duração.

Estudando *Dolichos* em relação à outras espécies, MUNNS & FOX (1977) comparando os requerimentos de calagem para leguminosas tropicais e temperadas, observaram um alinhamento das espécies de acordo com a necessidade de calagem (em CaCO_3) para que cada uma atingisse 90% de sua produção máxima, ou *M. sativa* (9-10 t/ha) > *G. wightii* var. Tinaroo (5 t/ha) > *D. axillaris* (4 t/ha) > *S. guianensis* (0,1 t/ha). De acordo com a magnitude de acréscimo de produção devido à calagem, apresentaram-se como *D. axillaris*, *M. sativa* (6 vezes de acréscimo) > *G. wightii* var. Tinaroo (5 vezes de acréscimo) > *S. guianensis* (30-50% de acréscimo).

MUNNS et alii (1977) observaram para *D. axillaris* quando submetido à pH variando entre 4,7 e 7,1, aumento no peso fresco da planta (g/planta) paralelamente ao aumento no número de nódulos por planta com elevação do pH (até aproximadamente pH = 6,5). Foi observado que o peso de nódulos (mg/nódulos) diminuiu à medida que ocorreu aumento na eficiência dos mesmos. Um aumento na eficiência dos nódulos, poderia nesse caso, ser responsável pela maior parte da resposta em crescimento observado em *D. axillaris*.

COLOZZA & WERNER (1984) estudando a aplicação de nutrientes em *D. axillaris* observaram em um ensaio tipo subtração, que o tratamento completo menos calagem em relação ao tratamento completo (com elevação do pH de 4,7 para 5,7) foi responsável por uma tendência à diminuição na produção de MS (g/vaso) e quantidade total de nitrogênio (mg/vaso) ao primeiro corte da forragem. No 2.º corte houve uma diminuição significativa na produção de MS (g/vaso), quantidade total de nitrogênio (mg/vaso) e peso seco dos nódulos (mg/vaso). Quanto aos teores de minerais, observou-se por ocasião do primeiro corte diminuição significativa de Ca e Mg e aumentos significativos nos teores de Zn e Mn nos tratamentos em que se omitiu calagem. Ao segundo corte, estas tendências continuaram para Ca, Zn e Mn.

2.3.5. Estilosantes

SOUSA *et alii* (1983) classificaram o cv. Bandeirante da espécie *Stylosanthes guianensis* como de excelente adaptação aos solos ácidos e de baixa fertilidade. Esta espécie parece ser reconhecidamente tolerante à acidez do solo, com respostas limitadas da calagem aos níveis mais altos aplicados.

MUNNS & FOX (1976) estudaram o efeito depressivo da calagem no crescimento de leguminosas, com doses que variaram de 0-22 t calcário/ha, que elevaram o pH de 4,8

para 7,0. Foi observado para *S. guianensis* uma depressão de crescimento já na fase de seedling na faixa de pH 6,0-7,0. Esta depressão persistiu e o crescimento foi visivelmente reduzido em todos os níveis de pH maiores que 6,0 durante o experimento. A planta desenvolveu ainda, uma marcada clorose internerval nas folhas mais jovens em pH 6,8 e 7,1. Os dados mostraram um modelo ótimo de crescimento para o *S. guianensis* em pH 5,5, forma esta de resposta que persistiu na rebrota.

VARGAS & DOBEREINER (1974) estudando efeitos da calagem em *S. guianensis* Mohlenbrok cultivar IRI - 1022 em solo Podzólico Vermelho Amarelo, observaram num primeiro experimento, em que níveis de calagem determinaram elevação no pH de 5,3 para 6,6, que a calagem teve um efeito negativo na produção de forragem, enquanto que a nodulação (número e peso dos nódulos) e fixação de N_2 (%) foram estimulados. O efeito no número de nódulos foi linear. O peso de nódulos e a concentração de N das plantas sofreram um ligeiro decréscimo inicial com aumento acima de pH 5,5 e 5,7, respectivamente. A quantidade total de nitrogênio nas plantas não mostrou efeito significativo em nenhum dos tratamentos. Num segundo experimento, em que o pH do solo variou de 4,8 a 6,9, observou-se que a calagem reduziu a nodulação e a produção da forragem.

PROBERT *et alii* (1979) observaram para *S. guianensis* cv. Cook respostas à calagem na produção de MS

somente quando baixos níveis foram usados (0 - 79 mg/ vaso), o que promoveu aumento significativo da produção de 0,84 para 1,01 g MS/vaso (o pH variou de 5,2 para 5,6 após a incubação). Com níveis de calcário de 0, 83, 166, 333 e 666 mg CaCO_3 /vaso, com variação de pH de 5,15 a 7,8, a resposta da calagem deu-se em função da dose de fósforo aplicada, tendo sido observado que doses mais altas de calcário diminuíram a produção abaixo daquela obtida com 83 mg de CaCO_3 /vaso, sendo esta depressão intensificada com a maior dose de P aplicado. Num experimento de campo em que foram testados três níveis de calcário dolomítico (0, 250 e 500 kg/ha), observou-se que no primeiro ano o calcário dolomítico aumentou significativamente a produção em 10,5% em relação ao tratamento sem calagem, com resposta máxima sendo obtida ao nível de 250 kg/ha. No 2.º ano a resposta não foi significativamente afetada, com acréscimo de 5,2% na produção.

SANZONOWICZ & VARGAS (1980), em experimento realizado em casa de vegetação com Latossolo Vermelho Escuro e cinco níveis de calcário (0, 3, 6, 9 e 12 t calcário/ha), promovendo médias de pH de 4,6, 5,5, 6,0, 6,6 e 7,2 respectivamente, observaram para o *S. guianensis* Sw cv. IRI-1022 efeito positivo do calcário em cortes aos 70, 139 e 180 dias, sendo que os maiores efeitos ocorreram no 2.º e 3.º cortes. O ponto de inflexão das curvas de regressão, as quais representam as produções máximas calculadas, foram obtidas para o primeiro corte a pH 5,4 e a pH 5,7 para o 2.º e o 3.º

cortes, indicando pequena necessidade de calcário para o estabelecimento desta espécie. Os teores de N na planta por outro lado, apresentaram uma tendência de elevação até pH 6,6, tendo decrescido juntamente com o rendimento de MS num pH mais elevado. O efeito positivo da calagem na quantidade total de nitrogênio atingiu o máximo a nível de 5,0 t calcário/ha (pH = 5,9).

SAVASTANO *et alii* (1982) estudando a nutrição mineral de *Stylosanthes* entre eles o *S. guianensis* cv. Schofield, Endeavour e Cook sob três níveis de calagem (0, 1,2 e 2,9 t CaCO_3 /ha), observaram para os cultivares Schofield e Cook respostas positivas e significativas para produção de MS ao primeiro nível de calagem aplicado (as produções foram 30 e 35% menores com a omissão de calcário respectivamente). A quantidade total de nitrogênio também foi reduzida significativamente com a omissão de calagem nos dois casos. A tendência para aumento da produção de MS observada com o nível mais alto (2,9 t) foi mínima, sendo que para o cv. Cook até diminuiu em relação ao primeiro nível de calagem aplicado.

CARVALHO *et alii* (1988) estudaram a resposta do *S. guianensis* (Aubl.) Sw. à aplicação de 0, 1,0 e 4,0 t calcário/ha em um Latossolo Vermelho Amarelo onde promoveu-se elevação do pH a 4,4, 4,8 e 5,9 respectivamente. Foi observado para esta espécie que a calagem não aumentou significativamente a produção de MS entre os níveis 0 e 1,0

t calcário/ha, mas o promoveu ao nível de 4,0 t calcário/ha. A aplicação de 4,0 t calcário/ha aumentou significativamente a concentração de N na parte aérea em relação à 1,0 t calcário/ha, ocorrendo também aumento na quantidade total de nitrogênio.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, Estado de São Paulo.

Foram estudadas as seguintes espécies forrageiras tropicais:

1. *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. cv. marandu. Nome vulgar: Braquiária brizantha.

2. *Panicum maximum* Jacq. cv. IZ-1. Nome vulgar: Capim colônia.

3. *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. (*S. gracilis* Kunth) cv. Bandeirante. Nome vulgar: Estilosantes.

4. *Neonotonia wightii* (Wightii e Arn.) Lakey var. Tinaroo; *Glycine wightii*; *Glycine javanica*. Nome vulgar: Soja-perene Tinaroo.

5. *Macrotyloma axillare* (E. Mey) Verdc.) cv. Guatá; *Dollichos oxillaris*. Nome vulgar: Macrotiloma.

Cada espécie foi submetida a quatro tratamentos com cinco repetições, totalizando vinte observações. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso.

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIANCIA

C. V.	G. L.
Tratamento	3
Resíduo	16
Total	19

3.1. Estabelecimento dos tratamentos

3.1.1. Coleta do solo

O solo utilizado foi retirado de uma Unidade classificada como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico localizada na Estação Experimental do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, Estado de São Paulo. A vegetação predominante era de capim jaraguá recentemente submetida à queimada. O solo foi coletado a uma profundidade de 20 cm (cerca de uma tonelada de solo) que foi em seguida seco à sombra e peneirado.

A análise de fertilidade revelou os resultados apresentados na Tabela 1. A análise do solo foi realizada segundo os métodos descritos no item 3.2.5.

Tabela 1. Análise química do solo utilizado no experimento.

P resina µg/cm ³	M.O. %	pH em CaCl ₂	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	S	T	Al ³⁺	V%
						meq/100	cm ³			
4,0	2,0	4,0	0,07	0,43	0,11	4,6	0,6	5,2	0,83	12

3.1.2. Tratamentos

Neste ensaio foram definidos quatro tratamentos caracterizando níveis crescentes de saturação por bases do solo, que foram:

Tratamento A: solo original

Tratamento B: 30%

Tratamento C: 50%

Tratamento D: 70%

A elevação no nível de saturação por bases foi realizada com a aplicação de uma mistura dos óxidos de cálcio (CaO) e magnésio (MgO) p.a. As quantidades de óxidos adicionados e as correspondentes quantidades de calcário aplicadas nos tratamentos foram:

TRATAMENTOS	Leguminosas			Gramíneas		
	g/vaso		t/ha	g/vaso		t/ha
	CaO	MgO	calcário	CaO	MgO	calcário
A:	0,0000	0,0000	0,00	0,0000	0,0000	0,00
B:	0,6720	0,3840	1,20	0,7392	0,4224	1,20
C:	1,3440	0,7680	2,40	1,4784	0,8448	2,40
D:	2,0160	1,1520	3,60	2,2176	1,2672	3,60

A fórmula utilizada para determinação da necessidade de calcário encontra-se a seguir (QUAGGIO, 1983).

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) T.f}{100}$$

onde NC pode ser expressa em toneladas de calcário/ha ou eq. mg $\text{CaCO}_3/100 \text{ cm}^3$ de solo.

Para o ensaio com as gramíneas utilizaram-se vasos com capacidade para 5,5 kg de solo e para as leguminosas vasos com 5,0 kg. As quantidades de solo foram colocadas em sacos plásticos, onde foram acrescentados os óxidos correspondentes aos tratamentos. Seguiu-se uma agitação manual por cinco minutos. Cada unidade foi então acondicionada no interior de vasos previamente impermeabilizados com neutrol. Em seguida foi feita a adição de água deionizada em um vaso isolado para se estimar o volume necessário para que o solo atingisse a capacidade de campo. A quantidade determinada (800 ml para os vasos de leguminosas e 900 ml para os vasos das gramíneas) foi então adicionada aos vasos do experimento. Os vasos foram então cobertos com lona plástica e mantidos em incubação por um período mínimo de 45 dias.

Na fase inicial de incubação (que variou de 20 a 25 dias), os vasos receberam reposição semanal das perdas de água ocorridas no período. Para isso, alguns vasos previamente marcados eram pesados semanalmente e a perda

média de peso observada em relação ao peso no início incubação constituiu base para cálculo de reposição.

Com a finalidade de se avaliar a efetividade da adição dos óxidos na elevação no nível de saturação por bases, amostras de solo compostas, correspondentes aos tratamentos A, B, C e D foram retiradas aos vinte dias de incubação.

3.1.3. Plantio

O plantio foi realizado em 20.01.89 para a braquiária brizantha, colômbio, soja-perene e macrotiloma e em 24.01.89 para o estilósantes.

As sementes das espécies leguminosas e do colômbio foram fornecidas pela Seção de Agronomia de Plantas Forrageiras do Instituto de Zootecnia. As sementes de braquiária brizantha foram adquiridas no comércio. Todas as sementes foram analisadas quanto à porcentagem de germinação, sendo que as sementes de gramíneas foram ainda analisadas quanto à porcentagem de pureza. Com estas informações determinou-se o número de sementes a serem colocadas por vaso no plantio, visando um stand de 20 plântulas por vaso.

No plantio, as sementes foram colocadas em sulcos rasos (aproximadamente 1,5 cm) e cobertas com terra. Antes do plantio, as sementes das leguminosas foram escari-

ficadas para promover a quebra da dormência física. As sementes de macrotiloma e soja-perene foram escarificadas com lixa e as de estilósantes com ácido sulfúrico. Neste último processo as sementes foram submersas em ácido sulfúrico concentrado por 10 minutos com agitação e posterior lavagem em água corrente.

Após o plantio foram adicionados 100 ml de água ~~e~~ deionizada por vaso com a finalidade de facilitar a distribuição posterior dos adubos. As adubações realizadas no plantio constam da Tabela 2.

Tabela 2. Adubações de plantio.

Espécie	Doses de nutrientes aplicados por ha	Fontes (reagentes ¹)
Gramíneas	60,0 kg P e 75,0 kg K	KH_2PO_4
Leguminosas	80,0 kg P e 100,0 kg K	KH_2PO_4
Gramíneas e leguminosas	40,0 kg S	Na_2SO_4
	2,0 kg Zn	ZnSO_4
	2,0 kg Cu	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
	0,5 kg B	H_3BO_3
	0,2 kg Mo	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Gramíneas ²	50,0 kg N	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$

¹ Reagentes puros para análise (p.a.)

² Adubação realizada com as plantas já em início de desenvolvimento vegetativo (01.02.89)

3.1.4. Delineamento experimental

Após o plantio, os vasos foram sorteados nas bancadas compondo o delineamento experimental inteiramente ao acaso, para cada espécie. Semanalmente as bancadas sofriam mudança de posição dentro da casa de vegetação.

3.1.5. Inoculação nas espécies leguminosas

A inoculação foi realizada com as plântulas já estabelecidas (01.02.89), tendo sido realizadas duas aplicações de 10 ml de uma suspensão de turfa em água. A suspensão foi preparada com 200g de turfa em 3,0 litros de água destilada, fornecendo cerca de 1,0 g de turfa por vaso.

O inoculante (turfa) foi fornecido pela Seção de Microbiologia do Solo do Instituto Agronômico de Campinas-SP.

3.1.6. Estabelecimento do stand das plantas

Ao longo do período inicial de desenvolvimento das plântulas, foram realizados desbastes até um stand final de 5 plantas por vaso. Para a soja-perene e macrotiloma este stand estabeleceu-se em 14.02.89, para o estilossantes em 23.02.89, para a braquiária brizantha em 06.02.89 e para o colonião em 08.02.89.

3.1.7. Adubações realizadas

As adubações realizadas após o 1.º corte estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 . Adubações realizadas após o 1º corte.

Espécie	Nutriente aplicado por ha ¹	Fonte (reagentes ²)
b.brizantha	50,0 kg N	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$
colonião	50,0 kg K	KCl
	70,0 kg K e 25,0 kg N	KNO_3
	25,0 kg N	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$
colonião	50,0 kg N	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$
macrotiloma	100,0 kg K	K_2SO_4
	41,0 kg S	
soja-perene	130,0 kg K	K_2SO_4
	53,0 kg S	
estilosantes	51,0 kg K	K_2SO_4
	21,0 kg S	

¹ O nível de adubação potássica foi baseado nas extrações de K pela matéria seca do 1º corte acrescida da extração estimada para o 2º corte, tentando-se manter o nível de 68 ppm no solo. Foi considerado para este cálculo o teor de 2% de K na matéria seca. As gramíneas receberam adubação nitrogenada de manutenção e também em função do sintoma visual de deficiência deste elemento.

² Reagentes puros para análise (p.a.)

3.2. Coleta de dados

3.2.1. Avaliação visual do estado nutricional das plantas

Durante o crescimento das plantas, foram realizadas inspeções periódicas para detecção de sintomas visíveis de deficiência ou toxidez de minerais em função dos tratamentos.

3.2.2. Medição de parâmetros fisiológicos

A cada corte, foi realizada a contagem do número de perfilhos por planta nas gramíneas. A avaliação deste parâmetro foi realizada posteriormente como número médio de perfilhos/planta/vaso.

3.2.3. Dados de produção

Foram realizados dois cortes para cada espécie, em épocas definidas pelo estágio vegetativo das culturas. No primeiro corte das gramíneas procurou-se manter intacto o meristema apical, estabelecendo-se 4,0 cm de altura de corte para a braquiária brizantha e 6,0 cm para o colonião. Nas leguminosas manteve-se uma área foliar remanescente para permitir uma boa rebrota.

No primeiro e segundo cortes determinou-se o peso seco (MS) (estufa a 65°C por 48h) da parte aérea das plantas. No segundo corte as raízes foram lavadas em água corrente e água destilada. As raízes das gramíneas seguiram para determinação do peso seco (estufa a 65°C por 48h). Nas raízes da soja e macrotiloma foi realizada a separação e contagem dos nódulos, que seguiram também para determinação do peso seco (estufa a 65°C por 48h). A nodulação do estiló-santes foi avaliada pela atribuição de notas (que variaram de zero a cinco) para cada repetição, sendo a avaliação realizada por quatro observadores. Este parâmetro foi avaliado em termos de nota média por repetição.

3.2.4. Avaliação do estado nutricional das plantas

As amostras do sistema radicular e da parte aérea foram moídas em micromoinho (2 mm) e enviadas a laboratório para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

O nitrogênio foi determinado por titulação pelo método de micro Kjeldahl (SARRUGE & HAAG, 1974), após digestão sulfúrica do material vegetal. P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn foram determinados em extrato obtido da digestão nitro-perclórica da amostra; o fósforo foi determinado colorimetricamente; o potássio por fotometria de chama; Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção

atômica (SARRUGE & HAAG, 1974). O boro foi determinado pelo método colorimétrico-azometina-H (BATAGLIA *et alii*, 1983).

3.2.5. Avaliação da dinâmica dos nutrientes no solo em função dos tratamentos

Com a finalidade de se avaliar o efeito dos tratamentos e sua interação com as espécies na dinâmica e/ou disponibilidade dos nutrientes no solo, amostras compostas relativas aos tratamentos A, B, C e D foram retiradas a cada corte para cada espécie. Estas amostras de solo foram analisadas para determinação de macro e micronutrientes, H+Al, Al^{3+} , matéria orgânica e pH.

A matéria orgânica foi extraída via úmida e determinada colorimetricamente. A determinação do pH foi feita em solução de $CaCl_2$ 0,01M. O H+Al ou acidez potencial foi determinada através da solução tampão SMP. O fósforo foi extraído pelo método da resina trocadora de íons e determinado colorimetricamente pelo método do Molibdato Azul. O Ca, Mg e K foram extraídos por resina trocadora de íons, sendo Ca e Mg determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o K por espectrofotometria de emissão (RAIJ *et alii*, 1987). O alumínio trocável foi extraído por solução de KCl 1N e determinado colorimetricamente pelo método do Aluminon (CAMARGO *et alii*, 1986 modificado pela adição de $CaCl_2$ e HCl). Os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn foram ex-

traídos por solução de HCl 0,1M e determinados por espectrofotometria de absorção atômica (BATAGLIA & RAIJ, 1989) e o boro foi extraído por solução de CaCl_2 0,01M e determinado pelo método da azometina-H (BATAGLIA & RAIJ, 1989).

3.3. Análises estatísticas

Os resultados das análises de solo realizadas aos 20 dias de incubação e a cada corte foram analisados por regressão polinomial. Os resultados a cada corte também foram analisados através de contrastes ortogonais.

As variáveis produção de MS da parte aérea e sistema radicular, produção de MS dos nódulos, número de nódulos, notas, quantidade total de nitrogênio na parte aérea, número médio de perfilhos/planta/vaso, composição mineral da parte aérea e sistema radicular e extração de minerais pela parte aérea foram analisadas através de regressão polinomial.

Com as variáveis acima foram estabelecidas algumas correlações, que serão apresentadas no decorrer do texto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Solo

Os resultados obtidos na análise de solo realizada aos 20 dias de incubação estão apresentados na Tabela 4.

Os resultados da Tabela 4 mostram a efetividade dos tratamentos na correção de acidez, representada por elevação no nível de saturação por bases (V%) , nos valores de pH e soma de bases, bem como diminuição na acidez potencial do solo (H+Al) e teores de Al^{3+} . Os efeitos citados acima são confirmados com alguma variação quanto aos parâmetros analisados por VARGAS & DOBEREINER (1974), SANZONOWICZ & VARGAS (1980); MONTEIRO *et alli* (1983a) e COLOZZA & WERNER (1984).

Tabela 4 . Resultado da análise química do solo realizada aos 20 dias de incubação.
Amostras compostas de cada tratamento.

Tratamentos	pH	----- meq/100 cm ³ -----						-----	
		K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S	H+Al	CTC	Al ³⁺	V $\hat{m}$ %
A	4,1	0,07	0,38	0,12	0,6	3,9	4,5	0,82	13 33
B	4,4	0,07	0,75	0,42	1,2	3,1	4,3	0,42	29 25
C	4,8	0,08	1,21	0,67	2,0	2,6	4,6	0,19	43 8
D	5,2	0,07	1,46	0,97	2,6	2,0	4,5	0,09	56 3
Reg. Linear	*(0,99) ²	n.s.	n.s.	*(0,99)	*(0,99)	*(0,99)	n.s.	*	*(0,99) n.s.;
Reg. Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,99)	n.s. n.s.

Nível de significância = 5% (*= significativo; n.s. = não significativo).

¹ Calculado pela fórmula $100 \cdot Al^{3+} / (S + Al^{3+})$.

² Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de terminação r^2 para a equação.

Como pode-se observar, os valores de V% obtidos com a calagem não corresponderam ao propostos nos tratamentos C e D. Assim estabeleceu-se a seguinte equação de regressão entre os valores de V% propostos (x) e os obtidos com a calagem (y):

$$y = 6,65 - 0,715x$$

Esta equação permite uma correção dos dados calculados (pontos de máximo e mínimo) a partir dos níveis 10, 30, 50 e 70% de saturação por bases, para os valores obtidos na condição experimental.

A partir do tratamento B, já ocorreu neutralização do Al^{3+} abaixo do nível considerado tóxico ou crítico ($0,5 \text{ meq}/100 \text{ cm}^3$) para solos cultivados com pastagem (WERNER, 1977).

Os resultados das análises de solo realizadas a cada corte para cada espécie encontram-se nas Tabelas 5 a 9 e nos Apêndices 1 a 11.

A ação positiva dos óxidos de cálcio e magnésio na diminuição da acidez do solo permaneceu ao longo do período experimental sendo representada por aumento nos valores de V% e pH e diminuição na acidez potencial ($H+Al$) e nos teores de Al^{3+} no solo com os tratamentos. Paralelamente, foram observados acréscimos significativos nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} e soma de bases (Apêndices 1 a 7). Para as variáveis pH, V% e soma de bases os aumentos foram lineares para a maioria das espécies tanto no 1.º como no 2.º cortes.

Decréscimos lineares representaram a queda nos teores de Al^{3+} em função dos tratamentos, como pode-se observar nas Figuras 1 a 5.

Figura 1 — Relações entre porcentagem de saturação por bases (V%), teores de Al^{3+} , pH, soma de bases e níveis de saturação por bases propostos, em amostra de solo cultivado com braquiária brizantha ao 1º corte (a) e ao 2º corte (b).

Figura 2 – Relações entre porcentagem de saturação por bases (V%), teores de Al^{3+} , pH, soma de bases e níveis de saturação por bases propostos, em amostra de solo cultivado com colônio ao 1º corte (a) e ao 2º corte (b).

Figura 3 – Relações entre porcentagem de saturação por bases ($V\%$), teores de Al^{3+} , pH, soma de bases e níveis de saturação por bases propostos, em amostra de solo cultivado com soja-perene ao 1º corte (a) e ao 2º corte (b).

Figura 4 — Relações entre porcentagem de saturação por bases (V%), teores de Al^{3+} , pH, soma de bases e níveis de saturação por bases propostos, em amostra de solo cultivado com macrofiloma ao 1º corte (a) e ao 2º corte (b).

Figura 5 Relações entre porcentagem de saturação por bases (V%), teores de Al^{3+} , pH, soma de bases e níveis de saturação por bases propostos, em amostra de solo cultivado com estilosantes ao 1º corte (a) e ao 2º corte (b).

Os teores de Al^{3+} praticamente deixaram de estar em um nível tóxico a partir da elevação no nível de saturação de bases de 50%.

No 2.º corte a acidez do solo pareceu ter-se recuperado quando foram observados maiores valores para os teores de H^+Al e Al^{3+} e mais baixos para o pH em relação ao 1.º corte. Paralelamente, a soma de bases e o V% também apresentaram resultados inferiores. Esta ocorrência pode advir de um efeito acidificante da adubação nitrogenada nas gramíneas (ABRUNA *et alli*, 1958 e BLEVINS *et alli*, 1977) e pelo próprio cultivo, que acarreta perda de cátions (RAIJ, 1983) em função da extração pelas plantas, sendo estes efeitos mais intensos no 2.º período de crescimento.

Pode-se observar que a soma de bases do 1.º para o 2.º corte foi mais afetada pela diminuição nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , já que os teores de K^+ mostraram-se superiores ao 2.º corte (exceção feita ao estilosantes) em função das adubações potássicas realizadas.

Para avaliar a disponibilidade dos nutrientes P, K e micronutrientes no solo em função da elevação da saturação por bases, os valores observados no solo foram analisados conjuntamente com as extrações destes nutrientes pela parte aérea em cada corte, para cada espécie (dados apresentados nas Tabelas 10 a 14 e nos Apêndices 12 a 15).

Para o fósforo (Tabela 5), não foram observadas diferenças nos teores de P-Resina com relação aos trata-

mentos. Os dados de extração (Tabela 10) mostram contudo, aumentos significativos com os tratamentos para soja no 1.º corte e macrotiloma e soja no 2.º corte, que poderiam estar mascarando um possível aumento nos teores de P no solo nestes casos. Este aumento de extração porém, está ligado à espécie e indiretamente à resposta da espécie à correção da acidez do solo.

Espécies menos tolerantes à acidez podem tornar-se mais extratoras de fósforo em função da melhoria das condições do solo, tal como foi observado para a soja-perene, para a qual um maior gradiente de extração foi observado entre os tratamentos. Neste caso, uma maior extração pode estar ligada a um maior volume de sistema radicular ocupando o solo, tendo sido observado um aumento significativo na produção de MS de sistema radicular para a soja-perene e ainda uma tendência a aumento de produção para o macrotiloma e estilosantes (Tabela 17).

Volume, distribuição, espessura e eficiência do sistema radicular são importantes na absorção de fósforo (ANDREW & JONES, 1978), tendo em vista tratar-se de um nutriente de baixa mobilidade no solo (RAIJ, 1983) e para o qual o mecanismo de absorção predominante é a difusão (MALAVOLTA, 1980).

Quanto ao potássio (Tabela 6), também não foram observadas em geral variações na disponibilidade do mesmo com os tratamentos, exceção feita à soja no 1.º e 2.º

cortes para os quais foram observadas diminuições nos teores com os tratamentos. A extração do potássio (Tabela 11) nesses casos aumentou significativamente com os tratamentos, o que confirma a possibilidade de melhoria nas condições para o desenvolvimento do sistema radicular e maior absorção de nutrientes. Para o potásio também há predominância no processo de difusão como mecanismo de absorção (MALAVOLTA, 1980).

Em relação aos micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn seria esperada uma diminuição na disponibilidade dos mesmos com os aumentos progressivos do pH. Este comportamento só ficou evidente no caso do Fe e do B. Para o ferro (Tabela 7), foram observados decréscimos lineares (exceção feita para o colonião no 2.º corte) acompanhadas de aumentos significativos na extração (Tabela 12) para a soja no 1.º e 2.º cortes e estilosantes no 2.º corte. Para o colonião no 1.º corte e braquiária no 2.º corte os aumentos ocorreram a partir dos níveis de saturação por bases de 29 e 32% respectivamente.

Os teores de boro no solo (Tabela 8) diminuíram linearmente no caso da soja-perene no 1.º e 2.º cortes e estilosantes no 1.º corte. Na extração (Tabela 13) pode-se observar aumentos lineares deste nutriente para estas espécies. Para a braquiária brizantha e macrotiloma no 2.º corte, um aumento linear na extração acompanhou apenas uma tendência à diminuição no teor de boro nos solos.

Os teores de Mn (Tabela 9) no solo não apresentaram uma tendência definida, contudo, o quadro de extração (Tabela 14), apresenta clara diminuição em função dos tratamentos. Este fato pode ser explicado em função do método de extração de manganês, que não apresenta boa correlação com a absorção pela planta.

De maneira geral, a ausência de comportamento esperado pelos micronutrientes pode ser justificada pela estreita faixa de variação de pH observada nos solos em função dos tratamentos.

Tabela 5. Variações nos teores de fósforo ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) nos solos amostrados ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas.

Tratamento	1º corte					2º Corte				
	Braquiária	Colônia	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colônia	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	13	18	30	50	29	13	14	25	30	29
B	12	13	30	36	44	13	13	19	36	27
C	14	13	41	41	51	16	17	38	31	35
D	12	13	41	47	41	20	17	32	25	27
Reg.Linear	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Reg.Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo)

Tabela 10. Extração de fósforo (mg/vaso) ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D. Média de 5 repetições.

Tratamento	1º corte				2º corte					
	Braquiária	Colônia	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colônia	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	15,22	12,43	6,05	5,49	5,48	11,45	12,04	6,56	10,03	4,01
B	16,80	10,80	5,49	6,11	5,90	13,04	12,92	9,27	10,66	7,89
C	15,57	11,63	7,50	6,27	8,79	13,28	12,10	9,66	11,61	10,08
D	14,68	12,14	6,65	6,26	7,81	12,84	15,60	10,95	12,21	10,82
Teste F	n.s.	*	*	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	*
C.V. (%)	12,57	6,09	14,77	11,48	7,91	9,02	20,24	9,12	12,41	8,76
Reg.Linear	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	*(0,90)	*(0,99)	*
Reg.Quadratica	n.s.	*(0,74) ¹	n.s.	n.s.	*(0,72)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,99)

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r^2 para a equação.

Tabela 6. Variações nos teores de potássio (meq/100 cm³) nos solos amostrados ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas.

Tratamento	1º corte				2º corte					
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	0,04	0,04	0,18	0,27	0,23	0,05	0,06	0,30	0,13	0,47
B	0,03	0,02	0,22	0,22	0,22	0,03	0,06	0,33	0,11	0,41
C	0,01	0,03	0,22	0,26	0,18	0,03	0,04	0,36	0,08	0,20
D	0,03	0,02	0,21	0,27	0,14	0,03	0,04	0,38	0,11	0,24
Reg.Linear	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,94) ¹	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,79)
Reg.Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r² para a equação.

Tabela 11. Extração de potássio (mg/vaso) ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D. Média de 5 repetições.

Tratamento	1º corte				2º corte					
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	123,07	140,39	98,75	96,45	86,43	182,42	200,34	109,14	122,33	56,01
B	158,19	147,08	75,48	93,01	85,36	214,88	250,54	127,24	158,08	157,10
C	151,86	148,55	74,59	90,57	125,59	222,59	223,26	136,19	150,56	212,22
D	142,36	152,65	81,48	76,59	113,81	211,62	211,56	119,36	144,67	232,45
Teste F	n.s.	n.s.	*	*	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)	15,25	7,41	11,75	10,41	10,38	6,97	8,03	10,18	13,07	12,67
Reg.Linear	n.s.	n.s.	*	*(0,84)	*(0,61)	*	n.s.	n.s.	n.s.	*
Reg.Quadrática	*(0,89) ¹	n.s.	*(0,97)	n.s.	n.s.	*(0,99)	*(0,68)	*(0,96)	*(0,85)	*(0,99)

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r² para a equação.

Tabela 7. Teor de ferro (ppm) nos solos amostrados ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas.

Tratamento	1º corte				2º corte					
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	44,39	45,20	48,79	53,01	51,87	44,66	45,20	56,16	74,05	57,61
B	39,02	34,56	39,55	47,40	45,20	41,95	39,55	42,76	47,40	48,79
C	33,78	38,22	36,64	40,08	44,66	40,35	38,75	41,15	46,03	42,22
D	30,96	30,45	34,56	36,91	37,96	29,94	33,01	34,82	39,55	37,17
Reg.Linear	*(0,98) ¹	*(0,70)	*(0,87)	*(0,97)	*(0,92)	*(0,84)	n.s.	*(0,89)	*(0,78)	*(0,98)
Reg.Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r² para a equação.

Tabela 12. Extração de ferro (µg/vaso) ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D. Média de 5 repetições.

Tratamento	1º corte				2º corte					
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	576,40	353,92	486,59	238,84	228,92	648,34	644,87	705,81	1334,49	212,49
B	651,11	309,33	293,98	228,40	250,85	571,82	880,59	808,35	1599,86	428,10
C	641,11	319,32	374,41	247,12	365,42	557,15	727,93	803,08	1764,84	606,99
D	568,03	504,73	361,57	247,88	314,35	764,83	801,79	748,81	1323,30	548,21
Teste F	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	*	*
C.V. (%)	17,83	14,87	27,71	16,24	14,28	19,86	9,46	20,33	10,41	11,66
Reg.Linear	n.s.	*	n.s.	n.s.	*(0,59)	n.s.	*	n.s.	n.s.	*
Reg.Quadrática	n.s.	*(0,97) ¹	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,95)	*(0,38)	n.s.	*(0,90)	*(0,97)

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r² para a equação.

Tabela 8. Teor de boro (ppm) nos solos amostrados ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas.

Tratamento	1º corte					2º corte				
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	0,43	0,33	0,48	0,63	0,55	0,44	0,37	0,48	0,40	0,45
B	0,34	0,42	0,37	0,59	0,48	0,45	0,35	0,38	0,38	0,41
C	0,39	0,39	0,36	0,48	0,39	0,39	0,42	0,33	0,34	0,38
D	0,38	0,28	0,39	0,37	0,32	0,47	0,30	0,36	0,38	0,30
Reg. Linear	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,96) ¹	*(0,99)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,95)
Reg. Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (* = significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r^2 para a equação.

Tabela 13. Extração de boro ($\mu\text{g}/\text{vaso}$) ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D. Média de 5 repetições

Tratamento	1º corte				2º corte					
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	109,06	119,12	210,04	164,62	344,35	139,87	336,08	193,94	454,46	204,76
B	98,39	133,92	196,60	154,91	329,36	217,55	340,46	219,33	422,91	265,83
C	111,17	145,71	234,97	196,30	469,55	216,22	398,86	256,00	358,29	323,09
D	105,47	178,50	243,81	199,95	456,93	242,82	387,71	244,44	340,24	345,66
Teste F	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	*
C.V. (%)	12,77	24,27 ¹	26,54	16,70	20,42	17,78	21,12	16,15	17,38	14,59
Reg. Linear	n.s.	*(0,94) ¹	n.s.	*(0,71)	*(0,70)	*(0,79)	n.s.	*(0,77)	*(0,95)	*(0,96)
Reg. Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (* = significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r^2 para a equação.

Tabela 9. Teor de manganês (ppm) nos solos amostrados ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas.

Tratamento	1º corte				2º corte					
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	3,98	3,68	3,31	3,38	3,91	3,16	3,38	3,53	3,53	3,31
B	3,53	3,31	3,31	4,13	3,53	2,79	2,79	3,53	4,13	3,53
C	3,09	3,98	3,53	3,68	4,13	2,94	2,72	3,98	4,05	3,83
D	3,24	3,61	3,91	4,13	3,98	2,86	2,86	3,83	4,05	3,46
Reg.Linear	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Reg.Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

Tabela 14. Extração de manganês ($\mu\text{g}/\text{vaso}$) ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D. Média de 5 repetições.

Tratamento	1º corte				2º corte					
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	1184,02	1233,29	2128,55	1801,90	1417,40	2305,10	3931,17	2353,64	4263,52	616,40
B	897,01	1472,87	964,15	518,68	557,78	1641,31	3755,56	1616,91	1142,57	523,69
C	777,93	992,50	455,98	193,87	371,17	1252,68	1374,36	550,47	549,35	340,83
D	512,83	687,32	202,00	81,12	194,09	765,54	814,50	233,31	134,31	336,94
Teste F	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)	7,46	20,60	9,78	18,09	17,23	6,69	18,56	11,22	27,56	14,02
Reg.Linear	*(0,97) ¹	*	*	*	*	*(0,98)	*(0,89)	*	*	*(0,90)
Reg.Quadrática	n.s.	*(0,88)	*(0,99)	*(0,98)	*(0,97)	n.s.	n.s.	*(0,97)	*(0,97)	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r^2 para a equação.

Com a finalidade de se avaliar o comportamento diferencial das espécies em relação às condições de cultivo, foram aplicados os seguintes contrastes ortogonais:

$\hat{y}_1$ = grupo de gramíneas & grupo de leguminosas

$\hat{y}_2$ = braquiária & colônia

$\hat{y}_3$ = macrotiloma + estilosantes & soja

$\hat{y}_4$ = macrotiloma & estilosantes

A Tabela 15 mostra o teste F para contrastes ortogonais referente às análises de solo realizadas no 1.º e 2.º cortes e a Tabela 16 apresenta as médias dos tratamentos observadas para as variáveis estudadas.

Tabela 15. Teste F para contrastes ortogonais referentes à análisesde solo realizadas ao 10 e 20°C (10°C e 20°C respectivamente).

	Soma de Bases (meq/100cm ³)		V%		Al ³⁺ (meq/100cm ³)		P (µg/cm ³)		K (meq/100cm ³)		Ca (meq/100cm ³)	
	10°C	20°C	10°C	20°C	10°C	20°C	10°C	20°C	10°C	20°C	10°C	20°C
$\bar{Y}_1$	*	*	*	*	n.s.	n.s.	*	*	*	*	*	*
$\bar{Y}_2$	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
$\bar{Y}_3$	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	*	*	n.s.
$\bar{Y}_4$	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	*

	Mg (meq/100cm ³)		Cu (ppm)		Fe (ppm)		Zn (ppm)		Mn (ppm)		B (ppm)		pH	
	10°C	20°C	10°C	20°C	10°C	20°C	10°C	20°C	10°C	20°C	10°C	20°C	10°C	20°C
$\bar{Y}_1$	*	*	*	*	*	*	*	*	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	n.s.
$\bar{Y}_2$	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
$\bar{Y}_3$	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
$\bar{Y}_4$	n.s.	n.s.	*	n.s.	*	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	*

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

Tabela 16. Médias dos parâmetros avaliados no solo para as espécies estudadas ao 1º e 2º cortes (1ºC e 2ºC respectivamente).
Média dos 5 tratamentos.

	S. Bases (meq/100cm ³)	V% (meq/100cm ³)	Al3+ (meq/100cm ³)	P (µg/cm ³)	K -- (meq/100cm ³)--	Ca (meq/100cm ³)	Mg (meq/100cm ³)	Cu -----	Fe -----	Zn ppm -----	Mn -----	B -----	pH	
10C	Braquiária	1,02	21,25	0,43	12,75	0,02	0,69	0,29	0,32	37,03	0,53	3,46	0,38	4,30
	Colônia	1,17	22,50	0,45	14,25	0,02	0,78	0,36	0,30	37,10	0,57	3,64	0,35	4,30
	Macrotiloma	1,27	25,00	0,44	35,50	0,20	0,67	0,40	0,53	39,88	0,92	3,51	0,40	4,32
	Estilosantes	1,32	25,50	0,36	43,50	0,25	0,65	0,42	0,77	44,35	1,33	3,83	0,51	4,32
	Soja	1,37	25,00	0,42	41,25	0,19	0,71	0,43	0,79	44,92	1,17	3,88	0,43	4,30
20C	Braquiária	0,87	17,25	0,51	15,50	0,03	0,62	0,21	0,46	39,22	0,89	2,93	0,43	4,17
	Colônia	0,90	16,25	0,58	15,25	0,05	0,62	0,20	0,44	39,12	1,01	2,93	0,36	4,12
	Macrotiloma	1,22	24,00	0,41	28,50	0,34	0,57	0,32	1,02	43,72	1,46	3,71	0,38	4,25
	Estilosantes	0,92	17,00	0,61	30,50	0,10	0,46	0,36	0,94	51,75	1,21	3,94	0,37	4,05
	Soja	1,25	22,25	0,57	29,50	0,33	0,59	0,31	0,77	46,44	1,37	3,53	0,38	4,15

Em relação ao fósforo e potássio, foram observadas diferenças significativas entre o grupo de gramíneas e leguminosas no 1.º e 2.º cortes. Os teores de P e K no solo das gramíneas foi menor do que o observado no solo para as leguminosas, indicando uma maior extração deste nutriente, como pode ser confirmado nas tabelas de extração. No 1.º corte, as diferenças nos teores de P e K no solo podem ter ocorrido também em função de uma adubação que favoreceu as leguminosas no início do experimento. No 2.º corte, esta diferença deu-se principalmente em função de uma maior extração de P e K pelas gramíneas, embora a adubação potássica após o 1.º corte tenha sido maior ou igual para as gramíneas em relação às leguminosas.

As leguminosas mostraram-se mais extratoras de Ca, tendo sido observados menores teores de Ca no solo confirmados por uma maior extração (Apêndice 12). Analogamente as gramíneas extraíram mais magnésio (Apêndice 13). Paralelamente, maiores teores de Ca na parte aérea das leguminosas e de Mg nas gramíneas foram também observados (Tabelas 24 a 28, item 4.8.1). Este fato mostra a importância do cálcio para as espécies leguminosas e indiretamente para o sistema de fixação simbiótica de nitrogênio.

As gramíneas mostraram menores teores de Cu e Fe no solo (no 1.º e 2.º cortes), com os resultados de extração desses elementos apresentando-se maiores no 1.º corte (Apêndice 14 e Tabela 12 respectivamente). No 2.º corte,

os menores teores podem ser justificados como consequência de extrações ocorridas no 1.º corte, já que nesta época as leguminosas extraíram mais Cu e Fe. Este fato aponta para uma associação entre Cu e Fe e um melhor estabelecimento e funcionamento do sistema de fixação simbiótica de nitrogênio nas leguminosas no 2.º período de crescimento. Neste sentido o Cu é um nutriente necessário para a síntese de hemoglobina nos nódulos e o Fe dos componentes da mesma (HAAG, 1984). Os menores teores de Zn no solo ao 1.º e 2.º cortes para as gramíneas são confirmados pela maior extração de Zn pelas mesmas (Apêndice 15). Os menores teores de Mn no solo das gramíneas no 2.º corte foram confirmados por uma maior extração de Mn pelas mesmas (Tabela 14).

Neste estudo foi observado que as gramíneas são mais extratoras de Mg e Zn. Em revisão sobre as funções bioquímicas destes elementos na planta, MENGEL & KIRKBY (1987) destacam entre outras, a importância do Mg como ativador enzimático da Ribulose difosfato carboxilase (enzima fixadora de CO₂) e a do Zn, que é um elemento necessário para a síntese do ácido indol acético (AIA) a partir do triptofano. As gramíneas, em função de sua alta taxa fotossintética, apresentariam portanto maior demanda nestes dois elementos.

O quadro de contraste permitiu uma comparação direta entre macrotiloma e estilosantes e se considerar a primeira espécie como mais sensível às condições de acidez

do solo, para os quais os teores de Al^{3+} no solo mostraram-se inferiores e os de pH superiores no 2.º corte. Neste sentido, o estilósantes foi mais efetivo em acidificar o solo, sendo que tal efeito pode ser devido a uma maior produção de MS total e maior extração calculada de bases trocáveis. A comparação fica contudo limitada, já que períodos diferentes de crescimento foram comparados (52 e 53 dias para o estilósantes e 42 e 28 para o macrotiloma, considerando-se o 1.º e 2.º períodos de crescimento respectivamente).

4.2. Avaliação da produção de matéria seca da parte aérea e sistema radicular

As produções de matéria seca da parte aérea (1.º e 2.º cortes), produção total (somatória do 1.º e 2.º cortes) e do sistema radicular das cinco forrageiras estudadas, constam da Tabela 17. As produções são relativas a períodos de crescimento de 52 e 53 dias, 46 e 29 dias e 42 e 28 dias para o estilósantes, soja-perene e macrotiloma para o 1.º e 2.º cortes, respectivamente. Para a braquiária brizantha e o colômbio os períodos foram de 28 e 27 dias para o 1.º e 2.º cortes.

Os resultados submetidos à análise estatística apontam para as seguintes evidências, considerando as espécies separadamente.

Tabela 17 . Produção de MS da parte aérea e sistema radicular em função dos tratamentos A, B, C e D pelas diferentes espécies. Média das 5 repetições.

Parâmetros avaliados	T	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
MS	A	6,29	6,59	5,71	3,62	5,01
P.Aérea	B	6,44	7,62	4,82	3,71	5,16
1º Corte	C	6,80	8,31	5,71	3,56	7,73
(g)	D	6,28	8,10	5,32	3,06	6,78
Teste F		n.s.	*	n.s.	n.s.	*
C.V. (%)		9,31	7,97	11,18	10,98	10,86
Reg. Linear		n.s.	*	n.s.	*(0,65)	*(0,60)
Reg. Quadrática		n.s.	*(0,99)	n.s.	n.s.	n.s.
MS	A	15,90	15,06	5,39	11,70	2,88
P.Aérea	B	16,73	17,10	6,65	13,74	6,83
2º Corte	C	17,99	17,82	7,57	14,51	9,75
(g)	D	17,38	17,77	7,23	11,98	10,42
Teste F		*	*	*	*	*
C.V. (%)		4,23	4,06	10,06	11,03	11,95
Reg. Linear		*	*	*	*	*
Reg. Quadrática		*(0,88) ¹	*(0,99)	*(0,98)	*(0,96)	*(0,99)
MS-TOTAL	A	22,20	21,65	11,11	15,33	7,89
P.Aérea	B	23,18	24,72	11,47	17,45	12,02
(g)	C	24,79	26,13	13,28	18,08	17,48
	D	23,66	25,87	12,55	15,04	17,20
Teste F		*	*	*	*	*
C.V. (%)		4,81	4,03	9,28	10,07	8,26
Reg. Linear		*	*	*(0,63)	n.s.	*
Reg. Quadrática		*(0,83)	*(1,00)	n.s.	*(0,96)	*(0,95)
MS	A	11,70	11,74	1,26	4,92	1,76
Sistema	B	13,20	11,07	1,29	5,31	1,92
Radicular	C	14,05	11,82	1,70	5,77	2,56
(g)	D	13,77	11,01	1,37	4,92	2,75
Teste F		n.s.	n.s.	*	n.s.	*
C.V. (%)		10,05	8,89	14,89	13,38	17,26
Reg. Linear		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,93)
Reg. Quadrática		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação ou r^2 para a equação.

4.2.1. Braquiária brizantha

Para a braquiária brizantha não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para a produção de MS no 1.º corte. Considerando o 2.º corte e produção total, acréscimos de produção de MS foram obtidos até os níveis de 47 e 43% de saturação por bases respectivamente, como pode ser observado na Figura 6.

A resposta da braquiária brizantha à correção da acidez do solo pode estar associada a uma diminuição na porcentagem de saturação de alumínio (CIAT, 1981). Neste experimento, acréscimos de produção de MS total foram obtidos quando a porcentagem de saturação de alumínio variou de 33 para aproximadamente 8 (valores correspondentes aos tratamentos A e C respectivamente), como se observa na Tabela 4.

Esta associação não justifica contudo, os aumentos de produção observados, já que ocorreram outras alterações nas condições de fertilidade do solo (adição de Ca^{2+} e Mg^{2+}) com a calagem. Além disso, as espécies do gênero braquiária são consideradas plantas tolerantes à acidez ao Al (Arruda⁵, citado por PEREIRA, 1987).

⁵ARRUDA, M.L.R. Toxidez de alumínio em gramíneas forrageiras: tolerância e efeitos de formas de nitrogênio. Itaguai, 1982. 141 p. (Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro).

Acréscimos de produção de MS da braquiária brizantha, em função dos níveis de calcário aplicados, estão também presentes na literatura (CIAT, 1989). A existência de um limite de resposta, observado para a braquiária brizantha com elevação no nível de saturação por bases, foi confirmado por FERNANDES⁶ que observou pequenos decréscimos na produção de MS quando o nível de saturação por bases variou de 39-40% para 60%. Entretanto a análise de solo realizada ao 3.^o corte ou 6 meses após a calagem indicou o nível de 43-44% de saturação por bases neste solo.

⁶FERNANDES, F.M. (Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - Ilha Solteira). Comunicação pessoal, 1989.

Figura 6 – Curvas de produção de matéria seca da braquiária brizanta obtidas em função dos níveis de saturação por bases propostos.

4.2.2. Colonião

Para o colonião os acréscimos significativos de produção de MS no 1.º e 2.º cortes e produção total foram representados por regressões quadráticas, como se observa na Figura 7. Tais produções atingiram o máximo ao nível de 47% de saturação por bases.

O limite de resposta à correção de acidez do solo observada para o colonião neste experimento, também foi observada por CHEW *et alii* (1980), que obtiveram máxima produção a um pH 4,2. De acordo com essa tendência, efeitos depressivos da calagem na produção de MS do colonião foram obtidos por WERNER *et alii* (1979) a partir de um pH 4,85 e por WERNER *et alii* (1967) quando o pH foi elevado de 5,18 para 6,5.

Figura 7 —Curvas de produção de matéria seca do colônio obtidas em função dos níveis de saturação por bases propostos.

4.2.3. Soja-perene

A produção da soja-perene foi significativamente alterada pelos tratamentos, sendo representada por acréscimos lineares no 1.º corte. Para o 2.º corte e produção total, os máximos valores de produção de MS foram obtidos ao nível de 57% de saturação por bases. Nesta espécie, a produção de MS do sistema radicular aumentou linearmente com os tratamentos. As curvas de produção estão apresentadas na Figura 8.

Respostas positivas da soja-perene à correção da acidez do solo são descritas amplamente na literatura e confirmam a tendência dos resultados obtidos neste experimento. Neste sentido, acréscimos de produção com elevação do pH foram obtidos por JONES *et alli* (1970) (com elevação do pH de 4,7 para 7,6), por FRANÇA & CARVALHO (1970) (com elevação do pH de 4,3 para 6,0) e por FRANÇA *et alli* (1973) (quando o pH foi elevado de 4,3 para 5,7). MUNNS *et alli* (1977) encontraram na faixa de pH 6,0-6,5 os maiores valores para produção de MS (quando o pH variou de 4,7 para 7,1), apontando para um limite de resposta para soja-perene a elevações no pH como foi verificado neste experimento. Neste sentido, MONTEIRO *et alli* (1983a) observaram com a elevação nos níveis de saturação por bases de 12,1 até 44,8% que a produção de MS foi aumentada até à máxima dose de calcário utilizado. CARVALHO *et alli* (1971) não observaram diferença

na produção de MS quando o pH foi elevado de 4,7 para 5,8. Decréscimos de produção de MS foram ainda obtidos por JONES & FREITAS (1970), a partir de um pH de 6,4.

O efeito da calagem no aumento de produção de MS do sistema radicular observado foi também obtido por COLOZZA *et alli* (1983) e por MONTEIRO *et alli* (1983a). Tal efeito está ligado à adição de Ca, que por sua vez está relacionado com o crescimento radicular (MENGEL & KIRKBY, 1987) e à diminuição do efeito tóxico do Al^{3+} (LUND, 1970).

Figura 8 - Curvas de produção de matéria seca da soja-perene obtidas em função dos níveis de saturação por bases propostos.

4.2.4. Macrotiloma

Para o macrotiloma não foram observadas no 1.º corte diferenças significativas na produção em função dos tratamentos. No 2.º corte, a produção de MS sofreu acréscimos significativos até o nível de 47% de saturação por bases. A produção total de MS aumentou linearmente, o que indica que há ainda um potencial de produção pela forragem a ser alcançado com níveis superiores a 57% de saturação por bases. As curvas de produção obtidas estão na Figura 9. A produção do sistema radicular, apesar de afetada significativamente pelos tratamentos, não foi explicada por regressão linear ou quadrática.

Uma resposta positiva do macrotiloma à correção da acidez do solo foi também encontrada por COLOZZA & WERNER (1984), que observaram que a ausência de calagem (pH=4,7) foi responsável por uma diminuição na produção de MS da forragem, em relação ao tratamento completo (pH=5,7).

Em termos comparativos, os estudos realizados por MUNNS & FOX (1977) permitem enquadrar o macrotiloma como uma espécie mais semelhante à soja-perene do que ao estilosantes, quanto a resposta à correção de acidez do solo. Esta mesma tendência foi observada neste experimento, quando as máximas produções de MS total foram atingidas aos níveis de 57 e 35% de saturação por bases para a soja-perene e o estilosantes respectivamente.

Figura 9 —Curvas de produção de matéria seca do macrotiloma obtidas em função dos níveis de saturação por bases propostos.

4.2.5. Estilosantes

Para o estilosantes, a produção de MS no 1.º corte sofreu decréscimos lineares com o aumento no nível de saturação por bases. Para o 2.º corte e produção total as máximas produções de MS foram obtidas aos níveis de 36 e 35% de saturação por bases respectivamente. As curvas de produção obtidas estão na Figura 10.

A tolerância do estilosantes à acidez do solo e sua resposta limitada às adições de calcário estão bem relatadas na literatura. VARGAS & DOBEREINER (1974) observaram efeitos negativos na produção de forragem quando o pH foi elevado de 5,3 para 6,6 e redução de 50% de produção quando o pH variou de 4,8 para 6,9. SANZONOWICZ & VARGAS (1980) obtiveram máximas produções de MS a um pH 5,4 (1.º corte) e 5,7 (para 2.º e 3.º cortes), quando a amplitude de variação de pH foi de 4,6 a 7,2. MUNNS & FOX (1976) observaram para o estilosantes um modelo ótimo de crescimento na faixa de pH 5,5.

Os decréscimos lineares na produção de matéria seca do estilosantes observados no 1.º corte podem ser reflexo de um desbalanceamento de nutrientes ocorrido no solo em função da calagem, o qual não favoreceu o crescimento da forrageira, quando a máxima produção ocorreu com o solo não corrigido. No 2.º corte, quando a produção foi superior e consequentemente os níveis de exigência em nutrien-

tes, o efeito da elevação no nível de saturação por bases pode ser verificado.

Figura 10 – Curvas de produção de matéria seca do estilóides obtidas em função dos níveis de saturação por bases propostos.

Um estudo de correlações entre os quatro níveis de produção de MS obtidos ou, produção ao 1.º corte (MS1), produção ao 2.º corte (MS2), produção total (MST) e produção do sistema radicular (MSR) para todas as espécies, permitiu observar que a MST esteve melhor correlacionada com MS2 do que com MS1 (Tabela 18).

Esta ocorrência indica um melhor estabelecimento das espécies após o primeiro corte. Para a braquiária brizantha e macrotiloma observa-se ainda, que somente nesta fase foi possível se detectar diferença estatística entre os tratamentos. Para as espécies leguminosas, um melhor estabelecimento da forragem pode estar ligado a uma melhor eficiência no sistema de fixação simbiótico após o 1.º corte. Neste sentido, foram observadas maiores quantidades totais de nitrogênio na parte aérea no 2.º corte para as espécies estudadas (Tabela 22).

Tabela 18. Coeficientes de correlação significativos (a nível de 5%) estabelecidos entre as produções de MS ao 1º corte (MS1), ao 2º corte (MS2), produção total (MST) e sistema radicular (MSR) para as espécies estudadas.

Variável	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Soja	Estilosantes
MS1 & MST	0,6726	0,8946	0,6507	0,8521	0,6369
MS2 & MST	0,9057	0,9537	0,8763	0,9758	0,9820
MSR & NST	0,6237	n.s.	0,6011	0,7135	0,6550
MS1 & MSR	0,5354	n.s.	n.s.	0,6441	n.s.
MS2 & MSR	0,4986	n.s.	0,5602	0,6812	0,6532

n.s. = correlações não significativas ao nível de 5%.

4.3. Perfilhamento

A Tabela 19 apresenta o número médio de perfilhos/planta/vaso observado para as espécies colônia e braquiária brizantha no 1.º e 2.º cortes. O efeito da calagem só foi observado para o colônia no primeiro corte, com aumento significativo no número médio de perfilhos/planta/vaso até o nível de 37% de saturação por bases, segundo a equação:

$$y = 0,9765 + 0,0454x - 0,000525 x^2$$

Tabela 19. Número médio de perfilhos/planta/vaso no 1º e 2º cortes para as espécies braquiária brizantha e colônia em função dos tratamentos A, B, C e D. Média das 5 repetições.

	1º corte		2º corte	
	Braquiária	Colônia	Braquiária	Colônia
A	2,00	1,36	3,72	3,48
B	2,00	1,92	4,00	3,00
C	2,09	1,88	3,41	3,29
D	2,08	1,60	4,12	3,64
Teste F	n.s.	*	n.s.	n.s.
C.V. (%)	7,24	18,04	14,71	17,53
Reg. Linear	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Reg. Quadrática	n.s.	*(0,96) ¹	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (* = significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r^2 para a equação.

A resposta ao perfilhamento da planta, limitada a mais altas quantidades de calcário adicionados, encontra confirmação pelo trabalho de WERNER *et alli* (1967). Os autores observaram diminuição no número de perfilhos de 29 para 28 e 24 quando o pH variou de 5,28 para 5,4 e 6,25, respectivamente. A influência positiva da calagem no perfilhamento pode advir da adição de cálcio que atua nos pontos de crescimento da planta ou meristemas.

O número médio de perfilhos/planta/vaso para o colônio no 1.º corte esteve ainda correlacionado, embora por um baixo coeficiente, à produção de MS (Tabela 20). Um maior número de perfilhos esteve também associado à maior produção de MS, quando se compararam pH 5,18 e 6,25 no trabalho de WERNER *et alli* (1967).

Tabela 20. Coeficientes de correlação significativos (à nível de 5%) entre número médio de perfilhos/planta/vaso (NMP) e MS ao 1º e 2º cortes (1C e 2C respectivamente) para as espécies braquiária brizantha e colônio (BRA e COL) respectivamente.

MS1CBRA	&	NMP1CBRA	n.s.
MS2CBRA	&	NMP2CBRA	n.s.
MS1CCOL	&	NMP1CCOL	0,5340
MS2CCOL	&	NMP2CCOL	n.s.

n.s. - não significativo ao nível de 5%.

4.4. Nodulação

A nodulação nas espécies macrotiloma e soja-perene foram avaliadas pela produção da massa nodular (g/vaso) e número de nódulos e para o estilósantes através de notas. Os dados obtidos estão apresentados na Tabela 21 e os eventos relacionados à nodulação estão ilustrados na Figura 11 (apresentada no item 4.6).

Para a soja-perene, a nodulação respondeu positivamente aos tratamentos, tendo sido observados acréscimos lineares no número de nódulos e aumentos significativos no peso de nódulos até o nível de 49% de saturação por bases. Efeitos positivos na nodulação da soja-perene com a calagem foram obtidos por SOUTO & DOBEREINER (1969b), CARVALHO *et alli* (1971) e COLOZZA *et alli* (1983). Uma resposta limitada na nodulação com a calagem foi ainda encontrada por MUNNS *et alli* (1977) que observaram uma faixa de pH de 6,0-6,5 em que peso fresco de nódulos, redução de acetileno e número de nódulos por planta elevaram-se a seus valores máximos, após o qual tenderam a decréscimo. COLOZZA & WERNER (1984) observaram redução significativa no peso de nódulos com elevação do pH de 5,7 para 6,5. Em relação ao nível de saturação por bases aplicado, MONTEIRO *et alli* (1983a) observaram aumentos lineares no número de nódulos e aumentos no peso de nódulos até o mais alto nível de V% ou 44,8%.

Para o macrotiloma, pode-se observar que a nodulação foi melhorada com os tratamentos, quando foram observados aumentos lineares no número e peso dos nódulos. MUNNS *et alli* (1977) observaram um aumento no número de nódulos por planta com elevação do pH até um valor aproximado de 6,5 (quando o pH variou de 4,7 para 7,1). Nesta mesma faixa ocorreu progressiva queda no peso fresco dos nódulos, paralelamente a um aumento na eficiência dos mesmos. COLOZZA & WERNER (1984) observaram ainda, uma diminuição no peso seco dos nódulos quando o pH variou de 4,7 para 5,7.

Para o estilósantes, a atribuição de notas não detectou diferença na nodulação em função dos tratamentos aplicados. VARGAS & DOBEREINER (1974) contudo, observaram com elevação do pH de 5,3 para 6,6 um aumento na nodulação, considerando número e peso de nódulos. Num segundo experimento porém, quando o pH variou de 4,8 para 6,9, a calagem reduziu a nodulação (número e peso de nódulos).

Tabela 21. Produção de matéria seca dos nódulos(g/vaso), nº de nódulos e avaliação por notas em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas. Média de 5 repetições .

Parâmetros avaliados	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
Nº de Nódulos			
A	83,20		69,40
B	108,20		200,60
C	129,40		368,00
D	131,60		430,00
Teste F	*		*
C.V. (%)	19,35		16,80
Reg. Linear	*(0,90) ¹		*(0,97)
Reg. Quadrática	n.s.		n.s.
Peso de Nódulos (g)			
A	0,2720		0,1366
B	0,3374		0,3340
C	0,3440		0,5188
D	0,3670		0,4648
Teste F	*		*
C.V. (%)	7,94		10,86
Reg. Linear	*(0,85)		*
Reg. Quadrática	n.s.		*(0,97)
Avaliação de nódulos p/notas			
A		3,05	
B		3,25	
C		3,20	
D		2,85	
Teste F		n.s.	
C.V. (%)		19,07	
Reg. Linear		n.s.	
Reg. Quadrática		n.s.	

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação ou r² para a equação.

4.5. Quantidade total de Nitrogênio

A quantidade total de nitrogênio na parte aérea (QTN) para o 1.º e 2.º cortes (em mg/vaso) e a quantidade total acumulada (somatória ao 1.º e 2.º cortes) (QTNA) (mg/vaso) obtidas para as espécies estudadas, em função dos tratamentos, constam da Tabela 22.

Foi observado que a braquiária brizantha respondeu linearmente em QTN no 2.º corte e QTNA com os tratamentos. Para o colonião foi observado no 1.º corte um decréscimo inicial (atingindo o valor mínimo a um nível de 26% de saturação por bases), elevando-se em seguida. A QTNA aumentou linearmente com os tratamentos.

Para as gramíneas, um aumento na QTN está em função das melhorias das condições de crescimento para estas forrageiras com a calagem.

A soja-perene expressou aumentos lineares para a QTN no 1.º corte. Para a QTN no 2.º corte e QTNA foram observados acréscimos até o nível de 57% de saturação por bases. Aumentos na quantidade total de nitrogênio para a soja-perene estão bem descritos na literatura (SOUTO & DOBEREINER, 1969b; JONES *et alli*, 1970; FRANÇA & CARVALHO, 1970; COLOZZA *et alli*, 1983; COLOZZA & WERNER, 1984). MONTEIRO *et alli* (1983a) observaram aumentos lineares na QTN na parte aérea até o mais alto nível de saturação por bases

aplicado ou 44,8%, o que vai de acordo com as informações obtidas neste trabalho.

Para o macrotiloma, a QTN no 1.º corte diminuiu até o nível de 35%, após o qual se elevou. A QTN no 2.º corte se elevou até o nível de 51%, após o qual decresceu. A QTNA sofreu acréscimos lineares. Contrariamente COLLOZA & WERNER (1984) obtiveram, com elevação do pH de 4,7 para 5,7, tendência à diminuição na QTN no 1.º corte.

Para o estilosantes não foram observadas diferenças significativas para QTN no 1.º corte. Para QTN no 2.º corte e QTNA os máximos valores foram atingidos aos níveis de 38 e 37% de saturação por bases respectivamente.

Respostas positivas para QTN com a calagem em estilosantes foram obtidas por SAVASTANO *et alli* (1982) e CARVALHO *et alli* (1988). SANZONOWICZ & VARGAS (1980) encontraram a pH 5,9 máxima QTN para o estilosantes, quando o pH variou de 4,6 para 7,2. Complementarmente, VARGAS & DOBEREINER (1974) não observaram diferenças significativas na QTN quando o pH variou de 5,3 para 6,6. Estas informações confirmam os dados obtidos neste trabalho, que indicam uma limitação na QTN pelo estilosantes com adição de calcário.

Tabela 22. Quantidade total de nitrogênio (mg/vaso) ao 1º e 2º cortes e acumulada em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas. Média de 5 repetições.

	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Soja	Estilosantes
10C	A	152,00	148,29	115,97	109,83
	B	145,85	147,97	103,47	106,35
	C	161,79	149,96	104,35	108,29
	D	153,59	167,76	118,17	98,37
	Teste F	n.s.	*	n.s.	n.s.
	C.V. (%)	7,32	5,87	9,61	7,68
	Reg. Linear	n.s.	*	*(0,74)	n.s.
20C	Reg. Quadrática	n.s.	*(0,96)	n.s.	n.s.
	A	157,68	209,18	130,25	244,26
	B	165,49	208,88	163,11	280,00
	C	172,33	214,20	192,77	296,14
	D	168,40	214,48	188,91	260,68
	Teste F	n.s.	*	*	*
	C.V. (%)	5,21	3,24	10,90	5,78
Acumulada ¹	Reg. Linear	*(0,65) ²	n.s.	*	n.s.
	Reg. Quadrática	n.s.	n.s.	*(0,98)	*(0,96)
	A	309,69	357,47	246,23	354,08
	B	311,34	356,85	266,59	386,35
	C	334,12	364,16	297,12	404,43
	D	322,00	382,24	307,08	359,05
	Teste F	*	*	*	*
Somatório do 1º e 2º cortes	C.V. (%)	4,17	3,64	9,67	5,72
	Reg. Linear	*(0,46)	*(0,79)	*(0,96)	n.s.
	Reg. Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,92)
				*(0,99)	

Nível de significância = 5% (* = significativo; n.s. = não significativo)

¹ Somatório do 1º e 2º cortes.

² Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r^2 para a equação.

4.6. Correlação entre produção de MS, quantidade total de nitrogênio e nodulação

Com a finalidade de se avaliar os dados de produção de MS, QTN e nodulação conjuntamente, algumas correlações foram estabelecidas (Tabela 23). As relações entre estas variáveis estão representadas graficamente na Figura 11.

Pode-se observar na Tabela 23, que as produções totais de MS e QTN estiveram melhor correlacionadas com o peso do que com o número de nódulos. Analogamente, as notas atribuídas à nodulação para o estilósantes correlacionaram-se num mesmo grau com as produções totais de MS e QTNA. A Figura 11 ilustra para a soja-perene e macrotiloma, que aumentos nas produções de MS e QTN foram acompanhadas por aumento no peso de nódulos. Neste sentido, fica evidente que a melhoria na nodulação aumentou o fornecimento de N à planta e que colaborou para aumento de produção da forragem. Nas leguminosas, a QTNA esteve ainda melhor correlacionada com QTN no 2.º corte, indicando um melhor estabelecimento do sistema de fixação simbiótica do nitrogênio no 2.º período de crescimento.

Tabela 23. Coeficientes de correlação significativos (a nível de 5%) obtidos para as espécies em função da produção de MS, nodulação, quantidade total de nitrogênio na parte aérea e teor de Mn.

Variável	Braquiária	Colônia	Macrotiloma	Soja	Estilosantes
Nit.1 ¹ & Nit.T ²	0,7934	0,9245	0,5162	0,8041	0,5951
Nit.2 ³ & Nit.T	0,6658	0,7524	0,9433	0,9880	0,9589
P.Nod. ⁴ & Nit.T	-	-	0,6306	0,9032	-
Nº Nod. & Nit.T	-	-	n.s.	0,9037	-
MST & P.Nod.	-	-	0,5607	0,9290	-
MST & Nº Nod.	-	-	n.s.	0,9047	-
Nº Nod. & Mn2	-	-	-0,6973	-0,8619	-
P.Nod. & Mn2	-	-	-0,7825	-0,9156	-
Nit.1 & Mn1	n.s.	n.s.	n.s.	-0,6730	n.s.
Nit.2 & Mn2	-0,5277	-0,4525	-0,8212	-0,9273	-0,5764
MST & NOTAS ⁵	-	-	-	-	0,4708
Nit.T & NOTAS	-	-	-	-	0,4650
NOTAS & Mn1	-	-	-	-	n.s.
NOTAS & Mn2	-	-	-	-	n.s.
MS1 & Mn1	n.s.	n.s.	n.s.	-0,6458	n.s.
MS2 & Mn2	-0,6727	-0,7383	-0,7880	-0,9290	n.s.

n.s. = correlações não significativas ao nível de 5%.

¹ Quantidade total de nitrogênio ao 1º corte; ² Quantidade total de nitrogênio acumulada (Somatório do 1º e 2º cortes); ³ Quantidade total de nitrogênio ao 2º corte; ⁴ Peso dos nódulos; ⁵ Notas atribuídas a nodulação para o Estilosantes.

Figura 11—Relações entre produção de matéria seca, peso de nódulos, teor de manganês na parte aérea, quantidade total de nitrogênio e níveis de saturação por bases propostos, obtidos ao 2º corte para soja-perene (a) e macrotiloma (b).

4.7. Relação entre fixação de nitrogênio e composição mineral

A melhoria da nodulação e posterior produção de nitrogênio observadas com a calagem, podem advir da adição dos íons Ca^{2+} e Mg^{2+} , importantes no processo de fixação simbiótica do nitrogênio. O cálcio é um elemento importante desde a infecção (MUNNS, 1970), interferindo no número de nódulos até a fase de crescimento (ANDREW & NORRIS, 1961), o que afetaria possivelmente no tamanho dos mesmos. A adição de Mg parece ser de alguma importância para o *Rhizobium*. Segundo FREIRE & VIDOR, 1971 diversos trabalhos comprovam a necessidade extremamente baixa do organismo pelo Ca, ao contrário da maior necessidade pelo Mg, embora esta seja muito menor do que para a própria planta.

A adição de calcário pode favorecer positivamente a nodulação quanto a aumentos na disponibilidade de Mo e diminuições na disponibilidade de Mn.

Observando-se as alterações nas concentrações dos minerais acima descritos (exceto Mo) na parte aérea das leguminosas (Tabelas 26 a 28), não foi possível estabelecer qual percentual de participação de cada mineral no processo de fixação simbiótica do nitrogênio. Assim, foi observado que os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} aumentaram na parte aérea de todas as leguminosas estudadas, em função dos tratamentos. O Mo não foi analisado, tanto na parte aérea das forragens

quanto no solo. Em relação ao boro, foram observadas alterações no 1.º e 2.º cortes para o estilosantes, porém nenhuma associação foi possível, já que a nodulação em função de notas não se apresentou alterada com os tratamentos. Para a soja-perene, decréscimos nos teores de boro observados no 2.º corte, podem associar-se com decréscimos na nodulação em termos de peso de nódulos, já que o número de nódulos aumentou linearmente com os tratamentos.

Quanto ao Mn, foram observadas reduções nos teores na parte aérea das leguminosas em função dos tratamentos, tanto no 1.º como no 2.º cortes, observando-se paralelamente um aumento no número e peso de nódulos para a soja-perene e o macrotiloma. O Mn neste sentido, pareceu ser o elemento que melhor indicou o efeito da calagem na nodulação.

Para todas as espécies estudadas, pode-se observar que as QTN na parte aérea estiveram correlacionadas com diminuição nos teores de Mn da parte aérea das forragens (Tabela 23), correlações estas mais negativas no 2.º corte (correspondendo ao período em que o sistema de fixação simbiótica de nitrogênio foi mais ativo). Para as espécies macrotiloma e soja-perene (espécies menos tolerantes à acidez do solo) estas correlações foram mais negativas do que as observadas para o estilosantes (espécie mais tolerante), assemelhando-se esta última com os valores obtidos para as gramíneas. Os teores de Mn na parte aérea no 2.º corte

também correlacionaram-se negativamente com a nodulação em termos de peso de nódulos e em menor grau com número de nódulos.

Estudando-se especificamente a soja-perene, o limite na nodulação (peso de nódulos) ocorreu a um V% inferior ao observado para produção de MS e quantidade total de nitrogênio (49% contra 57% respectivamente) e ainda em relação ao número de nódulos, indicando que algum fator possa ter interferido no crescimento dos nódulos sem contudo, atingir o crescimento da planta e a quantidade total de nitrogênio na parte aérea. Semelhante efeito também foi observado por MUNNS *et alli* (1977) para *Medicago sativa* e *D. axillaris*, em relação a aumentos na produção da parte aérea e número de nódulos e diminuição no peso dos mesmos com elevação no pH do solo. Pode-se levantar a hipótese de que o crescimento dos nódulos tenha sido limitado em função de deficiência de algum micronutriente. Neste sentido Cu e Zn parecem ser os elementos mais envolvidos. O Fe e o B apesar de terem seus valores diminuídos com a calagem não parecem estar à um nível deficiente ou limitante. Além disso o Fe afetaria mais diretamente o funcionamento dos nódulos. Por outro lado Zn e Cu se apresentaram a níveis deficientes no 1.º corte e em menor grau no 2.º corte, principalmente nos maiores níveis de V%. De acordo com Andrew⁷, citado por

⁷ANDREW, C.S. Comunicação pessoal, 1966.

JONES *et alli* (1970) deve-se suspeitar de deficiência quando os níveis de Cu e Zn estiverem abaixo de 2-4 e 20 ppm respectivamente (valores obtidos para leguminosas forrageiras tropicais). HALLSWORTH (1958) relatou que plantas deficientes em cobre apresentam pobre crescimento radicular e nódulos pequenos. O Zn pode ter efeito no crescimento dos nódulos (HAAG, 1984).

Contudo, as relações entre os níveis de exigências em minerais para parte aérea da planta hospedeira e para o *Rhizobium* são pouco conhecidas, com excessão feita ao Mo e Mg.

Um possível aumento na disponibilidade de Mo com o pH, pode ter influenciado na eficiência dos mesmos, quando a QTN não foi afetada ao mesmo nível que nodulação (peso de nódulos). Neste sentido, MUNNS *et alli* (1977) observaram diminuição no peso de nódulos, paralelamente a um aumento na eficiência dos mesmos (medida através da redução do acetileno), com elevação nos valores de pH para *D. axillaris* e *M. sativa*.

MONTEIRO *et alli* (1980) observaram que a adição de Molibdênio em siratro proporcionou aumentos significativos na produção de MS, porcentagem de nitrogênio e quantidade total de nitrogênio. Foi observada porém, redução no número de nódulos e massa nodular, o que foi compensado pela melhoria da fixação de nitrogênio. As hipóteses acima discutidas encontram grandes limitações, desde que uma única

avaliação da nodulação não permite acompanhar o processo dinâmico de crescimento e senescência dos nódulos que ocorre com o tempo. Além disso a quantidade total de nitrogênio na parte aérea é função do nitrogênio fixado e do nitrogênio absorvido no solo. Neste sentido, o pH pode ter colaborado para um aumento na disponibilidade de nitrogênio no solo em função do aumento na mineralização da matéria orgânica (MALAVOLTA, 1976). Sabe-se ainda que os nódulos senescentes contém quantidade significativa de nitrogênio.

4.8. Avaliação da composição mineral

4.8.1. Parte aérea

A composição mineral das forrageiras estudadas (parte aérea no 1.º e 2.º cortes e sistema radicular), constam das tabelas 24 a 28 apresentadas a seguir. As alterações nos teores de macro e micronutrientes ocorridas em função da elevação no nível de saturação por bases, explicadas por regressões lineares ou quadráticas, estão apresentadas nas Figuras 14 a 37 no final desta discussão. Os valores encontrados para a composição mineral das forrageiras estudadas, estão em geral, de acordo com os valores encontrados na literatura (GALLO *et alli*, 1974; LIMA & MATTOS, 1982;

FERNANDES^B (1989); COLLOZZA & WERNER, 1984; CARVALHO *et alii*, 1988). Algumas variações nos teores de macro e micro-nutrientes foram encontrados neste trabalho em relação aos valores observados na literatura. As variações ocorridas contudo, são justificadas, pois a composição mineral do solo, adubações realizadas e idade de corte da forrageira podem alterar a composição mineral da planta.

^BFERNANDES, F.M. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - Ilha Solteira. Comunicação pessoal, 1989.

Tabela 24. Composição mineral da braquiária brizantha. Média das 5 repetições.

		%										ppm				
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B				
1º corte	A	2,44	0,24	1,95	0,20	0,29	0,12	92,0	7,4	189,0	32,0	17,4				
	B	2,26	0,26	2,46	0,29	0,99	0,11	101,0	2,0	139,0	32,8	15,2				
	C	2,38	0,23	2,24	0,33	1,28	0,09	94,8	3,6	115,0	28,4	16,4				
	D	2,44	0,23	2,26	0,36	1,19	0,08	90,6	2,8	81,6	25,8	16,8				
	Teste F	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.				
	C.V. (%)	8,45	13,10	15,29	4,94	13,46	38,97	18,04	31,77	6,34	14,37	10,74				
	Reg.Linear	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	*	*	*(0,83)	n.s.				
	Reg.Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,99)	*(1,00)	n.s.	n.s.	*(0,74)	*(0,98)	n.s.	n.s.				
2º corte	A	0,99	0,07	1,14	0,14	0,10	0,07	40,8	3,0	145,0	22,6	8,8				
	B	0,99	0,07	1,28	0,20	0,39	0,05	34,2	2,8	98,0	20,2	13,0				
	C	0,96	0,07	1,23	0,25	0,59	0,09	31,2	2,4	69,6	17,6	12,0				
	D	0,97	0,07	1,22	0,30	0,78	0,10	44,2	2,6	44,2	14,0	14,0				
	Teste F	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	*				
	C.V. (%)	6,57	9,49	8,19	7,13	5,14	41,86	21,47	33,64	6,46	12,40	17,85				
	Reg.Linear	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,99)	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	*(0,99)	*(0,69)				
	Reg.Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,99)	n.s.	*(0,92)	n.s.	*(0,99)	n.s.	n.s.				
Raiz	A	0,57	0,05	0,61	0,04	0,04	0,14	3029,4	4,6	93,4	65,4	67,6				
	B	0,48	0,03	0,36	0,03	0,11	0,09	3845,6	3,0	52,4	52,8	45,0				
	C	0,48	0,04	0,36	0,03	0,14	0,10	4004,0	3,0	37,0	40,4	42,0				
	D	0,54	0,04	0,39	0,04	0,19	0,13	4180,0	2,6	29,2	39,0	40,2				
	Teste F	*	*	*	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	*	*	*				
	C.V. (%)	5,761	10,65	30,92	23,34	13,61	38,78	24,58	28,74	11,56	8,08	19,73				
	Reg.Linear	n.s.	n.s.	*	n.s.	*(0,98)	n.s.	n.s.	*(0,76)	*	*	*				
	Reg.Quadrática	*(0,99) ¹	*(0,84)	*(0,94)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,99)	*(0,98)	*(0,96)				

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação ou r² para a equação.

Tabela 25 . Composição mineral do colonião. Média das 5 repetições.

	%						ppm					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B	
1º corte	A	2,28	0,19	2,14	0,19	0,24	0,08	2,8	182,8	21,2	17,8	
	B	1,95	0,14	1,94	0,30	0,67	0,15	2,8	193,4	21,0	17,4	
	C	1,80	0,14	1,79	0,35	0,57	0,10	8,0	119,4	19,6	17,6	
	D	2,07	0,15	1,88	0,36	1,07	0,14	2,2	84,6	18,6	22,0	
	Teste F	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	C.V. (%)	9,48	10,58	8,69	6,84	10,34	34,20	18,34	15,93	7,16	21,18	
	Reg.Linear	n.s.	*	*(0,65)	*	*(0,81)	n.s.	*	*	*(0,93)	n.s.	
	Reg.Quadrática	*(0,98) ¹	*(0,96)	n.s.	*(0,99)	n.s.	n.s.	*(0,96)	*(0,40)	*(0,90)	n.s.	
2º corte	A	1,39	0,08	1,33	0,18	0,13	0,10	3,2	261,4	22,4	22,2	
	B	1,22	0,07	1,47	0,29	0,37	0,09	3,0	219,6	22,4	19,8	
	C	1,20	0,06	1,25	0,32	0,57	0,08	3,2	77,2	16,6	22,4	
	D	1,20	0,08	1,19	0,35	0,74	0,07	3,2	45,8	15,6	21,8	
	Teste F	*	n.s.	*	*	*	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	
	C.V. (%)	3,40	21,45	10,16	17,37	20,08	33,19	25,59	18,45	19,12	20,47	
	Reg.Linear	*	n.s.	*(0,46)	*(0,88)	*(0,99)	n.s.	n.s.	*(0,93)	*(0,85)	n.s.	
	Reg.Quadrática	*(0,96)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
Raiz	A	0,95	0,06	0,44	0,07	0,05	0,07	13,2	162,4	66,0	59,8	
	B	0,87	0,06	0,42	0,08	0,14	0,10	2,4	110,0	55,6	59,2	
	C	0,88	0,06	0,36	0,10	0,19	0,10	2,6	72,6	59,6	59,4	
	D	0,89	0,06	0,38	0,12	0,23	0,10	1,8	41,8	51,8	58,2	
	Teste F	n.s.	n.s.	*	*	*	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	
	C.V. (%)	4,99	9,12	10,32	10,12	7,07	37,36	17,32	42,38	14,52	23,63	
	Reg.Linear	n.s.	n.s.	*(0,75)	*(0,99)	*	n.s.	*	*(0,98)	*(0,67)	n.s.	
	Reg.Quadrática	*(0,92)	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,99)	n.s.	*(0,92)	n.s.	n.s.	n.s.	

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r^2 para a equação.

Tabela 26. Composição mineral da soja-perene. Média das 5 repetições.

	%										ppm			
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B			
1ª corte	A	1,86	0,11	1,72	0,61	0,20	0,10	45,6	5,4	282,4	17,4	68,6		
	B	2,24	0,11	1,65	0,74	0,45	0,12	48,4	2,8	106,6	18,2	64,0		
	C	1,65	0,11	1,62	0,73	0,44	0,05	47,2	2,8	48,0	10,0	60,6		
	D	1,82	0,11	1,68	0,74	0,54	0,12	46,2	2,2	28,4	11,0	66,8		
	Teste F	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	*	n.s.	*	*	*	n.s.		
	C.V. (%)	9,20	11,09	3,44	8,30	7,75	15,50	41,21	8,10	8,10	12,98	15,29		
	Reg.Linear	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	*(0,75)	*	*	*(0,69)	n.s.		
2ª corte	Reg.Quadrática	n.s.	n.s.	*(0,98)	*(0,90)	*(0,87)	*(0,10)	n.s.	n.s.	*(0,99)	n.s.	n.s.		
	A	1,97	0,14	1,94	0,44	0,17	0,23	74,2	6,2	215,6	30,0	71,2		
	B	2,30	0,11	2,29	0,42	0,27	0,14	62,8	20,2	77,0	26,2	39,2		
	C	2,18	0,10	2,17	0,47	0,28	0,06	62,4	18,0	35,0	18,8	33,4		
	D	2,33	0,10	2,23	0,61	0,31	0,14	52,6	6,4	32,4	17,0	33,0		
	Teste F	n.s.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	C.V. (%)	9,721	12,73	4,59	5,69	4,49	7,02	6,78	28,98	19,04	6,11	15,26		
Raiz	Reg.Linear	*(0,56)	*(0,85)	*	*	*	*	*(0,90)	n.s.	*	*(0,95)	*		
	Reg.Quadrática	n.s.	n.s.	*(0,69)	*(0,99)	*(0,95)	*(0,94)	n.s.	*(0,98)	*(0,99)	n.s.	*(0,97)		
	A	1,93	0,15	0,73	0,30	0,11	0,15	1225,4	12,0	146,6	73,8	58,8		
	B	1,97	0,12	1,33	0,32	0,24	0,23	1359,6	19,8	98,2	75,8	76,6		
	C	1,88	0,09	1,02	0,35	0,38	0,25	1353,0	14,0	36,4	51,0	57,8		
	D	1,79	0,09	0,99	0,34	0,45	0,14	1513,6	16,6	15,6	36,2	77,0		
	Teste F	n.s.	*	*	*	*	*	n.s.	n.s.	*	*	n.s.		
Raiz	C.V. (%)	5,95	12,36	9,01	6,93	14,90	10,79	35,65	27,29	5,81	9,25	27,18		
	Reg.Linear	*(0,72)	*(0,94)	*	*(0,79)	*(0,98)	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.		
	Reg.Quadrática	n.s.	n.s.	*(0,60)	n.s.	n.s.	*(0,97)	n.s.	n.s.	*(0,98)	*(0,93)	n.s.		

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

1 Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r^2 para a equação.

Tabela 27. Composição mineral do macrotiloma. Média das 5 repetições.

	%							ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S		Fe	Cu	Mn	Zn	B
1º corte	A	2,03	0,10	1,72	0,39	0,15	0,06	86,4	2,2	372,2	20,6	36,8
	B	2,15	0,11	1,56	0,53	0,30	0,06	60,2	2,2	200,2	10,8	41,4
	C	1,82	0,13	1,30	0,54	0,34	0,12	65,4	2,2	81,0	10,4	42,0
	D	2,23	0,12	1,54	0,60	0,42	0,14	68,2	3,2	37,6	8,6	44,6
	Teste F	*	n.s.	*	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.
	C.V. (%)	7,29	12,96	6,75	9,31	6,40	61,38	27,86	39,78	7,07	16,88	27,37
	Reg.Linear	n.s.	*(0,74)	*	*(0,85)	*	*(0,88)	n.s.	n.s.	*	*	n.s.
	Reg.Quadrática	*(0,26)	n.s.	*(0,80)	n.s.	*(0,96)	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,99)	*(0,93)	n.s.
	A	2,41	0,12	2,02	0,38	0,14	0,11	130,8	6,2	436,4	39,8	36,0
	B	2,45	0,14	1,91	0,44	0,23	0,16	120,4	5,2	244,6	29,2	33,2
2º corte	C	2,55	0,12	1,80	0,42	0,23	0,17	106,2	4,6	72,8	20,0	33,6
	D	2,60	0,15	1,65	0,46	0,28	0,18	103,2	5,0	31,8	15,2	33,8
	Teste F	n.s.	*	*	*	*	n.s.	n.s.	*	*	*	n.s.
	C.V. (%)	5,77	8,33	7,12	8,65	6,71	27,93	16,77	15,64	9,38	13,98	13,75
	Reg.Linear	*(0,97)	*(0,57)	*(0,99)	*(0,70)	*	*(0,83)	*(0,94)	*(0,63)	*	*(0,97)	n.s.
	Reg.Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,90)	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,99)	n.s.	n.s.
	A	2,00	0,12	1,17	0,29	0,21	0,27	1196,0	-	59,4	100,6	72,4
	B	1,90	0,12	1,82	0,37	0,53	0,43	1057,0	-	29,4	98,0	71,4
	C	1,85	0,11	1,92	0,39	0,61	0,46	1307,2	-	26,6	78,8	69,4
	D	1,90	0,12	1,51	0,42	0,61	0,43	1334,0	-	18,6	58,2	89,6
Raiz	Teste F	n.s.	n.s.	*	*	*	*	n.s.	-	*	*	n.s.
	C.V. (%)	6,23	10,12	16,51	6,70	15,78	18,53	27,02	-	16,93	23,94	18,41
	Reg.Linear	n.s.	n.s.	*	*	*	*	n.s.	-	*	*(0,92)	n.s.
	Reg.Quadrática	n.s.	n.s.	*(1,00)	*(0,96)	*(0,98)	*(0,99)	n.s.	-	*(0,94)	n.s.	n.s.
	A	2,00	0,12	1,17	0,29	0,21	0,27	1196,0	-	59,4	100,6	72,4

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

1 Os valores entre parenteses indicam o coeficiente de determinação ou r^2 para a equação.

Tabela 28. Composição mineral do estilosantes. Média das 5 repetições.

	%							ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S		Fe	Cu	Mn	Zn	B
1º corte	A	3,03	0,15	2,66	1,25	0,34	0,03	65,60	5,40	495,6	45,4	45,6
	B	2,88	0,16	2,50	1,34	0,48	0,09	62,20	3,20	139,4	28,2	41,4
	C	3,03	0,17	2,54	1,49	0,60	0,12	69,20	4,80	54,4	20,2	55,2
	D	3,21	0,20	2,50	1,45	0,70	0,14	80,00	4,60	26,4	20,0	65,8
	Teste F	n.s.	*	n.s.	*	*	*	*	n.s.	*	*	*
	C.V. (%)	5,57	8,40	5,12	7,16	7,85	11,79	11,21	63,82	5,03	4,54	16,06
	Reg.Linear	n.s.	*(0,94)	n.s.	*(0,78)	*(0,99)	*	*(0,70)	n.s.	*	*	*(0,78)
	Reg.Quadrática	*(0,93) ¹	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,99)	n.s.	n.s.	*(0,98)	*(0,99)	n.s.
	A	2,13	0,08	1,05	0,76	0,15	0,11	117,20	8,20	365,2	52,6	39,6
	B	2,04	0,07	1,14	0,76	0,22	0,08	116,60	3,60	83,2	36,4	31,0
2º corte	C	2,04	0,08	1,03	0,95	0,25	0,08	121,60	3,00	37,8	23,4	24,6
	D	2,17	0,10	1,20	1,06	0,30	0,12	110,40	3,00	11,2	16,4	28,4
	Teste F	n.s.	*	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	*
	C.V. (%)	8,51	8,57	9,85	11,21	9,52	34,30	13,65	71,50	7,12	10,66	17,45
	Reg.Linear	n.s.	*	n.s.	*(0,88)	*(0,96)	n.s.	n.s.	*(0,69)	*	*	*
	Reg.Quadrática	n.s.	*(0,98)	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,99)	n.s.	n.s.	*(0,97)	*(0,99)	*(0,97)
	A	1,79	0,09	0,73	0,26	0,13	0,25	2679,6	5,20	74,0	61,6	72,4
	B	1,76	0,08	0,69	0,33	0,39	0,31	2050,4	2,60	38,8	43,6	88,8
	C	1,84	0,09	0,72	0,37	0,44	0,20	2134,0	2,60	22,0	40,6	81,4
	D	1,81	0,10	0,88	0,38	0,55	0,26	2052,6	3,00	20,2	38,6	83,0
Raiz	Teste F	n.s.	*	*	*	*	*	n.s.	*	*	*	n.s.
	C.V. (%)	4,95	11,00	12,86	7,98	10,94	19,48	18,87	27,11	8,78	11,23	27,56
	Reg.Linear	n.s.	*	*	*	*	n.s.	*(0,58)	*	*	*	n.s.
	Reg.Quadrática	n.s.	*(0,86)	*(0,98)	*(1,00)	*(0,96)	n.s.	n.s.	*(0,94)	*(0,99)	*(0,97)	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r² para a equação.

Os principais eventos ocorridos na composição mineral em função dos tratamentos estão a seguir descritos:

Nitrogênio

Para a braquiária brizantha não ocorreram diferenças significativas no 1.º e 2.º cortes no teor de N da parte aérea em função dos tratamentos. Para o colonião, ocorreu diferença significativa entre os tratamentos quanto à concentração de N na parte aérea no 1.º e 2.º cortes. No 1.º corte houve uma queda inicial, até o nível de 39% de saturação por bases, elevando-se em seguida. No 2.º corte ocorreu uma diminuição significativa no teor de N em função dos tratamentos. Observa-se no 1.º e 2.º cortes para o colonião, que alterações no teor de N seguiram uma tendência contrária às observadas para a produção de MS da forragem, prevalecendo os efeitos de "diluição" do N na MS aos níveis mais altos de saturação por bases aplicados.

O colonião apresentou sintomas de deficiência de nitrogênio, caracterizado por amarelecimento em "V" invertido, evidenciada nas folhas mais velhas aos 20 dias de crescimento após o 1.º corte. Progressivamente, foram observadas folhas completamente amarelecidas. Os sintomas, apesar de terem aparecido em todos os tratamentos, atingiram um maior número de folhas nos tratamentos C e D. Neste sentido, a calagem nos níveis mais elevados promoveu um maior crescimento da forrageira até o nível de 47% de saturação por bases elevando-se portanto, o nível de exigência em

nutrientes pela planta e no caso específico o N. O teor de N para o colonião, pode ter sido em algum grau, limitante para o crescimento da forragem aos mais altos níveis de calagem aplicados. Os resultados deste experimento mostraram ainda, um decréscimo significativo no teor de N na parte aérea no 2.º corte, quando os teores diminuíram de 1,39 para 1,20%.

Na literatura, WERNER & HAAG (1972) encontraram como sintomas de carência de nitrogênio em forrageiras um menor desenvolvimento das plantas, amarelecimento progressivo das folhas mais velhas com posterior clorose, secamento, morte e redução no teor de N das folhas. Os autores encontraram ainda no colonião, sinais de deficiência de N quando as plantas apresentaram 0,67% de N (tratamento com omissão de N). Este valor é inferior ao observado neste trabalho porém, justifica-se em função da idade avançada da forrageira amostrada (elongação dos colmos para início do florescimento) quando as plantas do tratamento completo apresentara 1,06% de N.

Para o colonião e braquiária brizantha, os teores de N no 2.º corte mostraram-se inferiores aos observados no 1.º corte, atribuindo-se também nestes casos, um efeito de "diluição" do nutriente em função da maior produção de MS.

Além disso, o tecido remanescente do primeiro corte, pobre em minerais, pode ter contribuído para um teor

mais baixo de N na parte aérea ao 2.º corte. Esta consideração também é válida em relação ao fósforo.

Em relação às leguminosas, aumentos reais no teor de N na parte aérea foram observados pelo macrotiloma no 1.º corte a partir do nível de 32% de saturação por bases, sendo que a produção de MS não foi significativamente alterada e no 2.º corte, quando aumentos significativos de produção de MS foram observados paralelamente a aumentos lineares na concentração de N. Para a soja-perene no 2.º corte, a tendência ao aumento no teor de N foi também acompanhado por aumentos de produção de MS, caracterizando aumentos reais no teor de N na planta. Para o estilosantes no 1.º corte foi observado um decréscimo inicial real no teor de N (nível de 29% de saturação por bases), após o qual seguiu-se um efeito de "concentração" do nutriente na planta, quando ocorreu tendência ao aumento nos teores de N paralelamente a diminuições progressivas na produção de MS. Neste estudo, a ocorrência de aumentos reais no teor de N observado pelas leguminosas forrageiras, principalmente no 2.º corte, estão ligadas à melhor eficiência no sistema de fixação simbiótica. Assim, maiores teores de N na parte aérea para as leguminosas foram observados em relação às gramíneas no 2.º corte.

Fósforo

Em relação ao fósforo, aumentos reais deste elemento na forrageira foram observados para o macrotiloma

no 1.º corte, quando ocorreu tendência ao aumento no teor de P na parte aérea, mas não houve aumento significativo na produção de MS e também no 2.º corte, quando aumentos nos teores de P ocorreram paralelamente a aumentos na produção de MS. Para o colonião no 1.º corte e soja-perene no 2.º corte as curvas que mostram a alteração nos teores de P ocorreram num sentido oposto à curvas de produção de MS, sendo identificado então o fenômeno de "diluição" aos níveis mais altos de saturação por bases.

Potássio

Efeitos positivos em termos de aumentos reais nos teores de K foram observados para soja-perene no 2.º corte e tendência a aumento a partir do nível de 39% de saturação por bases no 1.º corte. Para o macrotiloma no 1.º corte ocorreu diminuição real até o nível de 41% de saturação por bases, a partir do qual aumentos reais foram observados. O efeito de "diluição" foi observado para o colonião no 1.º e 2.º cortes e para o macrotiloma no 2.º corte, quando aumentos de MS foram seguidos por diminuições no teor de K, com a elevação no nível de saturação por bases.

Cálcio e magnésio

Aumentos nos teores de Ca e Mg nas forrageiras estudadas, em função dos tratamentos, ficaram bem caracterizados, sendo que aos níveis mais altos de saturação por bases acrescenta-se o efeito de "concentração" a partir do ponto máximo de produção de MS.

Enxofre

Efeitos positivos para aumento no teor de S das plantas forrageiras foram obtidos para o macrotiloma no 1.º e 2.º cortes, quando no 1.º corte não foram observados aumentos na produção de MS, mas os teores de S aumentaram e no 2.º corte, quando aumentos de produção de MS foram acompanhados por tendência a aumento no teor de S com os tratamentos. Para a soja-perene no 1.º e 2.º cortes, observou-se inicialmente um efeito de "diluição" do enxofre até os níveis de 36 e 41% de saturação por bases respectivamente, após o qual observaram-se efeitos positivos dos tratamentos no teor de S. Para o estilosantes no 1.º corte os aumentos nos teores de S foram acompanhados por queda na produção de MS, observando-se nos níveis de saturação por bases mais elevados, um efeito de "concentração" deste nutriente. No 2.º corte, a tendência ao aumento no teor de S ocorreu a partir do nível de 36% de saturação por bases ou ponto de máxima produção, após o qual ocorreu uma tendência à "concentração" do nutriente.

Um aumento na concentração de S na parte aérea, observado em alguns casos, pode ser efeito de um aumento na disponibilidade do mesmo no solo com a calagem, um efeito indireto da decomposição da matéria orgânica com os tratamentos. Esta decomposição é realizada pelos microrganismos do solo, que encontram na faixa de pH 6,0-7,0 a mais adequada para sua atividade (MALAVOLTA, 1976).

Ferro

Para a braquiária brizantha no 2.º corte uma tendência à efeito positivo com os tratamentos no teor de Fe foi obtida após uma queda inicial marcada ao nível de 34% de saturação por bases. Para o colômbio no 1.º corte os aumentos ocorreram a partir do nível de 33%. Para o macrotiloma no 2.º corte o efeito de "diluição" ocorreu quando um aumento na produção de MS e uma tendência à queda nos teores de Fe foram observados. Para o estilosantes no 1.º corte, aumentos nos teores de Fe acompanharam queda na curva de produção, ocorrendo efeito de "concentração" aos mais altos níveis de calagem aplicados. Para a soja-perene no 2.º corte ocorreu efeito de "diluição" com os tratamentos.

Cobre

Para a braquiária brizantha no 1.º corte, uma queda real nos teores de cobre pode ser observada até o nível de 42% de saturação por bases, elevando-se em seguida. Para o colômbio no 1.º corte e soja-perene no 2.º corte observaram-se porém, aumento nos teores de Cu até os níveis de 37% e 35% de saturação por bases para o colômbio e soja-perene respectivamente, após o qual ocorreu queda. Para o macrotiloma no 2.º corte e soja-perene no 1.º corte, ocorreu efeito de "diluição", quando aumentos de MS acompanharam queda no teor de Cu com os tratamentos. Para o estilosantes no 2.º corte, os teores de Cu tenderam a uma queda real a

partir do nível de saturação por bases máximo para a produção de MS.

Manganês

Os teores de manganês na parte aérea para todas as espécies estudadas sofreram decréscimos com os tratamentos. Neste experimento foram detectados sintomas de toxidez deste elemento em soja-perene desde sua fase inicial de crescimento. De maneira geral, estes sintomas atingiram as folhas mais velhas da planta e apareceram em maior grau de toxidez para as plantas dos tratamentos A seguida dos tratamentos B e C. Os sintomas se iniciaram nos bordos das folhas como manchas cloróticas que evoluíram para clorose acentuada e necrose nas regiões mais afetadas, como mostra a Figura 12.

Figura 12. Sintomas de toxidez de manganês observados em soja-perene.

Os sintomas descritos foram também observados por MONTEIRO *et alli* (1983a) em soja-perene.

Analisando-se a composição mineral da soja, observa-se que os sintomas apareceram em maior intensidade a níveis de 282 ppm e 215 ppm de Mn na parte aérea da planta, correspondentes aos tratamentos A do 1.º e 2.º cortes, respectivamente. Estes valores são inferiores aos encontrados na literatura como níveis críticos, acima dos quais se detectam efeitos de toxidez de Mn. ANDREW & HEGARTY (1969) estabeleceram para soja-perene o valor de 560 ppm. Andrew^o citado por JONES *et alli*, (1970) colocam que o nível crítico de toxidez de Mn indicado para soja é de 450 ppm.

A relação extração de Mn no sistema radicular e parte aérea (MnR/Mn p.aérea) foi estudada neste experimento com a finalidade de classificar as forrageiras estudadas entre mais ou menos tolerantes à toxidez de Mn, como sugerido por ANDREW & HEGARTY (1969). Os resultados constam da Tabela 29.

A relação extração MnR/Mn p.aérea foi superior para o estilosantes (média dos 4 tratamentos) considerando o 1.º e 2.º cortes. A diferença foi maior considerando o 1.º corte e ao mais alto nível de calcário aplicado.

^oANDREW, C.S. Comunicação pessoal, 1966.

Tabela 29. Relação entre extração de MnR/Mn p.aérea para soja-perene e estilosantes em função dos tratamentos A, B, C e D do 1º ao 2º cortes.

Tratamento	Soja-perene		Estilosantes	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
A	0,17	0,40	0,20	0,08
B	0,32	0,34	0,39	0,17
C	0,25	0,27	0,63	0,22
D	0,22	0,12	0,23	0,76

Estes resultados confirmam as diferenças estabelecidas por ANDREW & HEGARTY (1969), que colocaram que as espécies mais tolerantes apresentam maior relação extração MnR/Mn p.aérea ou acumulam mais Mn na raiz que as espécies menos tolerantes.

O teor de Mn na parte aérea afetou não somente a nodulação nas leguminosas (como discutido anteriormente), como também a produção de MS para as espécies estudadas. A produção de MS correlacionou-se negativamente com o teor de Mn, correlações mais negativas ao segundo corte e em maior grau para o macrotiloma e soja-perene (Tabela 23). MONTEIRO *et alli* (1983a) observaram que a correlação entre peso de nódulos e teor de Mn para soja perene foi mais negativa do que a correlação entre MS e Mn. Neste trabalho, contudo, a grandeza destas correlações para a soja e macrotiloma (no 2.º corte) foram semelhantes.

Zinco

Os teores de Zn na parte aérea diminuíram nitidamente em função dos tratamentos para o colômbio, estiolantes, macrotiloma e soja-perene no 1.º e 2.º cortes, braquiária brizantha no 2.º corte e tenderam a diminuir para braquiária brizantha no 1.º corte.

Boro

Para a braquiária brizantha no 2.º corte ocorreram aumentos reais no teor de B. Para a soja-perene no 2.º corte houve efeito de "diluição", quando aumentos na

produção de MS e diminuição nas concentrações de boro foram observados. Para o estíloso no 1.º corte ocorreu o efeito de "concentração" aos níveis mais altos de calagem, quando ocorreram diminuições na produção de MS e aumentos nos teores de B e no 2.º corte, a partir do nível de 45% de saturação por bases.

Cerca de 30 dias após o plantio e no decorrer do período experimental foi observado no estíloso, em praticamente todos os tratamentos, um amarelecimento na ponta dos folíolos, que evoluiu para necrose como mostra a Figura 13.

Este sintoma caracteriza toxidez de B, como descrito por WERNER *et alii*, 1975. Os sintomas foram observados a níveis de B que variaram de 41 ppm a 66 ppm no 1.º corte e 24 ppm a 40 ppm no 2.º corte, quando observou-se maior ocorrência de sintoma no 1.º período de crescimento.

Os valores obtidos neste experimento estão próximos aos obtidos por WERNER (1979) que encontrou sintomas de toxidez de B em *S. guianensis* ao nível de 50 ppm.

Figura 13. Sintomas de toxidez de boro observados em estilosantes.

4.8.1.1. Composição mineral e extração de nutrientes pela parte aérea.

Com a finalidade de se avaliar se ocorreram aumentos reais ou não nos nutrientes estudados com os tratamentos, os resultados acima discutidos foram contrastados com os dados de extração de minerais e quantidade total de nitrogênio. Deste modo, o aumento no teor de N foi confirmado para a soja-perene no 2.º corte. Aumentos nos teores de Ca e Mg ocorreram para o colonião, braquiária brizantha, soja-perene e macrotiloma no 1.º e 2.º cortes em função dos tratamentos e até o nível de saturação por bases indicado para máxima produção de MS para o estilosantes. Para o Cu ocorreram aumentos iniciais, seguidos por queda para o colonião no 1.º corte e soja-perene no 2.º corte. Para o Mn, a queda no teor da parte aérea foi acompanhada por queda na extração para todas as espécies nos dois cortes. Para o zinco, a queda no teor para a braquiária brizantha no 2.º corte, estilosantes e macrotiloma no 1.º e 2.º cortes foram confirmadas por queda na extração. Para o colonião no 1.º e 2.º cortes, braquiária brizantha e soja-perene no 1.º corte ocorreu um aumento inicial na extração de Zn, porém seguido de uma queda, confirmando a queda dos teores de Zn nestas plantas. Aumentos nos teores de B foram confirmados por aumentos de extração para a braquiária brizantha no 2.º corte.

A partir dos resultados apresentados, pode-se observar que os minerais que melhor caracterizaram os efeitos dos tratamentos aplicados, na disponibilidade de minerais na parte aérea, foram Ca e Mg, que mostraram aumentos expressivos e Mn e Zn que apresentaram diminuições. Aumentos nos teores de Ca e Mg na forragem, acompanhados por aumentos de produção de MS, foram também observados por COLOZZA & WERNER (1984); FRANÇA *et alli* (1973); CHEW *et alli* (1980); SANTOS *et alli* (1980) e MONTEIRO *et alli* (1983b). Aumentos nos teores de N da forrageira acompanhados por aumentos de MS foram observados por COLOZZA & WERNER (1984), FRANÇA *et alli* (1973) e SANTOS *et alli* (1980), observando-se em outros casos efeitos de "diluição" (MONTEIRO *et alli*, 1983a,b; COLOZZA & WERNER, 1984). Alterações nos teores de K e P pareceram estar ligadas a diluição do nutriente na parte aérea, como mostram CHEW *et alli* (1980), MONTEIRO *et alli* (1983a) e COLOZZA & WERNER (1984), embora aumentos reais nos teores de P sejam descritos na literatura (FRANÇA *et alli*, 1973).

Quanto aos micronutrientes, observa-se na literatura a predominância de diminuição nos teores de Fe, Cu, Mn, Zn e B com a calagem (JONES *et alli*, 1970; JONES & FREITAS, 1970; MONTEIRO *et alli*, 1983a e COLOZZA & WERNER, 1984), sempre associados a aumentos na produção de MS.

As Tabelas 30 e 31 a seguir apresentam as correlações existentes entre os teores de minerais e a pro-

dução de MS. Aqui confirmam-se as considerações anteriores em relação ao Ca e Mg, indicando que estes dois íons se correlacionaram positivamente com a produção de MS (exceção ao macrotiloma no 1.º corte). O K se correlacionou negativamente com a produção de MS, exceção à soja-perene no 2.º corte, que como observado, teve seus teores elevados em função dos tratamentos. A tabela mostra para o estilosantes, ou a espécie considerada mais tolerantes entre as leguminosas estudadas, que o Mn não se correlacionou significativamente e negativamente com a produção de MS (1.º e 2.º cortes), enquanto a soja-perene, espécie menos tolerante, apresentou uma correlação mais negativa. O Zn correlacionou-se negativamente com a produção de MS em maior grau para a soja-perene, seguido pelo macrotiloma, não sendo significativo para o estilosantes.

Para as espécies leguminosas menos tolerantes como soja-perene e macrotiloma, pode-se observar do 1.º para o 2.º corte uma diminuição no grau de correlação negativo existente entre produção de MS e nitrogênio, confirmando um aumento na concentração de N na parte aérea no 2.º período de crescimento, como consequência da melhoria na fixação simbiótica de N.

Tabela 30. Coeficientes de correlação significativos (a nível de 5%) entre produção de MS e com posição mineral obtidos ao 1º corte para as espécies estudadas.

Par de Variáveis	Colonião	Braquiária	Macrotiloma	Soja	Estilosantes
MS & N	-0,8221	-0,6108	-0,5392	-0,5670	-0,8231
P	-0,8516	n.s.	n.s.	n.s.	-0,5953
K	-0,8234	n.s.	n.s.	-0,4571	n.s.
Ca	0,6592	n.s.	-0,4616	n.s.	n.s.
Mg	0,5108	n.s.	n.s.	0,4889	n.s.
S	n.s.	n.s.	n.s.	-0,4607	n.s.
Fe	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cu	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Mn	n.s.	n.s.	n.s.	-0,6458	n.s.
Zn	-0,5727	n.s.	n.s.	-0,8746	n.s.
B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-0,5410

n.s. = não significativo a nível de 5%.

Tabela 31. Coeficientes de correlação significativos (a nível de 5%) entre produção de MS e com posição mineral obtidos ao 2º corte para as espécies estudadas.

Par de Variáveis	Colonião	Braquiária	Macrotiloma	Soja	Estilosantes
MS & N	-0,9160	-0,5287	n.s.	n.s.	-0,8110
P	n.s.	n.s.	n.s.	-0,8207	-0,4845
K	n.s.	n.s.	-0,6346	0,5778	n.s.
Ca	0,5418	0,5549	n.s.	0,5556	n.s.
Mg	0,6971	0,6228	0,6370	0,8881	n.s.
S	n.s.	n.s.	0,5010	-0,7943	-0,5997
Fe	n.s.	n.s.	n.s.	-0,8237	n.s.
Cu	n.s.	n.s.	-0,5934	n.s.	n.s.
Mn	-0,7383	-0,6727	-0,7880	-0,9290	n.s.
Zn	-0,4957	-0,5265	-0,7795	-0,9275	n.s.
B	n.s.	n.s.	n.s.	-0,8732	-0,5674

n.s. = não significativo a nível de 5%.

4.8.2. Sistema radicular

A análise da composição mineral do sistema radicular foi realizada com a finalidade de se avaliar as correlações existentes entre o teor dos minerais na parte aérea no 1.º e 2.º cortes com os teores no sistema radicular.

Os dados de composição do sistema radicular estão apresentados nas Tabelas 24 a 28 e as correlações na Tabela 32.

Das correlações estudadas, as mais expressivas foram observadas em relação ao Ca, Mg, Mn e Zn (no 1.º e 2.º cortes), indicando que alterações na concentração destes nutrientes no sistema radicular com os tratamentos, seguiram a mesma tendência que as observadas na parte aérea.

Todas as equações de regressão obtidas na análise estatística do experimento estão no Apêndice.

Tabela 32. Coeficientes de correlação significativos (ã nível de 5%) entre composição mineral da parte aérea e sistema radicular.

Variáveis	Braquária	Colonião	Macrotiloma	Soja	Estilosantes
N ₁ & N _R	n.s.	0,6637	n.s.	n.s.	n.s.
N ₂ & N _R	n.s.	0,5607	n.s.	n.s.	n.s.
P ₁ & P _R	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,4708
P ₂ & P _R	-0,4525	n.s.	n.s.	0,6321	0,5003
K ₁ & K _R	-0,5313	0,4884	-0,4754	n.s.	n.s.
K ₂ & K _R	n.s.	n.s.	n.s.	0,7498	n.s.
Ca ₁ & Ca _R	n.s.	0,7271	0,7990	n.s.	0,5155
Ca ₂ & Ca _R	n.s.	0,8127	0,5882	n.s.	0,6300
Mg ₁ & Mg _R	0,7975	0,8944	0,8812	0,8403	0,9190
Mg ₂ & Mg _R	0,9567	0,9513	0,8445	0,8497	0,9111
S ₁ & S _R	n.s.	n.s.	0,4976	n.s.	n.s.
S ₂ & S _R	n.s.	n.s.	n.s.	0,6641	n.s.
Fe ₁ & Fe _R	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fe ₂ & Fe _R	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cu ₁ & Cu _R	0,6547	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cu ₂ & Cu _R	n.s.	n.s.	n.s.	0,4641	n.s.
Mn ₁ & Mn _R	0,9387	0,6413	0,9038	0,9405	0,9811
Mn ₂ & Mn _R	0,9382	0,7475	0,8824	0,9032	0,9774
Zn ₁ & Zn _R	0,5658	0,4077	0,5580	0,7854	0,8453
Zn ₂ & Zn _R	0,7278	n.s.	0,7908	0,8725	0,7973
B ₁ & B _R	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
B ₂ & B _R	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s.= correlações não significativas a nível de 5%.

Figura 14 - Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (macronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para braquiária brizantha ao 1º corte (a) e ao 2º corte (b).

Figura 15—Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (macro-nutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para coloniao ao 1º corte.

Figura 16— Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (macronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para o colômbio ao 2º corte.

Figura 17 - Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (macro-nutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para soja - perene ao 1º corte.

Figura 18—Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (macronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para soja-perene ao 2º corte.

Figura 19—Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (macronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para a soja-perene ao 2º corte.

Figura 20-Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (macronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para o macrofiloma ao 1º corte.

Figura 21 – Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (macronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para o macrotiloma ao 1º corte.

Figurara 22—Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (macronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para o macrotiloma ao 2º corte.

Figura 23—Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (macronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para o macrotiloma ao 2º corte.

Figura 24— Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (macronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para o estíloantes ao 1º corte.

Figura 25-Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (macronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para o estíloantes ao 1º corte.

Figura 26 – Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (macronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para o estíloso ao 2º corte.

Figura 27 – Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (micronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para a braquiária brizantha ao 1º corte.

Figura 28 — Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (micronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para a braquiária brizantha ao 2º corte.

Figura 29 - Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (micronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para o colônio ao 1º corte.

Figura 30 – Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (micronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para o colônio ao 2º corte.

Figura 31 – Relação entre produção de matéria seca, composição mineral (micronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para a soja-perene ao 1º corte.

Figura 32 – Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (micronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para a soja-perene ao 2º corte.

Figura 33—Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (micronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para a soja-perene ao 2º corte.

Figura 34 – Relações entre produção de matéria seca , composição mineral (micronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para o macrotiloma ao 1º corte .

Figura 35 – Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (micronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para o macrotiloma ao 2º corte.

Figura 36 – Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (micronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para o *estilosantes* ao 1º corte.

Figura 37 - Relações entre produção de matéria seca, composição mineral (micronutrientes) e níveis de saturação por bases propostos, para o *estilosantes* ao 2º corte.

5. CONCLUSÕES

A avaliação dos resultados verificados neste experimento permitiu as seguintes conclusões:

- As máximas produções de matéria-seca foram obtidas ao nível de 43% de saturação por bases atingido para braquiária brizantha, ao nível de 47% para o colômbio, ao nível de 57% para a soja-perene e ao nível de 35% para o estilósantes. Para o macrotiloma o ponto de máxima produção não foi encontrado sob qualquer nível de V% atingido, embora acréscimos lineares tenham sido observados.

- A nodulação foi melhorada pela calagem, quando foram observados aumentos lineares no peso e número de nódulos para o macrotiloma, aumentos lineares no número de nódulos e aumento no peso de nódulos até o nível de 49% de saturação por bases atingido para a soja-perene.

- A quantidade total de nitrogênio na parte aérea das leguminosas foi aumentada com a calagem. Para o macrotiloma foram observados acréscimos lineares, para a soja-perene e o estilósantes os acréscimos ocorreram até os

níveis de 57 e 37% de saturação por bases atingidos, respectivamente.

- Os minerais que melhor caracterizaram os efeitos da adição de calcário ao solo foram Ca e Mg, que tiveram seus valores aumentados na parte aérea das plantas com a calagem e Zn e Mn que tiveram os seus teores diminuídos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRUNA, F.; PEARSON, W.; ELKINS, C.B. Quantitative evaluation of soil reaction and base status changes resulting from field application of residually acid forming nitrogen fertilizers. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 22(6): 539-42, 1958.
- AMARASIRI, S.L. & OLSEN, S.R. Liming as related to solubility of P and plant growth in an acid tropical soil. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 37: 716-21, 1973.
- ANDERSON, A.J. Molibdenum as a fertilizer. *Advances in Agronomy*, San Diego, 8: 163-201, 1956.
- ANDREW, C.S. Effect of calcium, pH and nitrogen on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. I. Nodulation and growth. *Australian Journal of Agricultural Research*, East Melbourne, 27: 611-23, 1976.
- ANDREW, C.S. Mineral characterization of tropical forage legumes. In: *WORKSHOP ON MINERAL NUTRITION OF LEGUMES IN TROPICAL AND SUBTROPICAL SOILS*, Brisbane, 1978. Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils; proceedings, edited by C.S. Andrew and E.J. Kamprath. Brisbane, CSIRO, 1978. p.93-111.

ANDREW, C.S. & HEGARTY, M.P. Comparative responses to manganese excess of eight tropical and four temperate pasture legume species. *Australian Journal of Agricultural Research*, East Melbourne, 20: 687-96, 1969.

ANDREW, C.S. & JONES, R.K. The phosphorus nutrition of tropical forage legumes. In: WORKSHOP ON MINERAL NUTRITION OF LEGUMES IN TROPICAL AND SUBTROPICAL SOILS, Brisbane, 1978. *Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils; proceedings*, edited by C.S. Andrew and E.J. Kamprath. Brisbane, CSIRO, 1978. p.295-309.

ANDREW, C.S. & NORRIS, D.O. Comparative responses to calcium of five tropical and four temperate pasture legume species. *Australian Journal of Agricultural Research*, East Melbourne, 12: 40-55, 1961.

ANDREW, C.S.; JOHNSON, A.D.; SANDLAND, R.L. Effect of aluminium on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. *Australian Journal of Agricultural Research*, East Melbourne, 24: 325-39, 1973.

BATAGLIA, O.C. & RAIJ, B. van. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 13: 205-12, 1989.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. *Métodos de análise química em plantas*. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 48p.

- BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; CORNELIUS, P.L. Influence of No-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. *Agronomy Journal*, Madison, 69: 383-6, May/June 1977.
- BRENES, E. & PEARSON, R.W. Root responses to three gramineae species to soil acidity in an Oxisol and an Ultisol. *Soil Science*, Baltimore, 116(4): 295-302, 1973.
- BURSTRÖM, H.G. Calcium and plant growth. *Biological Review*, Prague, 43: 287-316, 1968.
- CAMARGO, O.A. de; RAIJ, B. van; VALADARES, J.M.A.S. Avaliação da capacidade de troca de cátions em solos utilizando o método do tampão SMP. *Bragantia*, Campinas, 41: 119-23, jun. 1982.
- CAMARGO, O. A. de; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, IAC, 1986. 94p. (IAC. Boletim Técnico, 106).
- CARRIEL, J.M.; MONTEIRO, F.A.; PAULINO, W.T.; SARTINI, H.J. Limitações nutricionais ao desenvolvimento da soja-perene, em pastagem consorciada com capim jaraguá. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, 40(2): 241-50, jul./dez. 1983.
- CARVALHO, M.M. de; EDWARDS, D.G.; ANDREW, C.S.; ASHER, C.J. Aluminium toxicity, nodulation and growth of *Stylosanthes* species. *Agronomy Journal*, Madison, 73: 261-5, Mar./Apr. 1981.

CARVALHO, M.M. de; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J.; ANDREW, C.S.
Effects of aluminium on nodulation of two *Stylosanthes* species grown in nutrient solution. *Plant and Soil*, Dordrecht, 64: 141-52, 1982.

CARVALHO, M.M. de; FRANÇA, G.E. de; BAHIA FILHO, A.F.C.; MOZZER, O.L. Ensaio exploratório de fertilização de seis leguminosas tropicais em um Latossolo Vermelho-Escuro, Fase Mata. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Ser. Agronomia, Brasília, 6: 285-90, 1971.

CARVALHO, M.M.; SARAIVA, O.F.; OLIVEIRA, F.T.T.; MARTINS, C.E. Respostas de leguminosas forrageiras tropicais à calagem e ao fósforo, em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 12: 153-9, 1988.

CATANI, R.A. & GALLO, J.R. Avaliação da exigência em cálcio dos solos do Estado de São Paulo, mediante correlação entre pH e a porcentagem de saturação em bases. *Revista da Agricultura*, Piracicaba, 30(1/3): 49-60, 1955.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Sistemas de producción de ganado de carne. In: _____. *Informe anual - 1975*. Cali, 1975. p. A1-A67.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Fertilidad del suelo y nutrición de las plantas. In: _____. *Informe anual - 1979*; programa de pastos tropicales. Cali, 1980. p.63-179.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Fertilidad del suelo y nutrición de las plantas. In: _____. *Informe Anual - 1980*; programa de pastos tropicales. Cali, 1981. p.57-68.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Fertilidad del suelos y nutrición de plantas. In: _____. Informe anual - 1981; programa de pastos tropicales. Cali, 1982a. p.171-94.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Programa de pastos tropicales. In: _____. Informe - 1982. Cali, 1982b. p.67-93.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Establecimiento de pasturas (Cerrado). In: _____. Informe anual - 1982, programa de pastos tropicales. Cali, 1984. p.279-89.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Desarrollo de pastos en los cerrados. In: _____. Informe anual - 1988; pastos tropicales. Cali, 1989. p.13.113.10. (CIAT. Documento de Trabajo, 59).

CHEW, W.Y.; WILLIAMS, C.N.; ISMAIL, L.; RAMLI, K. Effects of liming and soil pH on guinea grass (*Panicum maximum*) in Malaysian tropical oligotrophic peat. *Experimental Agriculture*, Cambridge, 16: 263-7, 1980.

CLARKSON, D.T. Effect of aluminium on the uptake and metabolism of phosphorus by barley seedlings. *Plant Physiology*, Maryland, 41: 165-72, 1966.

CLARKSON, D.T. Metabolic aspects of aluminium toxicity and some possible mechanisms for resistance. In: SYMPOSIUM OF THE BRITISH ECOLOGICAL SOCIETY, 9., Sheffield, 1968. Ecological aspects of the mineral nutrition of plants, edited by I.H. Rorison and others. Oxford, Blackwell Scientific, 1969. p.381-97.

- COLOZZA, M.T. & WERNER, J.C. Aplicação de nutrientes em três leguminosas forrageiras cultivadas num solo da região do Vale do Ribeira. *Zootecnia*, Nova Odessa, 22 (4): 327-53, out./dez. 1984.
- COLOZZA, M.T.; SAVASTANO, S.A.L.; WERNER, J.C.; MONTEIRO, F. A. Efeitos da aplicação de gesso e calcário dolomítico em dois solos ácidos cultivados com soja-perene. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, 40 (1): 75-96, jan./jun. 1983.
- COUTO, W.; LEITE, G.G.; KORNELIUS, E. The residual effect of P and lime on the performance of four tropical grasses in a high P-fixing Oxissol. *Agronomy Journal*, Madison, 77: 539-42, July/Aug. 1985.
- DÖBEREINER, J. Manganese toxicity effects on nodulation and nitrogen fixation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.), in acid soils. *Plant and Soil*, Dordrecht, 24(1): 153-66, Feb. 1966.
- DÖBEREINER, J. & ARRUDA, N.B. de. Interrelações entre variedades e nutrição na nodulação e simbiose da soja (*Glycine max* (L.) Merril.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 2: 475-87, 1967.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa do Gado de Corte. Brachiaria brizantha cv. Marandu. Campo grande, 1985. 31p.
- FRANÇA, G.E. de & CARVALHO, M.M. de. Ensaio exploratório em fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 5: 147-53, 1970.

- FRANÇA, G.E. de; BAHIA FILHO, A.F.C.; CARVALHO, M.M. de. Influência do magnésio, micronutrientes e calagem no desenvolvimento e fixação simbiótica de nitrogênio na soja perene var. Tinaroo (*Glycine wightii*) em solo de cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Sér. Agronomia, Brasília, 8: 197-202, 1973.
- FRANCO, A.A. Micronutrient requirements of legume - *Rhizobium* symbiosis in the tropics. In: INTERNATIONAL LATIN AMERICAN SYMPOSIUM, 15.; CONFERENCE ON LIMITATIONS AND POTENTIALS FOR BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION IN THE TROPICS, Brasília, 1977. Proceedings, edited by J. Dobereiner and others. New York, Plenum Press, 1978. p.161-71. (Basic Life Sciences, 10).
- FREIRE, J.R.J. & VIDOR, C. Factores limitantes dos solos ácidos na simbiose de *Rhizobium* e as leguminosas. In: DOBEREINER, J.; EIRA, P.A. da; FRANCO, A.A.; CAMPELO, E.B., ed. As leguminosas na agricultura tropical. Itaguaí, Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Centro Sul, 1971. p.211-47.
- GALLO, J.R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.C.; MATTOS, H.B.; SARTINI, H.J.; FONSECA, M.P. Composição química inorgânica de forragem do Estado de São Paulo. Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, 31(1): 115-37, jan./jun. 1974.
- GOMIDE, J.A.; ZAGO, C.P.; RIBEIRO, A.C.; BRAGA, J.M.; MARTINS, O. Calagem, fontes e níveis de fósforo no estabelecimento e produção de capim colônia (*Panicum maximum* Jacq.) no cerrado. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, 15(2): 241-6, 1986.

- GONÇALVES, C. A. ; LEÔNIDAS, F. G. ; SALGADO, L. T. Níveis crescentes de calcário no rendimento do quicuiu da Amazônia (Brachiaria humidicola) em solos de Rondônia. Porto Velho, EMBRAPA/UEPAE, 1984. 8p. (EMBRAPA. UEPAE de Porto Velho. Comunicado Técnico, 32).
- GUTERRES, E. P. & GOMES, D. B. Efeitos do calcário e da adubação nitrogenada em *Panicum maximum* Jacq. cv. Gatton. Anuário Técnico do Instituto de Pesquisas Zootécnicas, Porto Alegre, 9: 285-301, dez. 1982.
- HAAG, P. H. Nutrição mineral de forrageiras no Brasil. Campinas, Fundação Cargill, 1984. 152p.
- HALLSWORTH, E. G. Nutritional factors affecting nodulation. In: _____, ed. Nutrition of the legumes. London, Butterworths, 1958. p.183-201.
- HELYAR, K. R. Effects of aluminium and manganese toxicities on legume growth. In: WORKSHOP ON MINERAL NUTRITION OF LEGUMES IN TROPICAL AND SUBTROPICAL SOILS, Brisbane, 1978. Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils; proceedings, edited by C. S. Andrew and E. J. Kamprath. Brisbane, CSIRO, 1978. p.207-31.
- HSU, P. H. Fixation of phosphate by aluminium and iron in acid soils. Soil Science, Baltimore, 99(6): 398-402, 1965.
- JARDIM, L. M. Efeitos do alumínio e do manganês sobre o desenvolvimento de quatro leguminosas forrageiras tropicais. Piracicaba, 1984. 101p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

- JONES, M.B. & FREITAS, L.M.M. de. Respostas de quatro leguminosas tropicais à fósforo, potássio e calcário num Latossolo Vermelho Amarelo de campo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 5: 91-9, 1970.
- JONES; M.B.; QUAGLIATO, J.; FREITAS L.M. de. Respostas de alfafa e algumas leguminosas tropicais à aplicação de nutrientes minerais, em três solos de campo cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 5: 209-14, 1970.
- KEHOE, J.K. & CURNOW, B. Root growth of subterranean clover on some acid sandy soils in Victoria. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, East Melbourne, 3: 11-6, 1963.
- LEAL, J.R. & VELLOSO, A.C. Adsorção de fosfato em Latossolos sob vegetação de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Ser. Agronomia, Brasília, 8: 81-8, 1973.
- LIMA, S.A.A. & MATTOS, H.B. de. Nutrição mineral em cinco estilosantes cultivados em um solo de cerrado paulista. II. teores de cálcio, fósforo, magnésio, potássio, cobre, ferro, zinco e manganês. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, 39(2): 93-105, jul./dez. 1982.
- LÖHNIS, M.S. Manganese toxicity in field and marked garden crops. *Plant and soil*, Dordrecht, 3: 193-222, 1951.
- LOPES, A.S. Solos sob "cerrado"; características, propriedades e manejo. 2.ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 162p.

- LUND, Z.F. The effect of calcium and its relation to several cations in soybean root growth. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 34: 456-9, 1970.
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola; nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Agronômica Ceres, 1976. 528p.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronomia Ceres, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola; adubos e adubação. 3.ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1981. 596p.
- MENDEZ, J. & KAMPRATH, E.J. Liming of Latosols and the effect of phosphorus response. Journal Soil Science Society of America, Madison, 42: 86-8, 1978.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. 4.ed. Bern, International Potash Institute, 1987. 687p.
- MONTEIRO, F.A.; MALAVOLTA, E.; WERNER, J.C. Efeitos da aplicação de micronutrientes e de níveis de calagem em leguminosas forrageiras. 1. Soja-perene Tinaroo e siratro cultivado em vasos. Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, 40(1): 97-126, jan./jun. 1983a.
- MONTEIRO, F.A.; MATTOS, H.B. de; CARRIEL, J.M. Peletização de sementes de leguminosas forrageiras. 1 - Efeitos de micronutrientes e fontes de fósforo e cálcio em siratro. Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, 37(1): 159-71, jan./jun. 1980.

- MONTEIRO, F.A.; COLOZZA, M.T.; WERNER, J.C.; OLIVEIRA, J.B. de. Limitações de fertilidade em solos de seis localidades paulistas para o cultivo da soja-perene. *Zootecnia*, Nova Odessa, 21(3): 181-212, jul./set. 1983b.
- MUNNS, D.N. Soil acidity and growth of a legume. I Interactions of lime with nitrogen and phosphate on growth of *Medicago sativa* and *Trifolium subterraneum* L. *Australian Journal of Agricultural Research*, East Melbourne, 16: 733-41, 1965a.
- MUNNS, D.N. Soil acidity and growth of a legume. II. Reactions of aluminium and phosphate in solution and effects of aluminium, phosphate, calcium and pH on *Medicago sativa* L. and *Trifolium subterraneum* L. in solution. *Australian Journal of Agricultural Research*, East Melbourne, 16: 743-55, 1965b.
- MUNNS, D.N. Nodulation of *Medicago sativa* in solution culture. V. Calcium and pH requirements during infection. *Plant and Soil*, Dordrecht, 32: 90-102, 1970.
- MUNNS, D.N. Soil acidity and nodulation. In: WORKSHOP ON MINERAL NUTRITION OF LEGUMES IN TROPICAL AND SUBTROPICAL SOILS, Brisbane, 1978. Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils; proceedings, edited by C.S. Andrews and E.J. Kamprath. Brisbane, CSIRO, 1978. p.247-62.
- MUNNS, D.N. & FOX, R.L. Depression of legume growth by liming. *Plant and soil*, Dordrecht, 45: 701-5, 1976.

- MUNNS, D.N. & FOX, R.L. Comparative lime requirements of tropical and temperate legumes. *Plant and Soil*, Dordrecht, 46: 533-48, 1977.
- MUNNS, D.N.; FOX, R.L.; KOCH, B.L. Influence of lime on nitrogen fixation by tropical and temperate legumes. *Plant and Soil*, Dordrecht, 46: 591-601, 1977.
- NAIDU, R.; TILLMAN, R.W.; SYERS, J.K.; KIRKMAN, J.H. Lime aluminium-phosphorus interactions and the growth of *Leucaena leucocephala*. I. Plant growth studies. *Plant and Soil*, Dordrecht, 126: 1-8, 1990.
- NORRIS, D.O. The role of calcium and magnesium in the nutrition of *Rhizobium*. *Australian Journal of Agricultural Research*, East Melbourne, 16: 651-98, 1965.
- PEREIRA, J.P. Adubação de capins do gênero *Brachiaria*. In: ENCONTRO SOBRE CAPINS DO GÊNERO BRACHIÁRIA, Nova Odessa, 1986. Anais, editado por J.P. Pedreira e N.F. Meirelles. Nova Odessa, Instituto de Zootecnia, 1987. p.117-95.
- PHILPOTTS, H. The effect of lime and *Rhizobium* strain on the nodulation of *Glycine wightii* and *Macroptilium atropurpureum* on acid soils. *Tropical Grasslands*, St. Lucia, 9(1): 37-43, 1975.
- PROBERT, M.E.; WINTER, W.H.; JONES, R.K. Plant nutrition studies on some yellow and red earth soils in northern Cape York Peninsula. 3. Effects of liming and placement on responses to applied phosphorus. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, East Melbourne, 19: 583-9, 1979.

- QUAGGIO, J.A. Critérios para calagem em solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1983. 76p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. 2.ed. Piracicaba, Instituto da Potassa, 1983. 142p.
- RAIJ, B. van, CANTARELLA, H.; ZULLO, M.A.T. O método tampão SMP para determinação da necessidade de calagem de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, 38 (7): 57-69, abr. 1979.
- RAIJ, B. van; SACCHETTO, M.T.D.; IGUE, T. Correlações entre pH e grau de saturação em bases nos solos com horizonte B textural e horizonte B latossólico. *Bragantia*, Campinas, 27(17): 193-200, jun. 1968.
- RAIJ, B. van; CAMARGO, A.P. de; CANTARELLA, H.; SILVA, N.M. da. Alumínio trocável e saturação em bases como critérios para recomendação de calagem. *Bragantia*, Campinas, 42(13):149-56. 1983.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. Análise química de solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.
- RAIJ, B. van; SILVA, N.M. da; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1985. 107p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

REES, W.J. & SIDRAK, G.H. Inter-relationships of aluminium and manganese toxicities towards plants. *Plant and Soil*, Dordrecht, 14(2): 101-17, 1961.

REEVE, N.G. & SUMNER, M.E. Effect of aluminium toxicity and phosphorus fixation on crop growth on Oxissols in Natal. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 34: 263-7, 1970.

ROBSON, A.D.; EDWARDS, D.G.; LONERAGAN, J.F. Calcium stimulation of phosphate absorption by annual legumes. *Australian Journal of Agricultural Research*, East Melbourne, 21: 601-12, 1970.

RUSCHEL, A.P. & EIRA, P.A. da. Fixação simbiótica do nitrogênio na soja (*Glycine max* (L.) Merrill): influência da adição de cálcio ao solo e molibdênio ao revestimento da semente. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 4: 103-7, 1969.

SANCHEZ, P.A. Suelos del tropico; características y manejo. San José, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1981. 634p.

SANTOS, H.L. dos; BRAGA, J.M.; RESENDE, M.; CHAVES, J.R.P. Efeito do zinco, boro, molibdênio, calagem na produção da soja-perene (*Glycine javanica* L.) cultivada em solos de cerrado, em condições de casa de vegetação. *Revista Ceres*, Viçosa, 27(150): 99-111, 1980.

- SANZONOWICZ, C. & VARGAS, A.A.T. Efeito do calcário e do potássio na produção e na composição química de *Stylosanthes guianensis* em um Latossolo Vermelho Escuro de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 4: 165-9, 1980.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba, Livroceres, 1974. 55p.
- SAVASTANO, S.A.A.L.; MATTOS, H.B. de; MONTEIRO, F.A. Nutrição mineral de cinco estilosantes cultivados em um solo de cerrado paulista. I. Produção de matéria seca, nitrogênio total e nodulação. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, 39(1): 43-54, jan./jun. 1982.
- SNYDER, G.H.; KRETSCHMER, J.R.; SARTAIN, J.B. Field responses of four tropical legumes to lime and super-phosphate. *Agronomy Journal*, Madison, 70: 269-73, Mar./Apr. 1978.
- SOUSA, D.M. de; MIRANDA, L.N. de; LOBATO, E.; CASTRO, L.H.R. de. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 13: 193-8, 1989.
- SOUSA, F.B. de; ANDRADE, R.P. de; THOMAS, D. Estilosantes cv. Bandeirante uma leguminosa forrageira para a região dos cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 18(3): 319-20, mar. 1983.

- SOUSA, L.F. da; CASTRO, A.F. de; VELLOSO, A.C.X.; FERNANDES, M.S. Calagem e adubação fosfatada em latossolos sob cerrado. II. Efeitos sobre a disponibilidade de fósforo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18., Salvador, 1981. Programa e resumos. Salvador, SBCS, 1981. p.94.
- SOUTO, S.M. & DÖBEREINER, J. Fixação de nitrogênio e estabelecimento de duas variedades de soja-perene (*Glycine javanica* L.) com três níveis de fósforo e de cálcio, em solo com toxidez de manganês. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 4: 59-66, 1969a.
- SOUTO, S.M. & DÖBEREINER, J. Toxidez de manganês em leguminosas forrageiras tropicais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 4: 129-38, 1969b.
- SPAIN, J. & ANDREW, C.S. Mineral characterization of species Six tropical grasses x four aluminium treatments in water culture. In: COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION. Tropical Crops and Pastures Division. Annual report - 1975 1976. St. Lucia, 1976. p.50.
- SPRENT, J.I. The biology of nitrogen-fixing organisms. London, Mc Graw-Hill, 1979. 196p.
- TISDALE, S.L.; BEATON, J.D.; NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers. 4.ed. New York, MacMillan, 1985. 754p.

- VARGAS, M.A.T. & DOBEREINER, J. Efeito dos níveis crescentes de calagem, manganês, magnésio e boro na simbiose e desenvolvimento vegetativo do *Stylosanthes guyanensis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Ser. Zootecnia, Brasília, 9: 21-8, 1974.
- VITTI, G.C. Acidez do solo, calagem e gessagem. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO, Ilha Solteira, 1987. Campinas. Fundação Cargill, 1987. cap. 10, p.303-48.
- WERNER, J.C. Adubação de pastagens. In: ENCONTRO DE ATUALIZAÇÃO EM PASTAGENS, 1. , Nova Odessa, 1974. São Paulo, Companhia Ind. Com. Bras. de Prod. Aliment., 1977. p.39-63.
- WERNER, J.C. Responses of two species of *Stylosanthes* Sw. to levels of lime, phosphorus, potassium and boron on three mineral soils. Gainesville, 1979. 205p. (PhD - University of Florida).
- WERNER, J.C. Adubação de pastagens. Nova Odessa. Instituto de Zootecnia, 1984. 49p. (Boletim Técnico, 18).
- WERNER, J.C. & HAAG, P.H. Estudos sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, 29(1): 191-245, 1972.
- WERNER, J.C. & MATTOS, H.B. de. Ensaio de fertilização com alguns micronutrientes em soja-perene *Glycine wightii*, Willd. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, 31(2): 313-24, jul./dez. 1974.

WERNER, J.C.; MONTEIRO, F.A.; CARRIEL, J.M. Efeitos da calagem em capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) estabelecido. Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, 36 (2): 247-53, jul./dez. 1979.

WERNER, J.C.; MONTEIRO, F.A.; MATTOS, H.B. de. Emprego de micronutrientes na forma de elementos traços fundidos (FTE) em leguminosas forrageiras tropicais. Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, 32(2): 347-61, jul./dez. 1975.

WERNER, J.C.; QUAGLIATO, J.L.; MARTINELLI, D. Ensaio de fertilização do colonião em solo da "Noroeste". Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, 24(único): 159-67, 1967.

WHITTINGTON, W.J. The role of boron in plant growth. II. The effect on growth of the radicle. Journal of Experimental Botany, Oxford, 10 (28): 93-103, Feb. 1959.

APÊNDICE

Apênd. 1 . Elevação no nível de saturação por bases (%) nos solos amostrados ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas.

Tratamento	1º corte					2º corte				
	Braquiária	Colônia	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colônia	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	6	8	7	9	9	5	4	8	5	13
B	14	15	18	18	18	13	12	17	11	18
C	24	26	31	31	31	21	19	30	17	24
D	41	41	44	44	42	30	30	41	35	34
Reg.Linear	*	*	(0,99)	*(0,99)	*(0,99)	*(0,99)	*(0,99)	*(0,99)	*	*(0,97)
Reg.Quadrática	*(0,99) ¹	*(1,00)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,98)	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo)

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r^2 para a equação.

Apênd. 2 . Variações no pH nos solos amostrados ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas.

Tratamento	1º corte					2º corte				
	Braquiária	Colônia	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colônia	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,9
B	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,1	3,9	4,0
C	4,4	4,4	4,5	4,5	4,4	4,3	4,2	4,4	4,1	4,2
D	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,5	4,5	4,7	4,4	4,5
Reg.Linear	*	*	*(0,98)	*(0,98)	*	*(0,96)	*(0,98)	*(1,00)	*(0,95)	*(0,95)
Reg.Quadrática	*(1,00)	*(1,00)	n.s.	n.s.	*(1,00)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo)

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r^2 para a equação.

Apênd. 3. Variações nos teores de H + Al (meq/100 cm³) nos solos amostrados ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas.

Tratamento	1º corte				2º corte					
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	5,7	5,4	5,4	5,4	5,8	4,8	5,7	5,8	5,8	5,8
B	4,7	4,7	4,5	4,5	4,7	4,6	5,1	4,5	5,1	4,7
C	3,5	3,8	3,6	3,5	3,5	3,9	4,3	3,5	4,5	4,0
D	2,6	3,0	2,7	2,8	3,0	3,4	3,7	2,9	3,4	3,4
Reg.Linear	*(0,99) ¹	*(0,99)	*(1,00)	*(0,99)	*(0,97)	*(0,96)	*(0,99)	*(0,97)	*(0,98)	*(0,97)
Reg.Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo)

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r² para a equação.

Apênd. 4. Variações nos teores de Al³⁺ (meq/100 cm³) nos solos amostrados ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas.

Tratamento	1º corte					2º corte				
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	0,86	0,78	0,89	0,68	0,81	0,81	0,94	0,80	0,94	0,98
B	0,60	0,49	0,54	0,49	0,44	0,62	0,72	0,54	0,76	0,64
C	0,26	0,41	0,26	0,22	0,29	0,38	0,43	0,23	0,51	0,43
D	0,02	0,14	0,08	0,06	0,16	0,23	0,23	0,08	0,24	0,26
Reg.Linear	*(0,99) ¹	*(0,96)	*(0,98)	*(0,99)	*(0,93)	*(0,99)	*(0,99)	*(0,98)	*(0,99)	*(0,97)
Reg.Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r² para a equação.

Apênd. 5. Variações nos teores de cálcio (meq/100cm³) nos solos amostrados ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas.

Tratamento	1º corte				2º corte					
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	0,26	0,32	0,18	0,18	0,26	0,16	0,14	0,15	0,13	0,27
B	0,54	0,55	0,51	0,50	0,55	0,50	0,48	0,39	0,32	0,42
C	0,76	0,91	0,83	0,80	0,84	0,75	0,74	0,70	0,46	0,69
D	1,21	1,37	1,17	1,12	1,22	1,07	1,14	1,05	0,93	0,99
Reg.Linear	*(0,97) ¹	*	*(0,99)	*(0,99)	*(0,99)	*(0,99)	*(0,99)	*(0,99)	*	*(0,98)
Reg.Quadrática	n.s.	*(0,99)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,97)	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r² para a equação.

Apênd. 6. Variações nos teores de magnésio (meq/100 cm³) nos solos amostrados ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas.

Tratamento	1º corte				2º corte					
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	0,08	0,10	0,07	0,07	0,08	0,05	0,05	0,06	0,05	0,11
B	0,22	0,25	0,26	0,29	0,28	0,16	0,13	0,19	0,21	0,18
C	0,32	0,39	0,56	0,52	0,55	0,24	0,24	0,43	0,41	0,39
D	0,55	0,72	0,74	0,81	0,82	0,39	0,41	0,61	0,77	0,56
Reg. Linear	*(0,97) ¹	*(0,95)	*(0,99)	*(0,99)	*(0,99)	*(0,98)	*(0,97)	*(0,98)	*(0,96)	*(0,96)
Reg. Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r² para a equação.

Apênd. 7. Variações na soma de bases (meq/100cm³) nos solos amostrados ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas.

Tratamento	1º corte				2º corte					
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6	0,3	0,3	0,5	0,3	0,9
B	0,8	0,8	1,0	1,0	1,1	0,7	0,7	0,9	0,6	1,0
C	1,1	1,3	1,6	1,6	1,6	1,0	1,0	1,5	1,0	1,3
D	1,8	2,1	2,1	2,2	1,5	1,5	1,6	2,0	1,8	1,8
Reg.Linear	*(0,96) ¹	*	*(0,99)	*(0,99)	*(0,99)	*(0,99)	*(0,98)	*(0,99)	*(0,94)	*(0,91)
Reg.Quadrática	n.s.	*(0,99)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r² para a equação.

Apênd. 8. Variações na CTC (meq/100cm³) dos solos amostrados ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas.

Tratamento	1º corte					2º corte				
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	6,1	5,9	5,8	5,9	6,4	5,1	6,0	6,3	6,1	6,7
B	5,5	5,5	5,5	5,5	5,8	5,3	5,8	5,4	5,7	5,7
C	4,6	5,1	5,2	5,1	5,1	4,9	5,3	5,0	5,5	5,3
D	4,4	5,1	4,8	5,0	5,2	4,9	5,3	4,9	5,2	5,2
Reg.Linear	*(0,95) ¹	*(0,89)	*(0,99)	*(0,94)	*(0,85)	n.s.	*(0,88)	*(0,86)	*(0,98)	*(0,85)
Reg.Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r² para a equação.

Apênd. 9. Variações nos teores da matéria orgânica (%) nos solos amostrados ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas.

Tratamento	1º corte				2º corte					
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	1,9	1,9	1,8	2,1	1,8	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9
B	1,8	1,9	2,1	1,9	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
C	1,8	1,9	1,9	1,9	1,7	1,8	2,0	1,8	1,5	2,0
D	1,8	2,0	1,7	1,9	2,0	2,0	2,0	1,8	1,7	1,9
Reg.Linear	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Reg.Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

Apênd. 10. Teor de cobre (ppm) nos solos amostrados ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas.

Tratamento	1º corte				2º corte					
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	0,36	0,20	0,45	0,61	0,53	0,20	0,11	1,02	1,02	0,69
B	0,28	0,11	0,45	0,86	0,86	0,28	0,45	0,86	0,86	0,69
C	0,45	0,36	0,45	0,69	0,86	0,69	0,61	1,10	1,02	0,86
D	0,20	0,53	0,78	0,94	0,94	0,69	0,61	1,10	0,86	0,86
Reg. Linear	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,85) ¹	*(0,82)	n.s.	n.s.	n.s.
Reg. Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo)

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r^2 para a equação.

Apênd. 11 . Teor de zinco (ppm) nos solos amostrados ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas.

Tratamento	1º corte				2º corte			
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma
A	0,65	0,75	0,75	1,58	1,08	0,85	0,90	1,78
B	0,39	0,42	0,53	1,25	0,95	0,73	0,90	0,86
C	0,48	0,60	0,86	1,30	1,40	0,85	1,11	1,41
D	0,62	0,53	1,56	1,20	1,28	1,14	1,16	1,80
Reg.Linear	n.s.	n.s.	*(0,64) ¹	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Reg.Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,77)

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r^2 para a equação.

Apênd. 12 . Extração de cálcio (mg/vaso) ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D. Média de 5 repetições.

Tratamento	1º corte				2º corte			
	Braquiária	Colonião	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colonião	Macrotiloma
A	12,57	12,95	22,59	45,36	30,48	22,89	27,61	20,80
B	19,23	23,22	25,91	49,86	38,33	34,11	49,96	29,27
C	22,82	29,27	30,64	53,25	56,94	45,30	58,40	31,99
D	22,97	29,33	31,94	44,64	50,17	53,47	62,71	33,41
Teste F	*	*	*	n.s.	*	*	*	*
C.V. (%)	9,38	7,54	10,24	12,33	11,75	7,08	14,74	10,70
Reg.Linear	*	*	*(0,96)	n.s.	*	*(0,99)	*	*
Reg.Quadrática	*(0,99) ¹	*(0,99)	n.s.	*(0,87)	*(0,83)	n.s.	*(0,99)	*(0,98)

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r^2 para a equação.

Apênd. 13. Extração de magnésio (mg/vaso) ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D. Média de 5 repetições.

Tratamento	1º corte				2º corte			
	Braquiária	Colônia	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colônia	Macrotiloma
A	18,84	16,25	8,77	12,61	10,06	16,52	20,12	7,88
B	64,38	50,87	14,55	18,09	23,68	66,62	64,22	15,70
C	88,76	47,89	19,52	21,54	34,18	106,17	102,62	17,82
D	74,77	87,20	22,65	21,78	36,73	135,98	132,38	20,65
Teste F	*	*	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)	22,78	9,87	12,42	14,72	14,22	5,25	18,32	11,10
Reg.Linear	*	*(0,87)	*(0,98)	*	*	*	*(0,99)	*
Reg.Quadrática	*(0,99) ¹	n.s.	n.s.	*(0,99)	*(0,99)	*(1,00)	n.s.	*(0,97)
								*(1,00)

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r^2 para a equação.Apênd. 14. Extração de cobre ($\mu\text{g}/\text{vaso}$) ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D. Média de 5 repetições.

Tratamento	1º corte				2º corte			
	Braquiária	Colônia	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colônia	Macrotiloma
A	45,96	18,39	12,71	18,78	27,46	47,76	48,10	33,47
B	12,75	21,31	10,69	11,83	14,57	46,63	51,16	34,24
C	24,95	66,51	12,53	17,02	21,64	43,29	57,04	34,66
D	17,58	17,82	16,76	14,18	15,20	45,34	56,99	36,33
Teste F	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	31,58	19,67	41,99	57,85	44,26	33,68	25,82	15,98
Reg.Linear	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Reg.Quadrática	*(0,67) ¹	*(0,45)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
								*(0,76)
								n.s.
								*(0,98)

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r^2 para a equação.

Apênd. 15. Extração de zinco ($\mu\text{g}/\text{vaso}$) ao 1º e 2º cortes em função dos tratamentos A, B, C e D. Média de 5 repetições.

Tratamento	1º corte					2º corte				
	Braquiária	Colônia	Macrotiloma	Estilosantes	Soja	Braquiária	Colônia	Macrotiloma	Estilosantes	Soja
A	201,11	138,62	117,95	164,34	86,82	359,32	336,53	214,25	606,51	86,49
B	210,92	160,04	52,82	104,68	92,66	337,96	382,62	194,15	499,60	177,93
C	192,21	162,84	58,89	72,19	77,63	317,82	296,13	149,75	339,56	183,10
D	162,16	150,81	44,90	61,36	74,28	241,93	277,66	109,66	196,40	177,56
Teste F	n.s.	n.s.	*	*	*	*	n.s.	*	*	*
C.V. (%)	14,62	8,92	18,29	10,84	11,75	13,00	19,42	15,16	12,52	13,00
Reg.Linear	*(0,69) ¹	n.s.	*	*	*(0,65)	*(0,88)	n.s.	*(0,97)	*(0,99)	*
Reg.Quadrática	n.s.	*(0,99)	*(0,87)	*(0,99)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,95)

Nível de significância = 5% (*=significativo; n.s. = não significativo).

¹ Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação r^2 para a equação.

Apênd. 16 . Equações de regressão obtidas para as variáveis do solo amostrado aos 20 dias de incubação.

Variável	Equação de Regressão	r^2 ¹
pH	$Y = 3,855 + 0,0185x$	0,99
Mg	$Y = -0,015 + 0,014x$	0,99
Soma de Bases	$Y = 0,24 + 0,034 x$	0,99
Al ³⁺	$Y = 1,07025 - 0,0271x + 0,0001875x^2$	0,99
V %	$Y = 6,65 + 0,715x$	0,99
H+Al	$Y = 4,14 - 0,031x$	0,99

¹ Coeficiente de determinação para a equação.

Apênd. 17 . Equações de Regressão obtidas para as variáveis de solo amostrado ao 1º corte para as espécies estudadas.

Variável	Espécie	Equação de Regressão	r^2 ¹
S. de Bases	Braquiária	$Y = 0,125 + 0,0225x$	0,96
	Colonião	$Y = 0,45875 + 0,0015x + 0,0003125x^2$	0,99
	Macrotiloma	$Y = 0,135 + 0,0285x$	0,99
	Estilosantes	$Y = 0,185 + 0,0285x$	0,99
	Soja-perene	$Y = 0,315 + 0,0265x$	0,99
CTC	Braquiária	$Y = 6,35 - 0,03x$	0,95
	Colonião	$Y = 5,96 - 0,014x$	0,89
	Macrotiloma	$Y = 5,985 - 0,0165x$	0,99
	Estilosantes	$Y = 5,995 - 0,0155x$	0,94
	Soja-perene	$Y = 6,485 - 0,0215x$	0,85
V%	Braquiária	$Y = 4,4375 + 0,125x + 0,005625x^2$	0,99
	Colonião	$Y = 6,00 + 0,15x + 0,005x^2$	1,00
	Macrotiloma	$Y = 0,20 + 0,62x$	0,99
	Estilosantes	$Y = 1,90 + 0,59x$	0,99
	Soja-perene	$Y = 2,60 + 0,56x$	0,99
Al ³⁺	Braquiária	$Y = 1,007 - 0,0143x$	0,99
	Colonião	$Y = 0,855 - 0,01x$	0,96
	Macrotiloma	$Y = 0,9845 - 0,01355x$	0,98
	Estilosantes	$Y = 0,7885 - 0,01065x$	0,99
	Soja-perene	$Y = 0,845 - 0,0105x$	0,93
Potássio	Soja-perene	$Y = 0,2545 - 0,00155x$	0,94
Cálcio	Braquiária	$Y = 0,0785 + 0,01535x$	0,97
	Colonião	$Y = 0,243625 + 0,00605 + 0,00014375x^2$	0,99
	Macrotiloma	$Y = 0,0145 + 0,01645x$	0,99
	Estilosantes	$Y = 0,026 + 0,0156x$	0,99
	Soja-perene	$Y = 0,0835 + 0,01585x$	0,99
Magnésio	Braquiária	$Y = -0,0095 + 0,00755x$	0,97
	Colonião	$Y = -0,035 + 0,01x$	0,95
	Macrotiloma	$Y = -0,0545 + 0,01155x$	0,99
	Estilosantes	$Y = -0,0675 + 0,01225x$	0,99
	Soja-perene	$Y = -0,0655 + 0,01245x$	0,99

continua

Apênd. 17. (continuação)

Variável	Espécie	Equação de Regressão	r^2 ¹
H + Al	Braquiária	$Y = 6,225 - 0,0525x$	0,99
	Colonião	$Y = 5,845 - 0,0405x$	0,99
	Macrotiloma	$Y = 5,85 - 0,045x$	1,00
	Estilosantes	$Y = 5,81 - 0,044x$	0,99
	Soja-perene	$Y = 6,17 - 0,048x$	0,97
Ferro	Braquiária	$Y = 46,1435 - 0,22765x$	0,98
	Colonião	$Y = 45,225501 - 0,20295x$	0,70
	Macrotiloma	$Y = 49,005 - 0,228x$	0,87
	Estilosantes	$Y = 55,473999 - 0,2781x$	0,97
	Soja-perene	$Y = 53,3765 - 0,21135x$	0,92
Zinco	Macrotiloma	$Y = 0,373 + 0,0138x$	0,64
Boro	Estilosantes	$Y = 0,6955 - 0,00445x$	0,96
	Soja-perene	$Y = 0,591 - 0,0039x$	0,99
pH	Braquiária	$Y = 3,8375 + 0,005x + 0,000125x^2$	1,00
	Colonião	$Y = 3,8375 + 0,005x + 0,000125x^2$	1,00
	Macrotiloma	$Y = 3,705 + 0,0155x$	0,98
	Estilosantes	$Y = 3,705 + 0,0155x$	0,98
	Soja-perene	$Y = 3,8375 + 0,005x + 0,000125x^2$	1,00

¹ Coeficiente de determinação para a equação

Apênd. 18. Equações de Regressão obtidas para as variáveis de solo amostrado ao 2º corte para as espécies estudadas.

Variável	Espécie	Equação de Regressão	r^2
S. de Bases	Braquiária	$Y = 0,095 + 0,0195x$	0,99
	Colonião	$Y = 0,06 + 0,021x$	0,98
	Macrotiloma	$Y = 0,205 + 0,0255x$	0,99
	Estilosantes	$Y = -0,055 + 0,0245x$	0,94
	Soja-perene	$Y = 0,650 + 0,015x$	0,91
CTC	Colonião	$Y = 6,12 - 0,013x$	0,88
	Macrotiloma	$Y = 6,32 - 0,023x$	0,86
	Estilosantes	$Y = 6,205 - 0,0145x$	0,98
	Soja-perene	$Y = 6,705 - 0,0245x$	0,85
V%	Braquiária	$Y = 0,65 + 0,415x$	0,99
	Colonião	$Y = -0,75 + 0,425x$	0,99
	Macrotiloma	$Y = 1,60 + 0,560x$	0,99
	Estilosantes	$Y = 6,05 - 0,120x + 0,0075x^2$	0,98
	Soja-perene	$Y = 8,45 + 0,345x$	0,97
Al^{3+}	Braquiária	$Y = 0,906 - 0,0099x$	0,99
	Colonião	$Y = 1,064 - 0,0121x$	0,99
	Macrotiloma	$Y = 0,9065 - 0,01235x$	0,98
	Estilosantes	$Y = 1,0825 - 0,01175x$	0,99
	Soja-perene	$Y = 1,0515 - 0,01185x$	0,97
Potássio	Soja perene	$Y = 0,51 - 0,0045x$	0,79
Cálcio	Braquiária	$Y = 0,024 + 0,0149x$	0,99
	Colonião	$Y = -0,027 + 0,0163x$	0,99
	Macrotiloma	$Y = -0,0295 + 0,01505x$	0,99
	Estilosantes	$Y = 0,1445 - 0,0013x + 0,000175$	0,97
	Soja-perene	$Y = 0,1065 + 0,01215x$	0,98
Magnésio	Braquiária	$Y = -0,01 + 0,0055x$	0,98
	Colonião	$Y = -0,0305 + 0,00595x$	0,97
	Macrotiloma	$Y = -0,0555 + 0,00945x$	0,98
	Estilosantes	$Y = -0,112 + 0,0118x$	0,96
	Soja-perene	$Y = -0,002 + 0,0078x$	0,96

continua

Apênd. 18 . (continuação)

Variável	Espécie	Equação de Regressão	r^2 ¹
H + Al	Braquiária	$Y = 5,155 - 0,0245x$	0,96
	Colonião	$Y = 6,06 - 0,034x$	0,99
	Macrotiloma	$Y = 6,115 - 0,0485x$	0,97
	Estilosantes	$Y = 6,26 - 0,039x$	0,98
	Soja-perene	$Y = 6,055 - 0,0395x$	0,97
Cobre	Braquiária	$Y = 0,089 + 0,0094x$	0,85
	Colonião	$Y = 0,113 + 0,0083x$	0,82
Ferro	Braquiária	$Y = 48,377 - 0,2288x$	0,84
	Macrotiloma	$Y = 56,848499 - 0,32815$	0,89
	Estilosantes	$Y = 72,731503 - 0,5243501$	0,78
	Soja-perene	$Y = 0,025502 - 0,33945$	0,98
Zinco	Macrotiloma	$Y = 6,241125 - 0,06245 + 0,00081875$	0,77
Boro	Soja-perene	$Y = 0,481 - 0,0024x$	0,95
pH	Braquiária	$Y = 3,755 + 0,0105x$	0,96
	Colonião	$Y = 3,665 + 0,0115x$	0,98
	Macrotiloma	$Y = 3,65 + 0,015x$	1,00
	Estilosantes	$Y = 3,65 + 0,010x$	0,95
	Soja-perene	$Y = 3,75 + 0,010x$	0,95

¹ Coeficiente de determinação para a equação

Apênd. 19 .Equações de Regressão obtidas para produção de MS ao 1º e 2º cortes, MS total e sistema radicular para as espécies estudadas.

Espécie	Variável	Equação de Regressão	r^2 ¹
Braquiária	MS-2º Corte	$Y = 14,87525 + 0,010006x - 0,0009025x^2$	0,88
	MS-Total	$Y = 20,8098 + 0,13553x - 0,00132x^2$	0,83
Colonião	MS-1º Corte	$Y = 5,7597 + 0,08812x - 0,000775x^2$	0,99
	MS-2º Corte	$Y = 13,735401 + 0,14894x - 0,00131x^2$	0,99
	MS-Total	$Y = 19,4951 + 0,23706x - 0,002085x^2$	1,00
Macrotiloma	MS-2º Corte	$Y = 4,32185 + 0,11246x - 0,0010025x^2$	0,98
	MS-Total	$Y = 10,878301 + 0,03073x$	0,63
Soja-perene	MS-1º Corte	$Y = 4,6006 + 0,03936x$	0,60
	MS-2º Corte	$Y = 0,104975 + 0,29201x - 0,00205375x^2$	0,99
	MS-Radicular	$Y = 1,5294 + 0,01804x$	0,93
	MS-Total	$Y = 3,949324 + 0,3863701 + 0,00274125x^2$	0,95
Estilosantes	MS-1º Corte	$Y = 3,8597 - 0,00913x$	0,65
	MS-2º Corte	$Y = 9,517874 + 0,23675x - 0,00285875x^2$	0,96
	MS-Total	$Y = 12,974701 + 0,256920x - 0,003225x^2$	0,96

¹ coeficiente de determinação para a equação

Apênd. 20 . Equações de Regressão obtidas para a composição mineral da braquiária brizantha.

Variável	Equação de Regressão	r^2 ¹
N-Raiz	$Y = 65,2275 - 0,00861x + 0,00010125x^2$	0,99
P-Raiz	$Y = 0,059675 - 0,00097x + 0,00001125x^2$	0,84
K-Raiz	$Y = 0,75615 - 0,01706x + 0,0001725x^2$	0,94
Ca-1º Corte	$Y = 0,14605 + 0,00608x - 0,0000425x^2$	0,99
Ca-2º Corte	$Y = 0,119 + 0,0027x$	0,99
Mg-1º Corte	$Y = -0,198325 + 0,05473x - 0,00049875x^2$	1,00
Mg-2º Corte	$Y = -0,04615 + 0,01616x - 0,0000625x^2$	0,99
Mg-Raiz	$Y = 0,0303 + 0,00233$	0,98
Fe-2º Corte	$Y = 49,635 - 0,944x + 0,01225x^2$	0,92
Cu-1º Corte	$Y = 9,5525 - 0,291x + 0,002875x^2$	0,74
Cu-Raiz	$Y = 4,5 - 0,03x$	0,76
Mn-1º Corte	$Y = 211,8025 - 2,561x + 0,010375x^2$	0,98
Mn-2º Corte	$Y = 170,21 - 2,734x + 0,0135x^2$	0,99
Mn-Raiz	$Y = 117,425 - 2,7x + 0,02075x^2$	0,99
Zn-1º Corte	$Y = 34,35 - 0,115x$	0,83
Zn-2º Corte	$Y = 24,28 - 0,142x$	0,99
Zn-Raiz	$Y = 75,42 - 1,018x + 0,007x^2$	0,98
B- 2º Corte	$Y = 9,03 + 0,073x$	0,69
B-Raiz	$Y = 80,04 - 1,466x + 0,013x^2$	0,96

¹ Coeficiente de determinação para a equação

Apênd. 21 . Equações de Regressão obtidas para composição mineral do colo
nião.

Variável	Equação de Regressão	r^2 ¹
N-1º Corte	$Y = 2,600175 - 0,03407x + 0,00037625x^2$	0,98
N-2º Corte	$Y = 1,488325 - 0,01153x + 0,00010875x^2$	0,96
N-Raiz	$Y = 0,993775 - 0,00531x + 0,00005625x^2$	0,92
P-1º Corte	$Y = 0,22285 - 0,00364x + 0,0000375x^2$	0,96
K-1º Corte	$Y = 2,1297 - 0,00473x$	0,65
K-2º Corte	$Y = 1,4384 - 0,00316x$	0,46
K-Raiz	$Y = 0,4546 - 0,00124x$	0,75
Ca-1º Corte	$Y = 0,129525 + 0,00759x - 0,00006125x^2$	0,99
Ca-2º Corte	$Y = 0,1812 + 0,00272x$	0,88
Ca-Raiz	$Y = 0,063 + 0,0008x$	0,99
Mg-1º Corte	$Y = 0,1654 + 0,01194x$	0,81
Mg-2º Corte	$Y = 0,0517 + 0,01017$	0,99
Mg-Raiz	$Y = 0,003675 + 0,00533x - 0,00002875x^2$	0,99
Fe-1º Corte	$Y = 69,915 - 1,746x + 0,02325x^2$	0,96
Cu-1º Corte	$Y = -0,7175 + 0,307x - 0,003625x^2$	0,40
Cu-Raiz	$Y = 18,675 - 0,67x + 0,00625x^2$	0,92
Mn-1º Corte	$Y = 187,5575 + 0,427x - 0,028375x^2$	0,90
Mn-2º Corte	$Y = 308,84 - 3,946x$	0,93
Mn-Raiz	$Y = 176,54 - 1,996x$	0,98
Zn-1º Corte	$Y = 21,54 - 0,046x$	0,93
Zn-2º Corte	$Y = 24,49 - 0,131x$	0,85
Zn-Raiz	$Y = 65,97 - 0,193x$	0,67

¹ Coeficiente de determinação para a equação

Apênd. 22 . Equações de Regressão obtidas para composição mineral da soja-perene.

Variável	Equação de Regressão	r ² ¹
N-2º Corte	$Y = 2,0114 + 0,00474x$	0,56
N-Raiz	$Y = 2,0011 - 0,002590x$	0,72
P-2º Corte	$Y = 0,1409 - 0,00061x$	0,85
P-Raiz	$Y = 0,1601 - 0,00109x$	0,94
K-1º Corte	$Y = 1,7981 - 0,00764x + 0,000085x^2$	0,98
K-2º Corte	$Y = 1,811175 + 0,01843x - 0,00018375x^2$	0,69
K-Raiz	$Y = 0,502275 + 0,3339x - 0,00038875x^2$	0,60
Ca-1º Corte	$Y = 0,549225 + 0,00801x - 0,00007625x^2$	0,90
Ca-2º Corte	$Y = 0,494925 - 0,00587x + 0,00010875x^2$	0,99
Ca-Raiz	$Y = 0,3045 + 0,00075x$	0,79
Mg-1º Corte	$Y = 0,101825 + 0,01277x - 0,00009625x^2$	0,87
Mg-2º Corte	$Y = 0,1235 + 0,0058x - 0,000045x^2$	0,95
Mg-Raiz	$Y = 0,0685 + 0,00575x$	0,98
S-1º Corte	$Y = 0,126875 - 0,00175x + 0,00002125x^2$	0,10
S-2º Corte	$Y = 0,339875 - 0,01065x + 0,00011125x^2$	0,94
S-Raiz	$Y = 0,0784 + 0,00874x - 0,00011x^2$	0,97
Fe-2º Corte	$Y = 76,04 - 0,326x$	0,90
Cu-1º Corte	$Y = 5,22 - 0,048x$	0,75
Cu-2º Corte	$Y = -4,58 + 1,272x - 0,016x^2$	0,98
Mn-1º Corte	$Y = 387,8575 - 11,913x + 0,097625x^2$	0,99
Mn-2º Corte	$Y = 301,82 - 9,758x + 0,085x^2$	0,99
Mn-Raiz	$Y = 184,135 - 3,654x + 0,01725x^2$	0,98
Zn-1º Corte	$Y = 19,63 - 0,137x$	0,69
Zn-2º Corte	$Y = 32,28 - 0,232x$	0,95
Zn-Raiz	$Y = 75,17 + 0,152x - 0,0105x^2$	0,93
B-2º Corte	$Y = 90,005 - 2,182x + 0,01975x^2$	0,97

¹ Coeficiente de determinação para a equação

Apênd. 23. Equações de Regressão obtidas para composição mineral do macrotiloma.

Variável	Equação de Regressão	r^2 ¹
N-1º Corte	$Y = 2,203875 - 0,01305x + 0,00018125x^2$	0,26
N-2º Corte	$Y = 2,3693 + 0,00343x$	0,97
P-1º Corte	$Y = 0,1039 + 0,00039x$	0,74
P-2º Corte	$Y = 0,1199 + 0,00039x$	0,57
K-1º Corte	$Y = 1,978175 - 0,02457x + 0,00025625x^2$	0,80
K-2º Corte	$Y = 2,0914 - 0,00606x$	0,99
K-Raiz	$Y = 0,6584 + 0,05844x - 0,00066x^2$	1,00
Ca-1º Corte	$Y = 0,3936 + 0,00316x$	0,85
Ca-2º Corte	$Y = 0,3865 + 0,00105x$	0,70
Ca-Raiz	$Y = 0,253575 + 0,00477x - 0,00003375x^2$	0,96
Mg-1º Corte	$Y = 0,091475 + 0,00741 - 0,00003875x^2$	0,96
Mg-2º Corte	$Y = 0,1145 + 0,0041x - 0,000025x^2$	0,90
Mg-Raiz	$Y = 0,008825 + 0,02297 - 0,00020625x^2$	0,98
S-1º Corte	$Y = 0,0416 + 0,00146x$	0,88
S-2º Corte	$Y = 0,1167 + 0,00107x$	0,83
S-Raiz	$Y = 0,166275 + 0,01209x - 0,00011875x^2$	0,99
Fe-2º Corte	$Y = 134,55 - 0,485x$	0,94
Cu-2º Corte	$Y = 6,09 - 0,021x$	0,63
Mn-1º Corte	$Y = 485,7625 - 12,045x + 0,080375x^2$	0,99
Mn-2º Corte	$Y = 577,195 - 14,468x + 0,09425x^3$	0,99
Mn-Raiz	$Y = 73,665 - 1,726x + 0,01375x^2$	0,94
Zn-1º Corte	$Y = 25,38 - 0,582x + 0,005x^2$	0,93
Zn-2º Corte	$Y = 42,65 - 0,415x$	0,97
Zn-Raiz	$Y = 113,18 - 0,732x$	0,92

¹ Coeficiente de determinação para a equação

Apênd. 24 . Equações de Regressão obtidas para composição mineral do estí-
losantes.

Variável	Equação de Regressão	r^2 ¹
N-1º Corte	$Y = 3,132575 - 0,01303x + 0,00020625x^2$	0,93
P-1º Corte	$Y = 0,1413 + 0,00083x$	0,94
P-2º Corte	$Y = 0,097125 - 0,00125x + 0,00001875x^2$	0,98
P-Raiz	$Y = 0,09455 - 0,00072x + 0,00001250x^2$	0,86
K-Raiz	$Y = 0,804875 - 0,00805x + 0,00013125x^2$	0,98
Ca-1º Corte	$Y = 1,2347 + 0,00377x$	0,78
Ca-2º Corte	$Y = 0,6671 + 0,00551x$	0,88
Ca-Raiz	$Y = 0,2085 + 0,0056x$	1,00
Mg-1º Corte	$Y = 0,2985 + 0,00595x$	0,99
Mg-2º Corte	$Y = 0,1353 + 0,00243x$	0,96
Mg-Raiz	$Y = 0,0167 + 0,01412x - 0,000095x^2$	0,96
S-1º Corte	$Y = -0,003125 + 0,00405x - 0,00002875x^2$	0,99
S-2º Corte	$Y = 0,1481 - 0,00344x + 0,000045x^2$	0,99
Fe-1º Corte	$Y = 59,21 + 0,251x$	0,70
Fe-Raiz	$Y = 2588,63 - 8,987x$	0,58
Cu-2º Corte	$Y = 7,69 - 0,081x$	0,69
Cu-Raiz	$Y = 6,7325 - 0,183x + 0,001875x^2$	0,94
Mn-1º Corte	$Y = 703,1075 - 23,873x + 0,205125x^2$	0,98
Mn-2º Corte	$Y = 521,4175 - 18,307x + 0,159625x^2$	0,97
Mn-Raiz	$Y = 97,3525 - 2,561x + 0,020875x^2$	0,99
Zn-1º Corte	$Y = 56,9775 - 1,271 + 0,010625x^2$	0,99
Zn-2º Corte	$Y = 62,845 - 1,068x + 0,00575x^2$	0,99
Zn-Raiz	$Y = 71,5 - 1,16x + 0,01x^2$	0,97
B-1º Corte	$Y = 37,12 + 0,372x$	0,78
B-2º Corte	$Y = 47,425 - 0,82x + 0,00775x^2$	0,97

1 Coeficiente de determinação para a equação

Apênd. 25 . Equações de Regressão obtidas para peso e número de nódulos para as espécies soja-perene e macrotiloma.

Espécie	Variável	Equação de Regressão	r^2 ¹
Soja	P.de nódulos	$Y = -0,043086 + 0,0184126x - 0,00015707x^2$	0,97
	nº nódulos	$Y = 17,16 + 6,246x$	0,97
Macrotiloma	P.de nódulos	$Y = 0,271808 + 0,0014568x$	0,85
	nº nódulos	$Y = 79,82 + 0,832x$	0,90

¹ Coeficiente de determinação para a equação

Apênd. 26 . Equações de Regressão obtidas para extração de minerais pela braquiária brizantha.

Variável	Equação de Regressão	r^2 ¹
K-1º Corte	$Y = 102,883165 + 2,4892183x - 0,02789312x^2$	0,89
Ca-1º Corte	$Y = 7,965945 + 0,499402x - 0,00406825x^2$	0,99
Mg-1º Corte	$Y = -17,668675 + 3,9370993x - 0,03720188x^2$	0,99
Cu-1º Corte	$Y = 57,662597 - 1,6566399x + 0,01615x^2$	0,67
Mn-1º Corte	$Y = 1269,474819 - 10,6631211x$	0,97
Zn-1º Corte	$Y = 218,716194 - 0,67778x$	0,69
K-2º Corte	$Y = 158,955695 + 2,6482141x - 0,02714386x^2$	0,99
Ca-2º Corte	$Y = 18,363289 + 0,514579x$	0,99
Mg-2º Corte	$Y = -12,20445 + 3,0041715x - 0,01268225x^2$	1,00
Fe-2º Corte	$Y = 763,956615 - 12,5353584x + 0,17761749x^2$	0,95
Mn-2º Corte	$Y = 2492,622954 - 25,0365229x$	0,98
Zn-2º Corte	$Y = 388,72139 - 1,8615597x$	0,88
B- 2º Corte	$Y = 142,618304 + 1,5375299x$	0,79

¹ Coeficiente de determinação para a equação

Apênd. 27 . Equações de Regressão obtidas para extração de minerais pelo colônio.

Variável	Equação de Regressão	r^2 ¹
P-1º Corte	$Y = 13,23017 - 0,106858x + 0,0013335x^2$	0,74
Ca-1º Corte	$Y = 5,646068 + 0,7861629x - 0,00637787x^2$	0,99
Mg-1º Corte	$Y = 8,580091 + 1,049449x$	0,87
Fe-1º Corte	$Y = 437,480004 - 9,1885178x + 0,14375748x^2$	0,97
Cu-1º Corte	$Y = -13,164848 + 2,7979398x - 0,0322575x^2$	0,45
Mn-1º Corte	$Y = 1145,631693 + 16,6464683x - 0,3404726x^2$	0,88
Zn-1º Corte	$Y = 122,219062 + 1,8689791x - 0,02090249x^2$	0,99
B-1º Corte	$Y = 106,333401 + 0,94954x$	0,94
K-2º Corte	$Y = 177,601852 + 3,1264677x - 0,03868138x^2$	0,68
Ca-2º Corte	$Y = 14,525685 + 1,4708659x - 0,01127725x^2$	0,99
Mg-2º Corte	$Y = 4,804048 + 1,875875x$	0,99
Fe-2º Corte	$Y = 588,898544 + 9,6836978x - 0,10116498x^2$	0,38
Mn-2º Corte	$Y = 4550,971758 - 39,4434395x - 0,24015771x^2$	0,89

¹ Coeficiente de determinação para a equação.

Apênd. 28 . Equações de Regressão obtidas para extração de minerais pela soja-perene.

Variável	Equação de Regressão	r^2 ¹
P-1º Corte	$Y = 4,067312 + 0,1191651 - 0,00087313$	0,72
K-1º Corte	$Y = 78,331636 + 0,6118129x$	0,61
Ca-1º Corte	$Y = 18,951247 + 1,0959002x - 0,0089105x^2$	0,83
Mg-1º Corte	$Y = 0,458498 + 1,0059402x - 0,006917x^2$	0,99
Fe-1º Corte	$Y = 215,715516 + 1,8543495x$	0,59
Mn-1º Corte	$Y = 1875,673448x - 53,4099333x + 0,42658994$	0,97
Zn-1º Corte	$Y = 93,381199x - 0,2632799x$	0,65
B-1º Corte	$Y = 304,467997 + 2,3896x$	0,70
P-2º Corte	$Y = 1,532919 + 0,269322x - 0,001953x^2$	0,99
K-2º Corte	$Y = -8,036544 + 6,9654784x - 0,05054076x^2$	0,99
Ca-2º Corte	$Y = 3,511322 + 0,859352x$	0,99
Mg-2º Corte	$Y = -3,489219 + 0,8991872x - 0,00546763x^2$	1,00
Fe-2º Corte	$Y = 23,868231 + 19,6171169x - 0,17117996x^2$	0,97
Cu-2º Corte	$Y = -95,428401 + 12,3884598x - 0,14346x^2$	0,98
Mn-2º Corte	$Y = 658,717904 - 5,1062101x$	0,90
Zn-2º Corte	$Y = 33,922382 + 6,2409496x - 0,06061375x$	0,95
B-2º Corte	$Y = 188,851406 + 2,3997402x$	0,96

¹ Coeficiente de determinação para a equação

Apênd. 29. Equações de Regressão obtidas para extração de minerais pelo macrotiloma.

Variável	Equação de Regressão	r^2 ¹
K-1º Corte	$Y = 113,860942 - 1,7719478x + 0,01885475x^2$	0,97
Ca-1º Corte	$Y = 21,216701 + 0,163980x$	0,96
Mg-1º Corte	$Y = 7,053871 + 0,233137x$	0,98
Mn-1º Corte	$Y = 2821,149508 - 76,9599351x + 0,56900995x^2$	0,99
Zn-1º Corte	$Y = 146,419955 - 3,6224802x + 0,0319625x^2$	0,87
P-2º Corte	$Y = 6,39991 + 0,067891x$	0,90
K-2º Corte	$Y = 91,049043 + 1,9443997x - 0,02182813x^2$	0,96
Ca-2º Corte	$Y = 15,91591 + 0,5552459x - 0,00440650x^2$	0,98
Mg-2º Corte	$Y = 3,99648 + 0,4518272x - 0,00311963x^2$	0,97
Mn-2º Corte	$Y = 2962,524362 - 58,1156431x + 0,26223138x^2$	0,97
Zn-2º Corte	$Y = 238,591606 - 1,7909401x$	0,97
B-2º Corte	$Y = 190,792506 + 0,9409498x$	0,77

¹ Coeficiente de determinação para a equação

Apênd. 30 . Equações de Regressão obtidas para extração de minerais para o
estilosantes.

Variável	Equação de Regressão	r^2 ¹
K-1º Corte	$Y = 101,560201 - 0,31002x$	0,84
Ca-1º Corte	$Y = 39,024697 + 0,661651x - 0,00819438x^2$	0,87
Mg-1º Corte	$Y = 8,71109 + 0,4167141x - 0,0032725x^2$	0,99
Mn-1º Corte	$Y = 2551,015459 - 85,9586811x + 0,73153751x^2$	0,98
Zn-1º Corte	$Y = 202,501515 - 4,1486093x + 0,03051874x^2$	0,99
B-1º Corte	$Y = 149,472693 + 0,7368701x$	0,71
P-2º Corte	$Y = 9,63783 + 0,037413x$	0,99
K-2º Corte	$Y = 103,379767 + 2,3800439x - 0,02603125x^2$	0,85
Ca-2º Corte	$Y = 65,081413 + 2,1407632x - 0,01708738x^2$	0,87
Mg-2º Corte	$Y = 8,211188 + 0,995695x - 0,00849487x^2$	0,99
Fe-2º Corte	$Y = 993,344274 + 36,0022808 - 0,441815x^2$	0,90
Cu-2º Corte	$Y = 100,327208 - 1,0525801x$	0,76
Mn-2º Corte	$Y = 5978,925905 - 200,1999578x + 1,69119613x^2$	0,97
Zn-2º Corte	$Y = 688,598114 - 6,9518903x$	0,99
B-2º Corte	$Y = 475,438982 - 2,0364998x$	0,95

¹ Coeficiente de determinação

Apênd. 31 . Equações de Regressão obtidas para quantidade total de nitrogênio (mg/vaso) para as espécies estudadas.

Espécie	Equação de regressão	r^2 ¹
Braquiária 2º Corte	$Y = 158,180884 + 0,1949903x$	0,65
Braquiária Q.t. acumulada ²	$Y = 307,352793 + 0,29848x$	0,46
Colonião 1º Corte	$Y = 153,876616 - 0,6039496x + 0,01132375x^2$	0,96
Colonião Q.t. acumulada ²	$Y = 348,861904 + 0,4080898x$	0,79
Macrotiloma 1º Corte	$Y = 127,094927 - 1,2785701x - 0,01644875x^2$	0,99
Macrotiloma 2º Corte	$Y = 102,394788 + 2,8640806x - 0,02295x^2$	0,98
Macrotiloma Q.t. acumulada	$Y = 236,641112 + 1,06541x$	0,96
Soja-perene 1º Corte	$Y = 94,590097 + 0,51681x$	0,74
Soja-perene 2º Corte	$Y = -3,336558 + 6,5300207x - 0,04320251x^2$	0,99
Soja Q.t. acumulada	$Y = 72,620932 + 8,4019301x - 0,06014125x^2$	0,99
Estilosantes 2º Corte	$Y = 208,252007 + 3,8865912x - 0,04449626x^2$	0,96
Estilosantes Q.t. acumulada	$Y = 316,007745 + 4,0470999x - 0,0485275x^2$	0,92

¹ Coeficiente de determinação para a equação de regressão

² Quantidade total de nitrogênio acumulada (somatória do 1º e 2º cortes)