

JOÃO FERRARI NETO

LIMITAÇÕES NUTRICIONAIS PARA O COLONIÃO (*Panicum maximum* Jacq) E BRAQUIÁRIA (*Brachiaria decumbens* Stapf) EM LATOSSOLO DA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DO PARANÁ

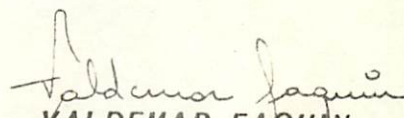
Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte dos exigências do curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do grau de MESTRE.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

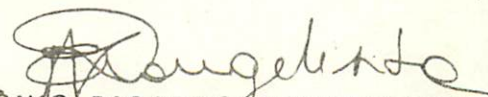
1991

LIMITAÇÕES NUTRICIONAIS PARA O COLONIÃO (*Panicum maximum* Jacq) E
BRAQUIÁRIA (*Brachiaria decumbens* Stapf) EM LATOSSOLO DA REGIÃO
NOROESTE DO ESTADO DO PARANÁ

APROVADA: 25 DE SETEMBRO DE 1991


VALDEMAR FAQUIN
- Orientador -


FABIANO RIBEIRO DO VALE


ANTÔNIO RICARDO EVANGELISTA

Aos meus pais

Cacilda e Odacyr (in memoriam)

e sobrinhos

Leonardo, Aline, Amanda e Larissa

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Cacilda e aos meus irmãos Sidnéa, José, Beatriz e Wagner, pelo apoio dado nesses anos de vida;

Ao Prof. Valdemar Faquin, pelo apoio, orientação e amizade, e aos professores Fabiano Ribeiro do Vale, Antônio Ricardo Evangelista pelas sugestões;

Aos professores, funcionários e colegas da ESAL com os quais convivi, e que de alguma maneira contribuíram para realização deste trabalho;

A Escola Superior de Agricultura de Lavras e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela oportunidade de aprendizado e pela bolsa de estudo;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo financiamento de parte das pesquisas;

Ao IAPAR, que por intermédio do Engº Agrº Sílvio C. Mella providenciou o transporte do material de solo de Paranavaí-PR até Lavras-MG.

A Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, pelo apoio fornecido para confecção desta dissertação.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Os nutrientes de plantas nos solos tropicais.....	3
2.2. Exigências minerais da mandioca.....	9
2.3. Fatores que afetam a composição mineral de gramíneas forrageiras e exigências minerais de colonião e braquiária.....	11
2.4. Resposta de gramíneas forrageiras e adubação.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1. Técnica do nutriente faltante	27
3.2. Clima, solo e espécie vegetal.....	28
3.3. Caracterização física e química do material de solo.	29
3.4. Delineamento experimental e tratamentos.....	30
3.5. Condução do experimento.....	31
3.6. Análise química da planta e eficiência de utilização de nutrientes.....	32
3.7. Análise estatística.....	33

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1. Análises químicas e físicas do perfil do solo.....	35
4.2. Crescimento e perfilhamento.....	37
4.3. Teores e quantidades acumuladas de nutrientes.....	53
4.3.1. Teor e acumulação de nitrogênio.....	54
4.3.2. Teor e acumulação de fósforo.....	57
4.3.3. Teor e acumulação de potássio.....	60
4.3.4. Teor e acumulação de cálcio.....	64
4.3.5. Teor e acumulação de magnésio.....	68
4.3.6. Teor e acumulação de enxofre.....	70
4.3.7. Teor e acumulação de micronutrientes.....	73
4.3.8. Seqüência da exigência nutricional e eficiência de utilização de N, P, K e S.....	86
5. CONCLUSÕES.....	90
6. RESUMO.....	91
7. SUMMARY.....	93
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95

LISTA DE QUADROS

QUADROS	PÁGINA
1 Distribuição geográfica dos fatores limitantes nos solos da América tropical (23 ^o lat. N - 23 ^o lat. S) e em regiões dominadas por solos ácidos e inférteis.....	4
2 Caracterização química e física do perfil do latossolo vermelho escuro, coletado na região de Paranavaí-PR....	36
3 Produção de matéria seca pela parte aérea (1 ^o e 2 ^o e 1 ^o + 2 ^o cortes), raiz e perfilhamento de colonião e braquiária.....	38
4 Teor e acumulação de nitrogênio na parte aérea e raiz de colonião e braquiária.....	55
5 Teor e acumulação de fósforo na parte aérea e raiz de colonião e braquiária.....	58

6	Teor e acumulação de potássio na parte aérea e raiz de colônia de braquiária.....	61
7	Teor e acumulação de cálcio na parte aérea e raiz de colônia e braquiária.....	66
8	Teor e acumulação de magnésio na parte aérea e raiz de colônia e braquiária.....	69
9	Teor e acumulação de enxofre na parte aérea e raiz de colônia e braquiária	72
10	Teor e acumulação de boro na parte aérea e raiz de colônia e braquiária.....	74
11	Teor e acumulação de cobre na parte aérea e raiz de colônia e braquiária.....	76
12	Teor e acumulação de ferro na parte aérea e raiz de colônia e braquiária.....	79
13	Teor e acumulação de manganês na parte aérea e raiz de colônia e braquiária.....	81
14	Teor e acumulação de zinco na parte aérea e raiz de colônia e braquiária	84

15	Eficiência de utilização de N, P, K e S pela parte aérea do colonião e braquiária no 1º e 2º cortes e total, e os respectivos índices de utilização.....	88
----	--	----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Produção de matéria seca pela parte aérea do colônio no 1º e 2º cortes e total (1º + 2º)....	39
2	Produção de matéria seca pela parte aérea da braquiária no 1º e 2º cortes e total (1º + 2º) .	40
3	Produção de matéria seca pela raiz da braquiária e colônio	41
4	Relação entre a matéria seca da parte aérea (1º corte) e raiz da braquiária e colônio	45
5	Produção relativa de matéria seca total pela parte aérea (1º + 2º cortes) da braquiária e colônio (completo = 100%)	51

6	Produção de matéria seca total pela parte aérea (1º + 2º cortes), da braquiária e colonião	52
---	---	----

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE

PÁGINA

- 1 Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros matéria seca da parte aérea no 1º, 2º e 1º + 2º cortes, da raiz e dos perfilhos do colômbio e braquiária 115

- 2 Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de N na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colômbio e braquiária 116

- 3 Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de P na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colômbio e braquiária 117

- 4 Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos

	parâmetros teor (T) e acumulação (A) de K na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária	118
5	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de Ca na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária	119
6	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de Mg na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária	120
7	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de S na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária	121
8	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de B na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária	122

- 9 Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de Cu na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária 123
- 10 Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de Fe na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária 124
- 11 Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de Mn na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária 125
- 12 Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de Zn na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária 126

1. INTRODUÇÃO

A região noroeste do Paraná é de grande importância na bovinocultura do Estado. Seus solos caracterizam-se pela baixa fertilidade natural, textura arenosa e alta susceptibilidade à erosão hídrica. Têm-se observado que a gradativa redução na capacidade de suporte das pastagens deve-se à redução da fertilidade do solo, causada pela erosão e manejo inadequado.

Na reforma da pastagem é comum entre os pecuaristas locais o plantio por um ano de culturas anuais, sobretudo o milho, cujo objetivo principal é gerar recursos para amortizar parte dos custos de implantação da nova pastagem, havendo ainda o aproveitamento do resíduo da adubação feita na cultura. No caso específico do milho grande parte dos nutrientes extraídos do solo são reciclados pela palhada, principalmente o potássio, cujo retorno ao solo é cerca de 80%, somado ao fato da grande quantidade de matéria orgânica adicionada ao solo, melhorando suas propriedades físicas e químicas.

O agravamento do problema tornou-se relevante com a expansão do cultivo da mandioca nas áreas de reforma da pastagem, estimulado pelo grande número de feculares que se instalaram na região. Devido a não adubação da mandioca, assumindo portanto

caráter predatório da fertilidade, algumas conseqüências foram notadas: pastagens mal estabelecidas; diminuição da produtividade e do valor nutricional da forragem; maior infestação por plantas invasoras e, conseqüentemente menor longevidade da pastagem. Embora seja adaptada a solos ácidos e pobres, a mandioca apresenta grande potencial de extração de nutrientes, sobretudo o potássio. Por outro lado a exportação de nutrientes é também muito intensa, pois a totalidade das raízes e grande parte das ramas são retiradas do local de cultivo. Desse modo a reposição de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes é apenas parcial. Outro aspecto negativo da cultura, está no lento crescimento inicial, retardando a cobertura do solo e conseqüentemente, acelerando as perdas de solo e água por erosão.

Assim, em um latossolo vermelho escuro, predominante na região, cultivado anteriormente com mandioca, foi conduzido junto ao Departamento de Ciência do Solo da ESAL, Lavras-MG, um experimento em vasos, utilizando-se a técnica do nutriente faltante com os objetivos de se avaliar as condições de fertilidade, e estudar o efeito de macro e micronutrientes na nutrição mineral, no crescimento e perfilhamento das forrageiras colonião e braquiária. Ressalta-se que estas espécies estão entre as mais difundidas nas pastagens da região, e que, mesmo apresentando exigências nutricionais diferenciadas ambas têm apresentado problemas quando da reimplantação da pastagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Os nutrientes de plantas nos solos tropicais

A distribuição geográfica dos fatores limitantes nos solos da América tropical foi levantada por SANCHES & SALINAS (1981), que pode ser vista no Quadro 1. Observa-se a presença de Al tóxico em mais de 50% da área total, e que as deficiências mais acentuadas nos solos da América tropical são as dos nutrientes N e P; sendo que no caso do fósforo 53% dos solos desta área apresentam alta fixação. Além destes, K, Ca, Mg, S e o Zn estão deficientes em cerca de 50% da área total.

As principais restrições físicas são a baixa retenção de água de muitos latossolos e a alta susceptibilidade a erosão e compactação de muitos podzólicos com textura arenosa na camada superficial.

Nitrogênio: o N é o nutriente que limita com maior frequência os rendimentos, tanto nos trópicos como em regiões temperadas.

A principal fonte de N para as plantas é comumente a matéria orgânica do solo. Inicialmente o N-orgânico é convertido,

QUADRO 1 - Distribuição geográfica dos fatores limitantes nos solos da América tropical (23° lat.N - 23° lat. S) e em regiões dominadas por solos ácidos inférteis.

Fator limitante	América tropical (1493 x 10 ⁶ ha)		Região de solos ácidos e inférteis (1043 x 10 ⁶ ha)	
	10 ⁶ ha	% área total	10 ⁶ ha	% área total
	Deficiência de N	1332	89	969
Deficiência de P	1217	82	1002	96
Deficiência de K	799	54	799	77
Alta fixação de P	788	53	672	64
Toxidez de Al	756	51	756	72
Deficiência de S	756	51	745	71
Deficiência de Zn	741	50	645	62
Deficiência de Ca	732	49	732	70
Deficiência de Mg	731	49	739	70
Stress de água (3 meses)	634	42	299	29
Baixa retenção de água	626	42	583	56
Baixa CTC efetiva	620	41	577	55
Alta suscepti- lidade a erosão	543	36	304	29
Deficiência de Cu	310	21	310	30
Acúmulo de água	306	20	123	12
Compactação (risco)	169	11	169	16
Laterização (risco)	126	8	81	8
Deficiência de Fe	96	6	?	?
Sulfatos Ácidos	2	0	2	0

Fonte: modificado de SANCHEZ & SALINAS (1981).

pelo processo da mineralização, em NH_4^+ e, posteriormente, pela nitrificação em NO_3^- que são as formas iônicas, comumente absorvidas pelas plantas.

A taxa de mineralização do N-orgânico do solo em pastagens já estabelecidas é menos de 1% ao ano para todo perfil, sendo um pouco mais alta na camada superficial do solo (Brockington, 1960; Norman, 1963; Lansbury et alii, 1965; citados por HENZELL, 1977). Segundo os autores a quantidade de nitrogênio disponível para as plantas advinda deste processo é geralmente menor que $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, e, freqüentemente, somente de 10 a 20 kg. Taxas de mineralização um pouco mais elevadas ocorrem por um curto período de tempo depois que os solos são perturbados por cultivo ou desmatamento, mas em pastagens essas taxas só persistem por poucos anos (HENZELL, 1977).

Outras formas de entrada de N no ecossistema de pastagem são NH_4^+ e NO_3^- da atmosfera; N através da fixação simbiótica (rizóbio x leguminosa) e assimbiótica; adição de fertilizantes sintéticos, excreções dos animais em pastejo (SPAIN & SALINAS, 1985). Por outro lado, as perdas são através da lixiviação; erosão; volatilização; queimadas e remoção na forma de leite ou carne.

Fósforo: após o N, o P é o nutriente mais limitante à produção em solos tropicais. O conteúdo de P neste solos é muito variável, mas de maneira geral é bem menor que nos solos temperados, havendo relação inversa entre o conteúdo de P e a intensidade de intemperismo ressaltando-se ainda que a fixação do íon fosfato nos solos tropicais é bastante intensa, pois estes

são ricos em óxidos de ferro e alumínio, principais responsáveis pela fixação (SANCHES, 1981).

Os compostos contendo P, não apresentam como os nitrogenados, formas inorgânicas que podem ser volatizadas e lixiviadas, traduzindo portanto maior estabilidade resultante da baixa solubilidade, que as vezes causa deficiência de P para as plantas (FASSBENDER, 1986). Ainda que as quantidades de P nos diferentes compartimentos podem variar de ano para ano, este elemento tende a existir em quantidades relativamente constantes em qualquer ecossistema por longos períodos (JONES & WOODMANSEE, 1979).

SPAIN & SALINAS (1985) comentam que em colheita de feno ou forragem verde, removem-se grandes quantidades de P, mas muito pouco é removido pelos produtos animais. KATZNELSON (1977) registrou perdas nos produtos animais de 1 a 10 Kg P.ha⁻¹.ano⁻¹, dependendo da produção da pastagem e da carga animal.

A omissão de P, em experimentos que utilizam a técnica do elemento faltante, representa a condição mais limitante ao crescimento de gramíneas forrageiras (McCLUNG et alii, 1958; WERNER et alii, 1967a; SERRÃO et alii, 1971; CIAT, 1986; PAULINO et alii, 1986 e CARRIEL et alii, 1989). Estas evidências corroboram com os resultados apresentados no Quadro 1.

Potássio: nos solos altamente intemperizados dos trópicos normalmente são ausentes os argilominerais expansíveis e tem muito pouco, quase nada, de minerais primários capazes de decomposição. O K trocável é, portanto, a única fonte importante de K no solo para as culturas (RITCHEY, 1982).

LOPES & COX (1977) analisaram 518 amostras de solo sob vegetação de cerrado do Brasil Central e verificaram que 85% das amostras apresentavam teor de K trocável inferior ao nível de 0,15 meq/100g, abaixo do qual as culturas apresentavam respostas a adição de fertilizante potássico.

A deficiência de potássio em solos tropicais é mais localizada que a de nitrogênio e fósforo, têm sido reportado menos resposta ao potássio em regiões tropicais que em temperadas. A deficiência ocorre mais comumente em solos lateríticos altamente lixiviados das partes úmidas dos trópicos e também em solos de coloração mais clara e arenosos das regiões mais secas (KALPAGÉ, 1976).

Cálcio e Magnésio: O Ca predomina entre as bases trocáveis no complexo sortivo do solo. O conteúdo de Ca e Mg trocável depende do material de origem e do grau de evolução dos solos. Através do intemperismo e da lixiviação de Ca e Mg estes nutrientes têm seu conteúdo reduzido nos solos tropicais (FASSBENDER, 1986).

Como enfatiza SANCHES (1981), ainda que o alumínio seja o principal responsável pelo baixo crescimento das plantas em solos ácidos, o Ca e o Mg influenciam diretamente no crescimento, sobretudo das raízes.

Assim, a correção da acidez visando sobretudo a eliminação do alumínio tóxico, supre também a deficiência destes solos em Ca e Mg, desde que o material utilizado para a finalidade contenha ambos os cátions.

Enxofre: KALPAGÉ (1976) cita que a deficiência de S nos

trópicos é mais comumente reportada a solos arenosos e em áreas muito lixiviadas. Geralmente os solos de regiões tropicais apresentam menores teores de S total e orgânico que os solos de regiões temperadas devido a maior mineralização e ao maior intemperismo que determinam maiores perdas (Blair, 1979 citado por BISSANI & TEDESCO, 1988).

Não se considerando os solos do semiárido onde, devido a drenagem insuficiente, acumulam-se grandes quantidades de sulfatos de potássio, magnésio e sódio, a matéria orgânica é o principal reservatório de enxofre para as culturas (MALAVOLTA, 1979). Assim, na maioria das pastagens, as plantas devem obter esse nutriente através da mineralização e das aplicações de fertilizantes (JONES et alii, 1971). Também a aquisição de enxofre presente na atmosfera, em pastagens próximas a áreas urbanas e industriais assume maior importância (Guedes, 1985 citado por BISSANI & TEDESCO, 1988).

O crescente uso de adubos concentrados (uréia, superfosfato triplo, fosfato de amônio), que não contém enxofre, em substituição ao sulfato de amônio e superfosfato simples, é outra causa do aparecimento de deficiência de S.

Micronutrientes: existe estreita relação entre o material de origem dos solos e seu conteúdo em micronutrientes, como verificado por vários autores que trabalharam com solos da região periodicamente úmida de São Paulo e da Zona da Mata de Pernambuco (LOPES, 1987). Assim, solos derivados de rochas ígneas básicas apresentam os teores mais elevados para cobalto, molibdênio, cobre, zinco e manganês, enquanto solos formados por

sedimentos arenosos apresentaram os menores níveis destes micronutrientes, a exceção para os níveis de molibdênio total em que solos oriundos de sedimentos recentes apresentam níveis mais elevados, quando comparados com outros materiais de origem. Também CURI (1983), trabalhando com solos do Brasil Central confirmou a importância do material de origem nos teores de micronutrientes totais para latossolos desta área.

As condições ácidas prevaescentes no trópico úmido conduzem a presença, em formas solúveis, de alguns micronutrientes, como o manganês, e menor disponibilidade de outros, como o molibdênio (KALPAGÉ, 1976).

2.2. Exigências minerais da mandioca

A mandioca, uma cultura tipicamente tropical, apesar de ser adaptada a condições de acidez e baixa fertilidade, é também altamente exigente em nutrientes, sobretudo quando se objetiva a obtenção de alta produtividade, como verificado por vários pesquisadores (Nijholt, 1935 citado por NORMANHA, 1951; Cours & Fritz, 1961, Hendershott et alii, 1972 e Correia, 1972, citados por LOPES & GUEDES, 1978; PAULA et alii, 1983; OELSLIGLE 1975).

Considerando a produtividade média da cultura da mandioca na região de Paranavaí-PR cerca de 20 t de raízes por ha (MELLA, S.C.*), e que há retirada de praticamente toda a fitomassa produzida do local de cultivo a exportação de nutrientes por ciclo é cerca de 133; 109; 53; 21; 21; 2,4; 0,9; 0,9; 0,3 e 0,1 kg.ha⁻¹ de K, N, Ca, P, Mg, Fe, Mn,

* - Engº Agrº IAPAR - Paranavaí - PR.

Zn, B e Cu, respectivamente, segundo ASHER et alii (1980).

Embora a mandioca retire grandes quantidades de potássio, têm-se verificado que mesmo em solos que apresentam baixo teor deste nutriente, as respostas em produção são pouco freqüentes no primeiro plantio, tendendo a ser significativa nos plantios subseqüentes (CIAT, 1982a).

Em solos ácidos e de baixa fertilidade, COCK (1985) constatou que a deficiência de fósforo tem sido responsável pela maior limitação na obtenção de altos rendimentos de raízes de mandioca, fato confirmado pelos dados de GOMES et alii (1981) que concluíram que a adubação fosfatada foi a que exerceu maior influência na produção de raízes, sendo constatado pequeno efeito do nitrogênio e do potássio.

Este comportamento, de maneira geral, leva o agricultor a não adubar a mandioca, o que é um fato na região de Paranavaí-PR, onde a mandioca, na maioria das vezes, é plantada por apenas um ciclo na reforma das pastagens. Assim, o seu cultivo assume caráter predatório da fertilidade, levando as conseqüências observadas com freqüência na formação de nova pastagem nesta região: pastagens mal estabelecidas, diminuição da produtividade e do valor nutricional da forragem, maior infestação por plantas daninhas e conseqüentemente, menor longevidade da pastagem.

Assim, considerando que a totalidade das raízes e grande parte das ramas são retiradas do local de cultivo, a cultura da mandioca torna-se grande exportadora de nutrientes, contribuindo para uma redução rápida da fertilidade do solo,

exigindo portanto, adubações balanceadas para as culturas subseqüentes.

2.3. Fatores que afetam a composição mineral de gramíneas forrageiras e exigências minerais de colômbio e braquiária

De acordo com GOMIDE (1976) a composição mineral das forrageiras varia conforme os seguintes fatores:

- **Idade da planta:** é um fator importante a afetar a composição química da planta. Assim é que os teores de N, P e K caem com o avanço da idade, atribuindo o fato a grande mobilidade destes nutrientes que translocam-se de órgãos mais velhos para os mais novos. Também a diluição destes nutrientes na matéria seca, a diminuição da capacidade da planta em absorver os nutrientes do solo e variação na relação caule/folha. Por outro lado nutrientes como Ca, Mg, Zn e Fe aumentam os teores com a idade devido serem relativamente imóveis, concentrando-se em órgãos velhos e no caule.

- **solo e adubação:** o teor mineral das forrageiras depende do tipo de solo e de sua fertilidade. A adubação é, em tese, uma prática capaz de aumentar o teor mineral destas plantas. Todavia, são freqüentes os casos em que esta prática não promove enriquecimento da sua composição mineral, e, as vezes, mostram resultados inversos, devido a: 1) quantidade insuficiente de fertilizantes aplicados; 2) diluição do nutriente no tecido, devido a resposta da planta em crescimento em função do adubo aplicado. Assim, o nutriente só se concentraria, quando aplicado

em quantidades que excedessem à capacidade da planta em aumentar a produção de matéria seca; e 3) ineficiência na absorção dos nutrientes em decorrência de sua aplicação após o corte, momento em que o sistema radicular entra em fase de regeneração. Por outro lado, a calagem alterando a reação do solo, freqüentemente afeta os teores de alguns micronutrientes na planta, por afetar a disponibilidade dos mesmos no solo.

- **Diferenças entre espécies e variedades:** para que sejam válidas as comparações entre os teores de nutrientes, é preciso que estas se refiram a plantas estudadas num mesmo experimento, a fim de se prevenir superposição de efeitos de outros fatores como tipo de solo, adubações e manejo. Todavia, em levantamento da composição mineral de pastagens de diferentes regiões do Brasil, SOUSA (1986) obteve na parte aérea, teores de P, K, Ca e Mg mais elevados em colômbia que braquiária. O autor argumenta que, normalmente, as pastagens de *B. decumbens* estão localizadas em áreas de solo fraco de cerrado, contribuindo para as baixas concentrações de nutrientes, sobretudo o P, o que pode induzir a severas deficiências minerais nos animais que dela se utilizam. Por outro lado as pastagens de *P. maximum* estão, geralmente, implantadas em solos de maior fertilidade, apresentando desta maneira alto valor nutritivo.

- **Estação do ano e sucessão de crescimentos:** fatores estacionais como luminosidade, temperatura e pluviosidade podem levar a variações na composição química das forrageiras durante o ano.

HAAG et alii (1967), em solução nutritiva, encontraram para o capim colômbia a seguinte ordem de extração de nutrientes:

K>N>Ca>Mg>P>S, que apresenta certa discordância daquela encontrada por WERNER & HAAG (1972): K>N>Ca>S>Mg>P. E mais recentemente CARRIEL et alii (1989) utilizando a diagnose por subtração num PV, em vasos, obtiveram para o tratamento completo a seqüência de exigência (total absorvido e acumulado na parte aérea em dois cortes): N>K>Mg>Ca>P, para colônia e braquiária. A maior absorção de Mg em relação ao Ca neste trabalho, talvez se explique pelo tipo de calcário empregado (dolomítico). Ressalta-se ainda que braquiária foi mais produtiva e acumulou maior quantidade dos nutrientes (N, P, K e Mg), enquanto colônia absorveu mais Ca. Pelo exposto, nota-se que não existe concordância, quanto a seqüência de exigência dos nutrientes, e que pode até certo ponto ser alterada dependendo das condições em que o trabalho foi conduzido.

2.4. Resposta de gramíneas forrageiras à adubação

A importância da adubação não deve se refletir apenas sobre o rendimento de forragem. É de se esperar que plantas bem nutridas mantenham sempre e por mais tempo uma cobertura adequada do solo, dificultando o aparecimento de plantas invasoras, e sejam mais resistentes a secas, geadas, pragas e doenças (PEREIRA, 1986). E de acordo com este pesquisador, as gramíneas forrageiras, de maneira geral, apresentam elevado potencial de resposta a adubação que é mais acentuada quanto maior for a exigência das gramíneas e à presença ou não de leguminosas em consórcio. Neste particular as braquiárias são bem adaptadas a

solos de baixa fertilidade enquanto que o colômbio exige solos mais férteis.

Nitrogênio: o elevado potencial de produção de matéria seca das forrageiras tropicais adubadas com N, permite desenvolver um sistema de exploração baseado no uso de elevada carga animal. Assim, a adubação nitrogenada possibilita crescimento mais rápido e maior produção de matéria seca, o que permite maior frequência de cortes e material de maior digestibilidade (Corsi, 1975, citado por CORSI, 1986).

MALAVOLTA et alii (1974) afirmam que o potencial de resposta dos capins tropicais ao N é da ordem de $1600 \text{ kg.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ embora a eficiência de utilização seja reduzida a partir de $300 \text{ kg.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$

Pesquisadores do CIAT (1978a) na Colômbia, mostraram resposta positiva em matéria seca, após 6 cortes à aplicação de até $400 \text{ kg.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ para a *B. decumbens* 606 enquanto *P. maximum* 604 alcançou patamar máximo em $200 \text{ kg.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$. Com os mesmos capins em experimento com doses de N (0; 50; 100; 200 e $400 \text{ kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$) durante três anos, pesquisadores do CIAT (1981) obtiveram confirmação quanto ao obtido no ano de 1978, mostrando também a queda de produção de matéria seca no 2º e 3º ano, que foi explicada pela grande retirada de K do solo pelas plantas em regime de cortes, já que observou-se queda acentuada nos teores de K no tecido com o aumento da dose de nitrogênio e com os cortes realizados. Além do aumento de produtividade verificou-se que a aplicação de N melhora sensivelmente a qualidade da forragem, pelo aumento do teor do elemento no tecido vegetal, e

conseqüentemente, no teor de proteína bruta.

No Brasil também tem sido verificado respostas de gramíneas forrageiras ao nitrogênio: COMASTRI FILHO (1977) em Capinópolis-MG estudou o efeito da adubação NPK sobre o capim elefante mineiro em ensaio de campo conduzido num LE distrófico de textura média. Empregando as doses de 0 e 100 kg N.ha⁻¹na forma de sulfato de amônio em quatro cortes, obteve aumento de matéria seca de 54 para 62,6 kg. ha⁻¹dia⁻¹, o teor de proteína bruta aumentou de 8,7 para 10,54%, o conteúdo de K reduziu de 2,26 para 1,85% e o de Ca aumentou de 0,21 para 0,25% nas plantas que receberam o N. Verificou-se ainda o efeito significativo da interação N x K sobre a produção de matéria seca, não havendo praticamente resposta ao N na ausência do K. A recuperação do N decresceu com a sequência dos cortes de 36,1% no primeiro para 6,4% no último corte.

MATTOS & WERNER (1979) em Nova Odessa SP, estudaram a resposta do capim colômbio por um período de três anos a nitrogênio nos níveis de 0; 75; 150 e 225 kg. ha⁻¹.ano⁻¹, sendo parcelado 1/3 no início das águas e 2/3 no final. Verificou-se aumentos no teor de proteína bruta e na produção de matéria seca com as doses aplicadas. Já SALLES & GONÇALVES (1982) em Bagé-RS obtiveram resposta quadrática para a produção de matéria seca em função das doses de N, em capim pangola durante quatro anos em campo. O nutriente foi aplicado na forma de uréia em três parcelamentos anuais nas doses de 0; 100; 200; 300 400 kg.ha⁻¹.ano⁻¹. O ponto de máxima eficiência técnica foi 333 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹, e os de máxima eficiência econômica foram de

249 e 157 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ para exploração leiteira e de carne, respectivamente.

Assim as evidências do grande potencial de resposta das gramíneas tropicais ao nitrogênio como enfatizado por SANCHES (1981) são freqüentes e abundantes, confirmando a importância deste na nutrição das gramíneas forrageiras.

Fósforo: na maioria dos solos utilizados com pastagem no país, a deficiência mineral mais acentuada e generalizada é a de P, mesmo naqueles de mediana fertilidade, razão pela qual são inúmeros os trabalhos estudando as respostas de gramíneas e leguminosas forrageiras a aplicação de P (PEREIRA, 1986).

Ao lado do N, o P é o nutriente mais importante para as pastagens, sobretudo nos períodos iniciais de vida da planta, quando é absorvido em grande quantidade, exercendo destacada influência no perfilhamento, crescimento das raízes e alongação dos caules (WERNER et alii, 1967a; WERNER et alii, 1967b). A falta deste nutriente determina no campo o aparecimento de espaços vazios, que são ocupados por espécies menos exigentes. Além de reduzir o desenvolvimento das plantas, a falta de P no solo reduz sua concentração na matéria seca, causando danos aos animais que dela se alimentam, como redução da fertilidade e do desenvolvimento dos animais jovens (MALAVOLTA et alii, 1974). A braquiária e o colônio têm mostrado respostas significativas na produção de matéria seca a aplicação de P.

Trabalhando com solos de pastagens degradadas, WERNER et alii (1967a) em casa de vegetação, no Estado de São Paulo, e ITALIANO et alii (1982), em campo, no Amazonas, e ambos

utilizando a técnica do elemento faltante, verificaram ser o P, o nutriente mais limitante a produção de matéria seca do capim colonião. Também em campo, e utilizando a mesma técnica, SERRÃO et alii (1971) num latossolo amarelo de baixa fertilidade dos arredores de Belém-PA, verificaram que o P foi o nutriente mais limitante a produção de matéria seca por *B. decumbens*, após oito cortes. Também com braquiária e mesma técnica em casade vegetação, com solo de baixa fertilidade, pesquisadores do CIAT (1986) mostraram o seguinte efeito na produção relativa de matéria seca (completo = 100%), em ordem de limitação: -P = 20%; -S = 40%; -N = 50%; -K = 67%; -Ca = 87% e -Mg = 104%.

Estudando níveis de P (0; 50; 100; 150; 200 e 250 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$) em latossolo amarelo, SERRÃO & SIMÃO NETO (1971) encontraram para um período de avaliação de quatro cortes, para a dose de 150 kg ha^{-1} , resposta de 93% da produção obtida com a maior dose.

Em Ji-Paraná-RO, GONÇALVES et alii (1982) conseguiram acréscimos substanciais de rendimento de forragem de *Brachiaria* sp Flórida e *B. decumbens* com a aplicação de apenas 50 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, as demais braquiárias tiveram acréscimos inferiores a 15% sob a mesma dose. A adição de P ao solo aumentou significativamente o teor do elemento no tecido vegetal, porém insuficiente para atender as exigências de bovinos em pastejo (0,18% P). Pesquisadores do CIAT (1982b) afirmam que gramíneas forrageiras tropicais, ainda que, recebendo elevadas doses de P não apresentam teores deste nutriente no tecido acima de 0,15%.

Trabalhando com doses de P (25; 50; 100 e 400 kg

P_2O_5 .ha⁻¹) em oxissolo na Colômbia Hammond et alii citados por FENSTER & LEÓN (1982), obtiveram para *Panicum maximum* maior linearidade de resposta em produção de matéria seca que para *Brachiaria decumbens*, que apresentou grande incremento com as menores doses, estabilizando nas maiores. No Brasil, MEIRELLES et alii (1988) estudando o efeito de doses de P (0; 25; 50; 75; 100; 200 e 400 kg.ha⁻¹ em capim colonião, em dois tipos de solos (PvD e LEa) verificaram incremento no perfilhamento, produção de matéria seca e nos teores de P nas diferentes partes da planta, com o aumento das doses.

MONTEIRO & WERNER (1977) estudaram os efeitos de N, P, K e S no capim colonião cultivado em vasos com solo do tipo LV variação Laras com doses de adubo correspondentes a 100; 55; 51 e 21 kg.ha⁻¹ de N; P_2O_5 ; K_2O e S, respectivamente, em experimento do tipo elemento faltante. No estabelecimento do capim, o P foi o elemento que isoladamente proporcionou maior resposta, aumentando quatro vezes a produção de matéria seca em relação a testemunha sem P (1,3 g.vaso⁻¹). Notável entretanto foi a resposta ao P e N conjuntamente, cuja produção foi de 14,2 g de matéria seca por vaso.

Assim, como consequência do baixo nível de P nos solos tropicais, agravado pelo fato das pastagens ficarem restritas aos solos mais pobres e com alta capacidade de fixação, as respostas de gramíneas forrageiras são bastante freqüentes, como verificado através dos dados apresentados.

Potássio: dos macronutrientes primários, o K têm sido o menos considerado, talvez por ser o nutriente, em grande parte,

reciclado através da urina e fezes dos animais em pastejo. Mas se o manejo dado for através da retirada da massa vegetal, para produção de feno ou silagem a necessidade de adubação potássica torna-se evidente (WERNER, 1986a).

Em pastagem consorciada de gramínea e leguminosa, o potássio assume fundamental importância pois para o estabelecimento efetivo do consórcio é necessário bom suprimento deste nutriente já que as leguminosas têm menor habilidade em absorvê-lo, implicando que teores baixos ou insuficientes no solo traria problemas na efetividade do consórcio, podendo haver supressão total da leguminosa (WERNER, 1986a; WERNER et alii, 1983; MONTEIRO et alii, 1980; VICENTE-CHANDLER et alii, 1962). Em pastagens exclusivas de gramíneas o problema é menos pronunciado, principalmente se o manejo empregado for o de pastejo. Porém, solos com teor baixo é necessário correção, ou quando o manejo é do tipo intensivo, onde são feitas adubações pesadas com N, é preciso supri-las com K para não haver limitação do efeito do N (Salette, 1980 citado por WERNER, 1986a; COMASTRI FILHO, 1977; CIAT, 1981). Assim respostas significativas das gramíneas forrageiras ao K são menos freqüentes que ao N e P, porém, é limitante quando se busca alto rendimento, sobretudo com o emprego de altas doses de N.

MONTEIRO et alii (1980) em campo num solo PV variação Laras de Nova Odessa-SP, concluíram que a adubação potássica proporcionou ao capim colônião, submetido a níveis de N, aumento na produção de matéria seca, na proteína total por área e no teor de potássio nos tecidos, e por outro lado redução no teor de

proteína do capim.

Em Viçosa-MG, trabalhando com capim gordura em três níveis de N, P, K, Ca e S num solo com $0,07 \text{ meq k.}100 \text{ g}^{-1}$ solo, GOMIDE (1966) verificou que o K proporcionou os maiores ganhos em matéria seca quando os demais nutrientes tiveram seus níveis aumentados.

Em Porto Rico, VICENTE-CHANDLER et alii (1962), estudando durante três anos, em ensaio de parcelas com capim colômbio, napier, pará e pangola em cortes sucessivos, verificaram que todos os capins, exceto o pangola, aumentaram fortemente a produção de matéria seca com doses de K até 450 kg.ha^{-1} , e mais gradualmente com aplicações maiores (1.790 Kg.ha^{-1}). No solo o conteúdo de K trocável manteve-se quando aplicou-se $800 \text{ kg.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ e decresceu na proporção de $65 \text{ kg.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ na ausência de K. Na planta, observou-se aumento progressivo do teor deste nutriente com a elevação das doses, sendo considerado adequado para obtenção de alta produção teores variando entre 1,5 a 2,0%.

SERRÃO & SIMÃO NETO (1971) na Amazônia, num LA de baixa fertilidade, recentemente desmatado, submeteram a *B. decumbens* a níveis crescentes de 0 a $250 \text{ kg K}_2\text{O.ha}^{-1}$, e alcançaram 80% da produção máxima, obtida na maior dose de K, aplicando-se $150 \text{ kg K}_2\text{O.ha}^{-1}$.

Enxofre: o S é componente dos aminoácidos essenciais metionina, cisteína e cistina, os quais encerram cerca de 90% do total de S da planta, bem como está ligado às vitaminas biotina e tiamina (Allaway & Thompson citados por VITTI & NOVAES, 1986).

Solos de constituição predominantemente arenosa, com baixo teor de matéria orgânica, sujeitos a uma estação chuvosa definida, submetidos a queimas periódicas como instrumento de manejo das pastagens e em áreas distantes de indústrias, é de se esperar que os teores de S situem-se aquém das necessidades dos vegetais e animais (VITTI & NOVAES, 1986). Portanto, respostas de forrageiras ao S são esperadas em solos com esta características, e naqueles onde há utilização intensiva de adubos concentrados em N, P, K e de calagem.

WERNER ^{et al.} (1967a), usando a técnica do elemento faltante em vasos, com solo de pastagem degradada, observou que o S foi após o P e o N, o nutriente que mais limitou a produção de matéria seca do capim colômbio. Utilizando a mesma técnica, pesquisadores da EMBRAPA (1981) obtiveram em 4 tipos de solos sob cerrado, em vasos, a seguinte limitação do enxofre ao crescimento de braquiária (completo = 100%): 21; 54; 57 e 74% respectivamente para LE fase cerrado, LE fase cerradão, AQ e LR. A resposta de **P. maximum** e **P. phaseoloides** de oito anos, a todos os nutrientes e à calagem, revelaram que o tratamento menos S apresentou produção relativa de 55% num LA textura muito argilosa da região de Paragominas-PA de pastagem em avançado estágio de degradação, e de 85% num LE textura média da região nordeste de Mato Grosso, em pastagem ainda com boa produtividade (SERRÃO et alii, 1982).

CASAGRANDE & SOUZA (1982) estudaram em três tipos de solos (AQ, LEa fase cerradão, LEd fase cerrado) a resposta de gramíneas forrageiras a 5 doses de S (0; 15; 30; 60 kg.ha⁻¹), e após três cortes observaram que de maneira geral

as forrageiras responderam significativamente até 30 kg S.ha⁻¹, concordando portanto com SANCHES (1981) que afirma que doses entre 10 e 40 kg S.ha⁻¹ são suficientes para prevenir deficiências do nutriente no solo.

Calagem e tolerância ao Al⁺⁺⁺: um dos fatores mais importantes na adaptação das espécies ao meio tropical úmido é sua tolerância ao Al⁺⁺⁺ (Acidez dos solos, com pH abaixo de 5,0). A tolerância à acidez não quer dizer que as plantas sejam imunes as deficiências de Ca e Mg, que quase sempre ocorrem em solos ácidos. Deste modo tais elementos são exigidos como nutrientes, sendo necessário, portanto aplicar pequenas quantidades de fertilizantes ou calcários. A não necessidade de calagem tem outra vantagem: níveis marginais de micronutrientes, que se encontram comumente em solos do trópico úmido, tornam-se mais limitantes após a calagem, sobretudo o zinco (SPAIN & SALINAS, 1985).

Pesquisadores do CIAT (1978b) na Colômbia trabalhando com solo ácido, aplicaram as doses 0; 0,5; 2 e 6 t calcário.ha⁻¹ para atingir valores de saturação de Al⁺⁺⁺ na camada superficial do solo de 90; 80; 50 e 10% respectivamente, e observaram que tanto *B. decumbens* quanto *P. maximum* não responderam a calagem, mostrando alto nível de tolerância ao Al⁺⁺⁺ e sugerindo serem pouco exigentes em Ca e Mg. Ainda na Colômbia, pesquisadores do CIAT (1981) mostraram que a resposta destas gramíneas à calagem está pois relacionada com o requerimento de Ca, e obtiveram as saturações críticas no solo de 72% de Al⁺⁺⁺ e 24% de Ca para *P. maximum* e de 74 e 77% de Al⁺⁺⁺ e 17 e 20% de Ca para duas

cultivares de *B. decumbens*. Tais resultados ajudam a explicar o efeito depressivo da calagem sobre a produção de matéria seca do capim colônia, obtido por WERNER et alii (1967a) em Nova Odessa-SP.

No Brasil, Siqueira et alii citados por PEREIRA (1986) trabalhando com LVda incubado com CaCO_3 para obtenção de valores m (% sat. Al) de 84; 50; 25 e 0%, constataram que houve necessidade apenas de $800 \text{ kg CaCO}_3 \cdot \text{ha}^{-1}$ para obtenção do rendimento máximo de matéria seca de *B. decumbens*. Ressaltando que nesta quantidade chega-se apenas a 50% de saturação em Al^{+++} , valor bastante alto para a maioria das plantas, confirmando pois a importância do cálcio como nutriente e a tolerância de *B. decumbens* a toxidez de Al^{+++} .

Especificamente quanto ao Mg, pesquisadores do CIAT (1983) obtiveram aumento significativo em crescimento com a aplicação de $10 \text{ kg Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ em pastagem em vias de degradação de *Brachiaria humidicola*, evidenciando novamente o efeito deste como nutriente e não como corretivo de acidez.

CARVALHO et alii (1984) apresentaram a seguinte seqüência de tolerância de gramíneas forrageiras ao Al^{+++} : Braquiária = Andropogon = Capim Gordura > Colônia = Jaraguá = Capim Elefante. Assim, verifica-se que as braquiárias são dentre as gramíneas forrageiras as mais tolerantes, enquanto o Colônia situa-se em posição intermediária.

Micronutrientes: embora no Brasil as deficiências de micronutrientes nas plantas forrageiras ainda não tenham assumido proporções generalizadas e limitantes a produção, não se pode

esquecer de sua importância na nutrição animal, muito embora nem todos os micronutrientes de interesse para a nutrição das plantas o sejam para a nutrição animal. Entre os micronutrientes, o boro, o cobre, o molibdênio e o zinco são os que tem sido alvo de maior atenção por parte dos pesquisadores brasileiros em seus estudos de nutrição de plantas forrageiras (MATTOS & COLOZZA, 1986). Estes autores consideram ainda que pastagens exclusivas de gramíneas somente apresentarão resultados significativos se forem supridas as necessidades com quantidades adequadas dos macronutrientes, principalmente o P no estabelecimento e o N para a manutenção da produtividade. Talvez um dos casos em que se deva incluir micronutrientes na adubação de gramíneas seja o do Zn na implantação de pastagens em solos sob cerrado do Brasil Central (WERNER, 1986b).

A experimentação sobre micronutrientes em capins tropicais é escassa em relação as leguminosas. Os resultados disponíveis sugerem um mínimo ou nenhum efeito na produção de matéria seca dos capins, com exceção de cultivos em solos de cerrado.

WERNER et alii (1967a) utilizando a técnica do elemento faltante, estudaram a aplicação conjunta dos micronutrientes B + Cu + Fe + Mo + Zn nas dosagens respectivas de 0,5; 0,2; 2,0; 0,25 e 2,0 kg.ha⁻¹ em solo oriundo de pastagem degradada de Andradina-SP, cujo pH H₂O original era de 5,8 e após calagem de 6,3. Não observaram efeito significativo destes na produção de matéria seca e no perfilhamento do capim colômbio. Utilizando a mesma técnica, porém, em campo, por período

aproximado de dois anos, SERRÃO et alii (1971), testaram omissão ou não de uma mistura de B, Cu, Zn e Mo e obtiveram reduções da ordem de 11,3; 11,0 e 2,1% na soma dos oito cortes realizados respectivamente, em *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria decumbens* e *Pennisetum purpureum*. O solo da área experimental era um LA, que tinha originalmente $\text{pH H}_2\text{O} = 4,5$ e após calagem, superior a 5,5.

Trabalhando com um LE-orto ($\text{pH H}_2\text{O}$ original = 5,3 e, após calagem, de 5,8), WERNER & MATTOS (1972) aplicaram conjuntamente B + Cu + Fe + Mo + Zn (0,5; 2,0; 2,0; 0,25 2,0 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em capim gordura e verificaram que a omissão desses nutrientes não provocou expressiva variação na produção de matéria seca e no perfilhamento desta gramínea. Constataram entretanto, a ocorrência de estrias cloróticas e coloração verde mais claro no tratamento com omissão dos micronutrientes. Já pesquisadores da EMBRAPA (1981) obtiveram redução no crescimento de braquiária quando omitiu-se um de cada vez ou conjuntamente os micronutrientes B, Cu, Mo e Zn em três latossolos dos cerrados. Para a AQ, além dos micronutrientes já citados, Fe e Mn estavam presentes no tratamento completo, e quando da omissão de cada um destes observou-se limitação ao crescimento desta forrageira.

NOVAES (1977) testou a aplicação dos micronutrientes B, Cu, Mn, Mo e Zn em um LV fase arenosa, com $\text{pH H}_2\text{O} = 4,9$ (antes da calagem de 1 t calcário. ha^{-1}), verificou que a omissão de Mn (16 kg de sulfato de manganês. ha^{-1}), ao conjunto de micronutrientes, resultou em acréscimo na produção de matéria seca do capim colônia da ordem de 32% por ocasião do 1º corte e

de 11% no 2º corte. Por outro lado, a omissão de B (9 kg de ác. bórico.ha⁻¹) no grupo dos cinco micronutrientes proporcionou redução de 5% ~~na produção~~ na produção de matéria seca no 2º corte. Também pesquisadores do CIAT (1985) após 4 anos de experimento em campo num solo ácido da Colômbia constatou tendência de redução da produção de matéria seca de 4 gramíneas forrageiras a aplicação de doses de Mn (0; 0,25; 0,50 e 1,00 kg Mn.ha⁻¹). Para os demais micronutrientes estudados (B, Cu e Zn), somente o Zn apresentou, na dose de 2,0 kg.ha⁻¹, efeito residual positivo no crescimento das gramíneas.

PAULINO (1990) em LVd estudou os efeitos da calagem (presença e ausência), níveis de P (20; 100 e 200 ppm), e dos micronutrientes B, Co, Cu, Mo e Zn (presença ou ausência do conjunto), em capim colômbio, e concluiu que esta forrageira teve o crescimento limitado após o 3º corte quando foram omitidos os micronutrientes. Isto sugere que com o manejo mais intensivo da pastagem, há tendência de redução na produção de matéria seca pelos micronutrientes.

Estes resultados experimentais evidenciam bem as respostas de algumas gramíneas forrageiras a micronutrientes em solos do Brasil.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras, utilizando solo da região de Paranaíba-PR, durante o período de agosto a dezembro de 1989, e empregando-se a técnica do nutriente faltante.

3.1. Técnica do nutriente faltante

A técnica do nutriente faltante tem se mostrado como uma maneira simples e segura para identificação de deficiências nutricionais. Envolve o crescimento de um ou mais tipos de plantas, que de preferência possuam exigências nutricionais diferenciadas e que seja de uso local (MALAVOLTA, 1980). Pode ser em campo (SERRÃO et alii, 1971), ou em casa de vegetação. (WERNER, 1967a).

Segundo SANCHES (1981), a técnica envolve o crescimento de uma planta indicadora sob condições de casa de vegetação ou de campo, testando-se um tratamento completo (com todos os nutrientes necessários em doses adequadas) e uma série de tratamentos nos quais é feita a omissão de um nutriente de cada vez. Normalmente, considera-se como deficiência severa,

quando a produção de matéria seca cai a 40% ou menos do tratamento completo (Kilian & Velly, citado por CHAMINADE, 1972). Segundo esses autores, experimentos em vasos com a técnica do nutriente faltante fornecem três tipos de informações: a) quais os nutrientes são deficientes; b) a importância relativa desta deficiência; c) a velocidade da diminuição da fertilidade do solo com cortes sucessivos, quando se usa uma forrageira como planta indicadora.

3.2. Clima, solo e espécie vegetal

O clima da região de Paranaíba-PR segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, cujas características são sub-tropical úmido, mesotérmico, verões quentes, geadas pouco freqüentes, com tendência a concentração das chuvas nos meses de verão e com média anual de 1200 a 1300 mm, sem estação seca. A temperatura média do mês mais quente é 22°C e do mês mais frio de 18°C (GODOY et alii, 1976).

O solo utilizado no presente estudo trata-se de um latossolo vermelho escuro, predominante na citada região, que apresenta, segundo IGUE et alii (1976), as seguintes características: profundo, derivado de arenito, horizontes A, B e C vermelho escuro, poroso, bem drenado, relevo suave ondulado - plano, baixa fertilidade, ácido, baixo Al⁺⁺⁺, baixa saturação de bases. Coletou-se quantidade suficiente de material de solo na camada superficial (0-30 cm), tomando-se o cuidado de remover a vegetação e restos culturais, e após secagem ao ar, foi

passado em peneira com malha de 5 mm. Por ocasião da coleta do material de solo procedeu-se a amostragem do perfil, sendo a amostra mais superficial coletada de 0-30 cm e as demais a cada 20 cm até atingir 110 cm de profundidade, para caracterização química e física do perfil através da análise de fertilidade, granulométrica e óxidos totais.

As espécies forrageiras utilizadas foram **Brachiaria decumbens** Stapf. cv australiana (braquiária) e **Panicum maximum** Jacq. (colonião) visto serem as mais utilizadas na região e apresentarem exigências nutricionais diferenciadas.

3.3. Caracterização física e química do material de solo

Foram tomadas sub amostras para as determinações físicas e químicas do material de solo de todas as camadas, seguindo-se o procedimento de secagem ao ar e tamizagem em malha de 2 mm. Realizou-se as seguintes análises físicas: granulometria, densidade de partículas e densidade do solo (amostra deformada) que foram determinadas no laboratório de física do solo da ESAL.

As determinações químicas foram pH H₂O; matéria orgânica; Ca + Mg, Ca e Al⁺⁺⁺ (extraídos pelo KCl 1N); P, K, Zn, Cu, Fe e Mn (extraídos pelo HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); N pelo método Kjeldahl; e óxidos totais (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, P₂O₅) pelo ataque sulfúrico, conforme VETTORI (1969) com modificações da EMBRAPA (1979). O enxofre (S-SO₄⁻) foi determinado de acordo com HOEFT et alii (1973) com modificações.

O boro foi extraído com água quente e determinado no extrato de acordo com o método da curcumina de Dible et alii (1954), descrito por JACKSON (1970).

3.4. Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com dez tratamentos, duas gramíneas forrageiras e quatro repetições. Os tratamentos foram: Testemunha (solo natural); Completo (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu e Zn); Completo + calagem; Completo-N; Completo-P; Completo-K; Completo-Ca; Completo-Mg; Completo-S; Completo-micronutrientes (B, Cu e Zn). Os tratamentos foram aplicados no dia 07/09/89. O cálculo da calagem para o tratamento completo + calagem se deu através do método da saturação de bases proposto por QUAGGIO (1983), elevando-se V_2 para 60%, empregando CaCO_3 e MgCO_3 p.a. na proporção Ca:Mg de 4:1. A aplicação da calagem ocorreu em 07/08/89 e mantendo-se em incubação por 30 dias com umidade adequada.

Foram utilizados vasos plásticos com capacidade para 3 litros (4,2 kg solo). As doses dos nutrientes de acordo com MALAVOLTA (1980) foram as seguintes: N-300ppm, sendo 1/3 no plantio, 1/3 aos 15 dias e 1/3 aos 30 dias após a emergência para o colônio e após o transplante para a braquiária; P-200ppm; K-150ppm; Ca-75ppm; Mg-15ppm; S-50ppm; B-0,5ppm; Cu-1,5ppm e Zn-5ppm todos aplicados no plantio e usando-se fontes p.a. Ressalta-se que as fontes utilizadas foram as que propiciaram menor participação possível de Na e Cl. Visando

facilitar à apresentação dos resultados, empregou-se a simbologia abaixo:

Tratamento	Símbolo
Testemunha (solo natural)	T
Completo (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Zn)	C
Completo + Calagem	C+CL
Completo - N	-N
Completo - P	-P
Completo - K	-K
Completo - Ca	-Ca
Completo - Mg	-Mg
Completo - S	-S
Completo - Micronutrientes (B, Cu, Zn)	-MICRO

3.5. Condução do Experimento

Para o colônio semeou-se cerca de 20 sementes puras e viáveis diretamente no vaso no dia 15/09/89. Já as sementes de braquiária foram imersas em ácido sulfúrico concentrado por 10 minutos para quebra de dormência, e após serem cuidadosamente lavadas foram colocadas em um germinador (areia lavada), e as plântulas resultantes foram transplantadas para o vaso em

15/09/89. Para ambas forrageiras foram mantidas 5 plantas por vaso.

A umidade dos vasos foi mantida a 60% do VTP (volume total de poros), de acordo com FREIRE et alii (1980), aferida através de pesagens diárias dos vasos, completando-se o peso com água desmineralizada.

Foram procedidos 2 cortes, sendo o 1º a 5cm do colo. Por ocasião deste corte o colônio estava com 40 dias após a emergência e a braquiária com 45. O último corte foi rente ao solo e 30 dias após o 1º corte para ambas espécies. Após último corte revolveu-se a terra dos vasos e o sistema radicular retirado foi lavado cuidadosamente em água corrente e posteriormente em água desmineralizada. O material vegetal (parte aérea de cada corte e raízes após o último corte), foi seco em estufa com circulação de ar, a 70°C até peso constante, realizando-se em seguida a pesagem da matéria seca. Após foram separadamente triturados em moinho tipo Willye, provido de peneira de aço inoxidável com 20 malhas por polegada (0,42 mm) e acondicionadas em frascos de vidro devidamente identificados para posteriores análises químicas.

3.6. Análise química da planta e eficiência de utilização de nutrientes

Os teores dos nutrientes na matéria seca da parte aérea de cada corte e das raízes após o último corte foram determinados como a seguir: N pelo método Kjeldhal; conforme

SARRUGE & HAAG (1974); P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn através da digestão nitroperclórica, e a determinação no extrato, como se segue: P - Colorimetria; K-Fotometria de chama; S-Turbidimetria; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn - espectrofotometria de absorção atômica (SARRUGE & HAAG, 1974), e o Boro de acordo com o método da curcumina de Dible et alii, conforme JACKSON (1970). A quantidade dos nutrientes acumulada nos tecidos da parte aérea e nas raízes, foi calculada com base no teor destes no tecido e na produção de matéria seca.

A eficiência de utilização (EU) dos nutrientes foi calculada de acordo com o modelo proposto por SIDDIQI & GLASS (1981), da seguinte forma:

$$EU = \frac{MS}{C} \text{ ou } EU = \frac{(MS)^2}{Q}$$

onde: MS = matéria seca (g)

C = concentração do nutriente (% ou ppm)

Q = quantidade do nutriente (mg)

E para comparação da eficiência de utilização de nutrientes entre braquiária (b) e colômbio (c), calculou-se o índice de utilização (I), que é definido pelo quociente:

$$I_{b,c} = \frac{EU_b}{EU_c} \text{ ou } I_{b,c} = \frac{MS_b}{MS_c} \cdot \frac{C_c}{C_b}$$

3.7. Análise estatística

Foram realizadas análises de variância dos parâmetros

analisados (matéria seca da parte aérea em cada corte e total; matéria seca das raízes; nº de perfilhos; teores dos nutrientes na parte aérea em cada corte e nas raízes; acumulação dos nutrientes nas raízes, na parte aérea em cada corte e total) , e a comparação das médias pelo teste de Tukey de acordo com GOMES (1985).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises químicas e físicas do perfil do solo

No Quadro 2, são mostrados os resultados das análises químicas e físicas do solo utilizado, confirmando as informações de IGUE et alii (1976), a respeito da sua baixa fertilidade e textura arenosa, o que o torna bastante susceptível a processos erosivos. A camada superficial (0-30 cm), utilizada no experimento, mostra-se bastante arenosa, com uma pequena tendência de aumento do teor de argila com a profundidade do perfil. A sua acidez é média, apresenta baixos teores de matéria orgânica, P, K, Ca e Mg, baixa saturação em bases e baixos teores de Al trocável, em acordo com resultados de MUZILLI et alii (1978). Com relação aos micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn), comparando-se os teores determinados na camada superficial (Quadro 2) com os apresentados por LOPES & CARVALHO (1988) como uma primeira aproximação, observa-se apenas o boro abaixo da faixa crítica, sendo que os demais apresentaram-se com teores bem acima da faixa crítica citada pelos autores. Ressalta-se que os extratores utilizados neste experimento (B - água quente e Cu, Fe, Mn e Zn - Mehlich 1), são os mesmos citados pelos referidos

QUADRO 2 - Caracterização química e física do perfil do latossolo vermelho escuro, coletado na região de Paranavaí-PR.

Parâmetros	Profundidade (cm)				
	0-30	30-50	50-70	70-90	90-110
pH H ₂ O	5,5	5,9	5,3	6,1	6,2
N total (%)	0,14	0,11	0,03	0,04	0,05
N-NH ₄ ⁺ (ppm)	20,0	26,6	20,0	23,3	30,0
N-NO ₃ ⁻ (ppm)	20,0	20,0	13,3	16,6	16,6
P (ppm)	5	3	2	2	1
K ⁺ (meq/100cc)	0,08	0,10	0,14	0,18	0,20
Ca ⁺⁺ (meq/100cc)	1,1	0,8	1,0	1,0	0,9
Mg ⁺⁺ (meq/100cc)	0,3	0,5	0,3	0,5	0,4
S-SO ₄ ⁻ (ppm)	7,1	7,8	9,4	8,6	10,2
Al ⁺⁺⁺ (meq/100cc)	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
(H + Al) (meq/100cc)	2,1	1,5	1,5	1,3	1,3
S (meq/100cc)	1,5	1,4	1,4	1,7	1,5
t (meq/100cc)	1,7	1,5	1,5	1,8	1,6
T (meq/100cc)	3,6	2,9	2,9	3,0	2,8
Matéria orgânica (%)	1,2	0,6	0,5	0,3	0,3
V (%)	41	48	49	56	40
m (%)	12	7	6	6	6
B (ppm)	0,30	0,26	0,30	0,18	0,18
Cu (ppm)	1,1	1,4	1,5	1,6	1,6
Fe (ppm)	60,3	93,2	79,2	78,9	69,2
Mn (ppm)	178	73,4	38,6	26,2	21,7
Zn (ppm)	2,5	0,5	0,4	0,4	0,3
SiO ₂ (%)	5,0	5,1	5,6	6,4	6,7
Al ₂ O ₃ (%)	5,1	5,1	6,9	6,9	7,1
Fe ₂ O ₃ (%)	1,7	1,7	1,9	1,9	2,3
TiO ₂ (%)	0,32	0,30	0,34	0,34	0,36
P ₂ O ₅ (%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Areia grossa (%)	8,0	8,0	8,0	7,0	8,0
Areia fina (%)	80,0	78,0	75,0	75,0	74,0
Silte (%)	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0
Argila (%)	10,0	12,0	15,0	15,0	15,0
dp (g/cm) ^{1/}	2,90	-	-	-	-
ds (g/cm) ^{2/}	1,45	-	-	-	-

1. Densidade de partículas.

2. Densidade do solo (amostra deformada).

INÍCIO

autores. Para o S, como comentado por ALVAREZ V. (1988), a falta de trabalhos de calibração não permite definir níveis críticos deste nutriente no solo, embora, como mostrado por este autor e ROCHA & MALAVOLTA (1988), as respostas em crescimento das plantas a sua aplicação, aumenta grandemente em teores de $S-SO_4^{--}$ menores que 15 ppm no solo, principalmente naqueles pobre em matéria orgânica. Os dados do Quadro 2 mostram, portanto, tendência de problemas com o enxofre. Ainda no mesmo quadro, observa-se pequenas alterações na fertilidade do solo com a profundidade no perfil.

4.2. Crescimento e perfilhamento das espécies

No Quadro 3, são mostrados os valores referentes ao perfilhamento e a produção de matéria seca pela parte aérea no 1º, 2º, 1º + 2º cortes e pela raiz de colonião e braquiária, cujas análises de variância são apresentadas no Apêndice 1. Para melhor visualização do comportamento das forrageiras em função dos tratamentos, os valores do Quadro 3 foram plotados em histogramas. Nas Figuras 1 e 2, tem-se matéria seca da parte aérea de colonião e braquiária, respectivamente, e na Figura 3, matéria seca da raiz para ambas as espécies.

Observa-se que o comportamento das espécies seguiu a mesma tendência em função dos tratamentos. A testemunha (solo natural) apresentou-se extremamente limitante. Na omissão de N, P, K e S, houve significativa redução na produção de matéria seca, tanto na parte aérea quanto na raiz. A calagem e a omissão

QUADRO 3 - Produção de matéria seca pela parte aérea (1ª e 2ª cortes e 1ª + 2ª cortes), raiz e perfilhamento de colônio e braquiária ^{1/}.

Tratamento	Colônio					Braquiária				
	Parte aérea			Raiz	Perfilhos por planta ^{2/}	Parte aérea			Raiz	Perfilhos por planta ^{2/}
	1ª corte	2ª corte	1ª + 2ª			1ª corte	2ª corte	1ª + 2ª		
	g/vaso			g/vaso						
T	1,9 d	1,9 c	3,8 e	1,0 b	0,0 c	2,0 d	2,6 d	4,6 d	1,4 b	1,2 d
C	34,3 a	9,7 a	44,0 a	10,2 a	3,3 a	41,1 a	11,7 b	52,8 a	9,4 a	9,6 a
C + GL	33,5 a	10,3 a	43,8 ab	9,4 a	3,6 a	39,5 a	14,0 a	53,5 a	7,7 a	9,5 a
-N	9,0 c	1,8 c	10,8 d	2,3 b	2,0 b	9,7 c	2,7 d	12,4 c	3,1 b	2,4 d
-P	3,6 d	6,6 b	10,2 d	2,4 b	0,1 c	5,2 d	8,7 c	13,9 c	2,2 b	1,7 d
-K	9,7 c	0,0 c ^{3/}	9,7 d	0,5 b	2,7 ab	15,5 b	4,7 d	20,2 b	0,8 b	6,4 b
-Ca	31,6 a	8,8 ab	40,4 b	9,5 a	3,4 a	40,6 a	11,3 b	51,9 a	8,6 a	9,7 a
-Mg	32,5 a	8,3 ab	40,8 b	7,6 a	3,3 a	41,0 a	10,7 bc	51,7 a	6,6 a	9,5 a
-S	15,8 b	2,0 c	17,8 c	2,5 b	2,9 ab	18,0 b	4,4 d	22,4 b	3,3 b	5,1 c
-Micro	34,8 a	9,9 a	44,7 a	9,2 a	3,5 a	41,0 a	11,9 ab	52,9 a	6,7 a	9,4 a
CV (%)	6,3	13,7	5,5	25,4	11,5	6,3	13,7	5,5	25,4	11,5

1. Na mesma coluna, médias seguidas por letras distintas diferem entre si (Tukey 5%).

2. Determinado no 1º corte.

3. Não houve rebrota.

MATÉRIA SECA P.A. (g/vaso)

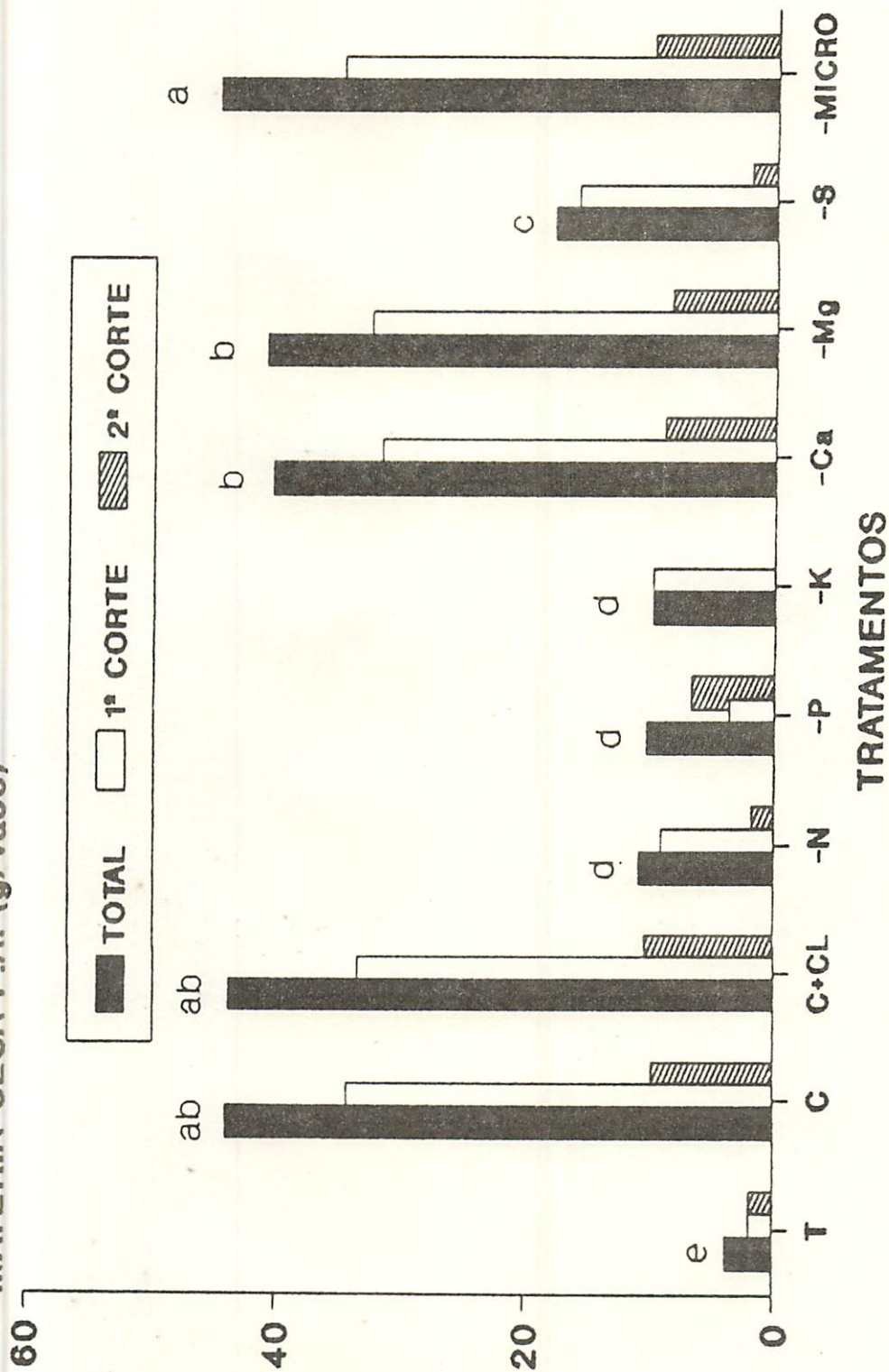


FIGURA 1. Produção de matéria seca pela parte aérea do colônio no 1º e 2º cortes e total (1º + 2º).

Para o total, colunas com as mesmas letras, não diferem entre si (Tukey 5%).

MATÉRIA SECA P.A. (g/vaso)

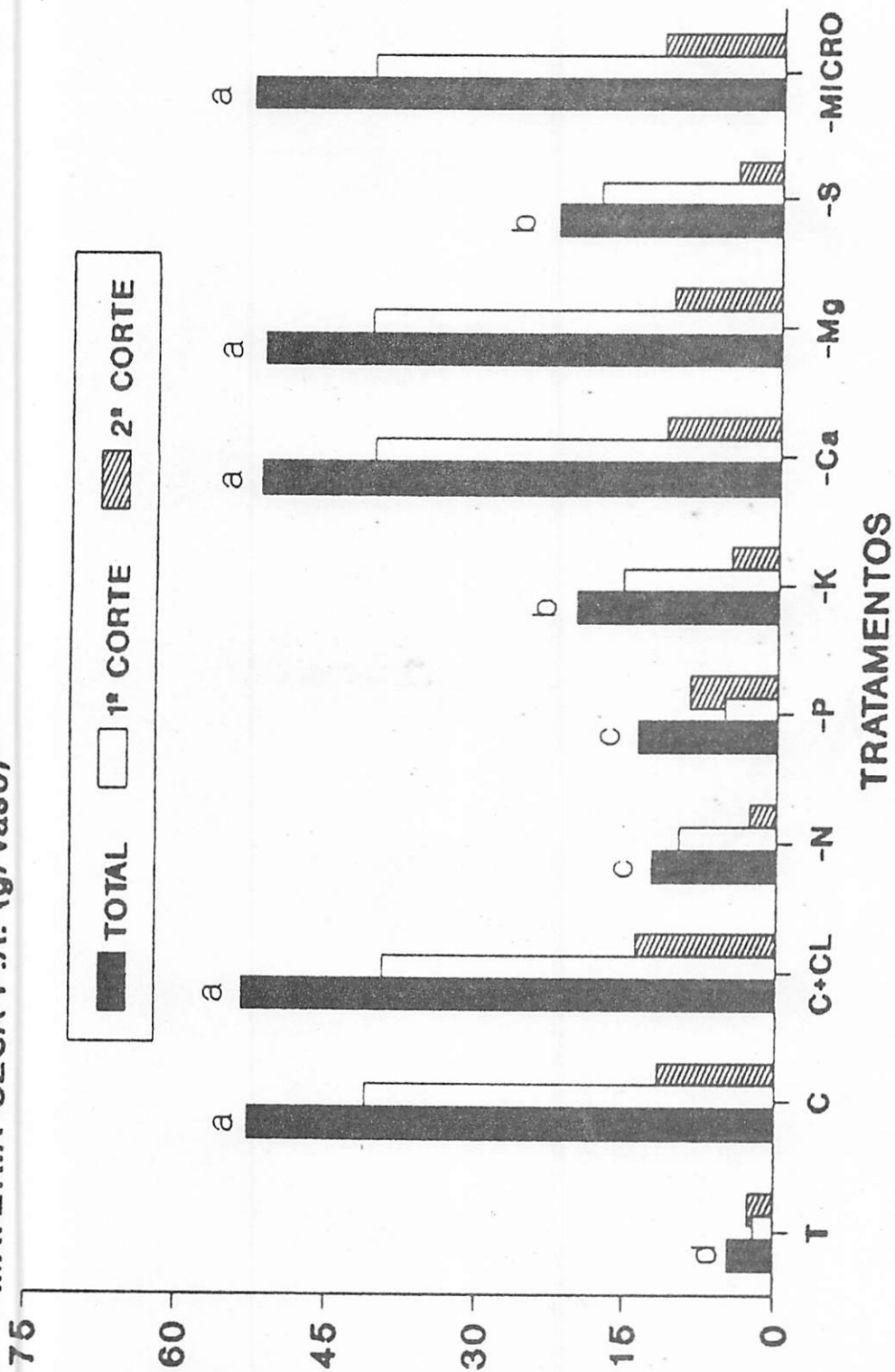


FIGURA 2. Produção de matéria seca pela parte aérea da braquiária no 1º e 2º cortes e total (1º + 2º).

Para o total, colunas com as mesmas letras, não diferem entre si (Tukey 5%).

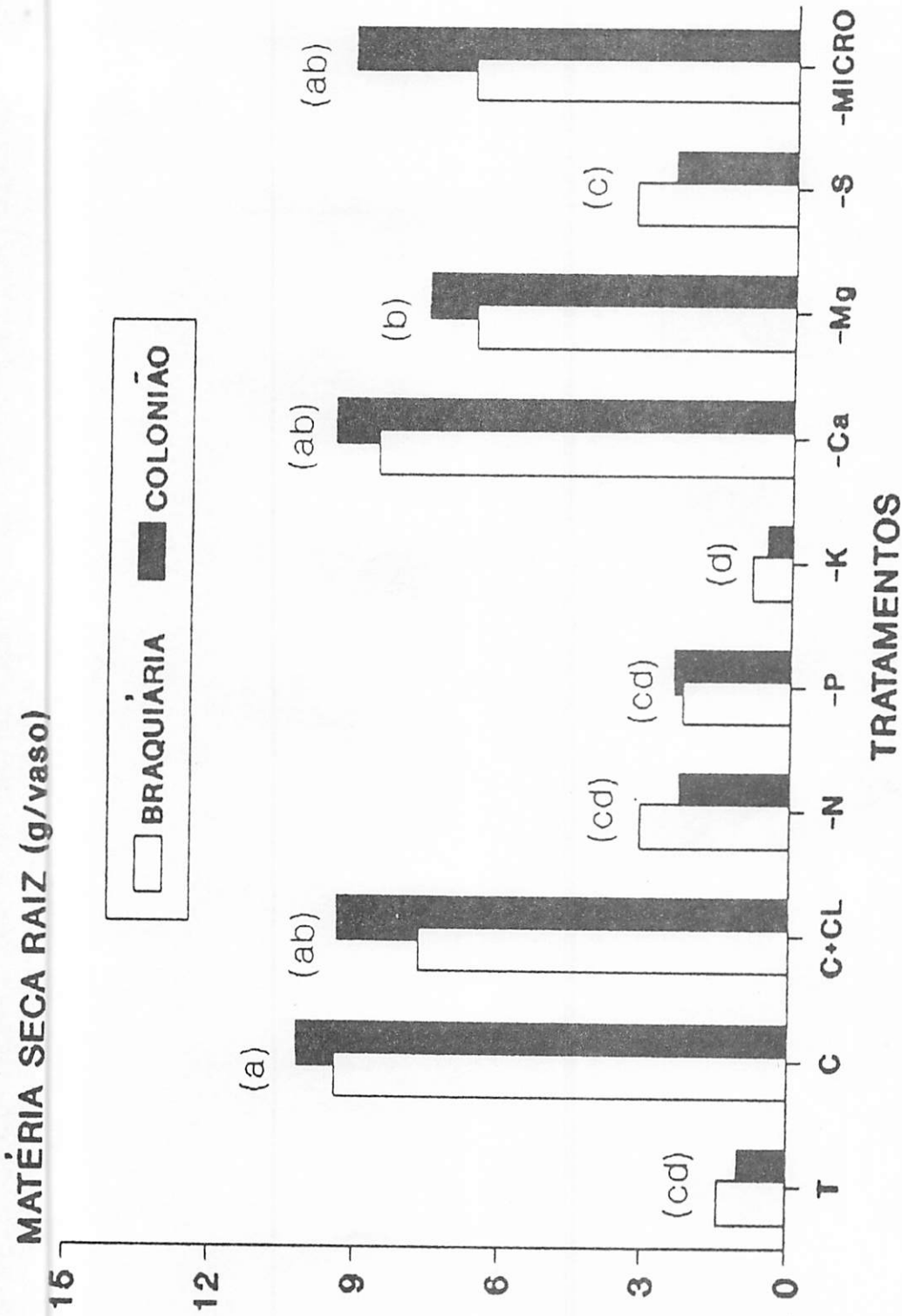


FIGURA 3. Produção de matéria seca pela raiz da braquiária e colônião. Tratamentos com as mesmas letras não diferem entre si para a média das duas espécies (Tukey 5%).

de Ca, Mg e micronutrientes (B, Cu e Zn), tiveram pouco ou nenhuma influência sobre o crescimento.

A produção de matéria seca da parte aérea no 1º corte, quando comparado com o 2º corte, foi mais severamente limitada pela omissão de P em ambas espécies, concordando com os resultados obtidos por HACKER & JONES (1969); FENSTER & LEÓN (1982) e GONÇALVES & OLIVEIRA (1983), que ressaltam a importância do fósforo no estabelecimento inicial de gramíneas forrageiras. Também no segundo corte este nutriente limitou o crescimento da parte aérea e raiz, concordando com o obtido por COSTA et alii (1983); MEIRELLES et alii (1988) e PAULINO (1990). Discordando entretanto, de PAULINO et alii (1986) que não obtiveram efeito da omissão de P na produção de matéria seca pela parte aérea no segundo corte e pela raiz de *Brachiaria humidicola* e de CARRIEL et alii (1989) no segundo corte da parte aérea de colômbio, braquiária e gordura. Talvez isto se explique pelo nível de P aplicado no tratamento completo por estes pesquisadores situar-se em torno de 50 e 65ppm de P, enquanto nos trabalhos que obtiveram significância no 2º corte, a dose de P foi igual ou superior a 200 ppm, suficiente para promover um efeito residual até o 2º corte.

A omissão de nitrogênio também limitou severamente o crescimento da parte aérea e da raiz dos capins em ambos os cortes (Quadro 3 e Figuras 1, 2 e 3). Merece destaque o fato de que o N teve efeito mais drástico que a omissão de P no 2º corte, reforçando a afirmação de que o nitrogênio coloca-se como fator fundamental na manutenção da produtividade de gramíneas

forrageiras sob sistema de cortes ou pastejo (MONTEIRO & WERNER, 1977; PAULINO & WERNER, 1983; GOMIDE et alii, 1984 e CORSI, 1986). Deve-se considerar, portanto, que no manejo da adubação nitrogenada é imperativo que se faça o parcelamento neste solo, pois além da tendência da grande absorção deste nutriente pelas plantas, há elevado potencial de perdas de nitrogênio, notadamente pela lixiviação do nitrato. A acentuada resposta em crescimento da parte aérea e raiz, observada ao N, deveu-se, provavelmente, ao fato de que o solo apresenta pequeno conteúdo de matéria orgânica e conseqüentemente de N-orgânico (Quadro 2), que através da mineralização fornece N mineral às plantas.

A semelhança do ocorrido no tratamento menos N, a omissão de potássio também limitou significativamente a produção de matéria seca pela parte aérea no 1º e 2º cortes, sobretudo neste último, e pela raiz, em ambos os capins. Para o colômbio, o efeito foi mais drástico, pois não houve sequer a rebrota (Quadro 3 e Figura 1) indicando o esgotamento do K do solo no primeiro crescimento. Neste, as plantas apresentaram sintomas visíveis de deficiência deste nutriente, com aproximadamente 20 dias após a emergência, concordando com o observado por WERNER & HAAG (1972). Já na braquiária houve uma pequena rebrota após o 1º corte, podendo-se inferir, portanto, ser a mesma mais hábil em retirar o potássio em condições de solos deficientes neste nutriente. Quanto ao crescimento de raiz, o potássio mostrou-se o mais limitante, apesar de não ter sido estatisticamente diferente da testemunha; salienta-se que na omissão de K, as raízes eram muito finas e frágeis, rompendo facilmente durante a retirada dos vasos

e nas sucessivas lavagens. Como explicação para o pequeno crescimento das raízes no tratamento menos potássio, seria que o K nativo do solo foi absorvido e translocado para a parte aérea em intenso crescimento, porém em quantidade insuficiente para exercer a função de transportador de fotoassimilados até o sistema radicular, como foi demonstrado por HARTT (1969) em cana-de-açúcar, afirmando que a redução na translocação ocorre antes mesmo do aparecimento dos sintomas de deficiência. A pequena translocação de fotoassimilados da parte aérea para a raiz resultou em pequeno crescimento desta em relação a parte aérea (Figura 4).

Não tem sido encontradas respostas tão acentuadas ao potássio pelas gramíneas forrageiras, sendo mais freqüentes os trabalhos com ausência de resposta (WERNER et alii, 1967a; McCLUNG et alii, 1958; PAULINO et alii, 1986). Por outro lado, GOMIDE (1966) e SERRÃO & SIMÃO NETO (1971) obtiveram respostas significativas ao potássio. Ao que parece as doses elevadas dos demais nutrientes, sobretudo o nitrogênio (300 ppm), contribuiu grandemente para que houvesse resposta tão acentuada a potássio. Ressalta-se que a maioria dos trabalhos consultados utilizando a diagnose por subtração, as doses dos nutrientes são menores, como exemplo a de nitrogênio que situa-se ao redor de 100 ppm.

Assim, quando se pretende alta produtividade, deve-se além do nitrogênio, fornecer adequadas doses de potássio, sobretudo num sistema de cortes, onde tanto a absorção quanto a exportação de K são elevadas. Caso contrário pode haver o esgotamento do K do solo e conseqüentemente limitação na

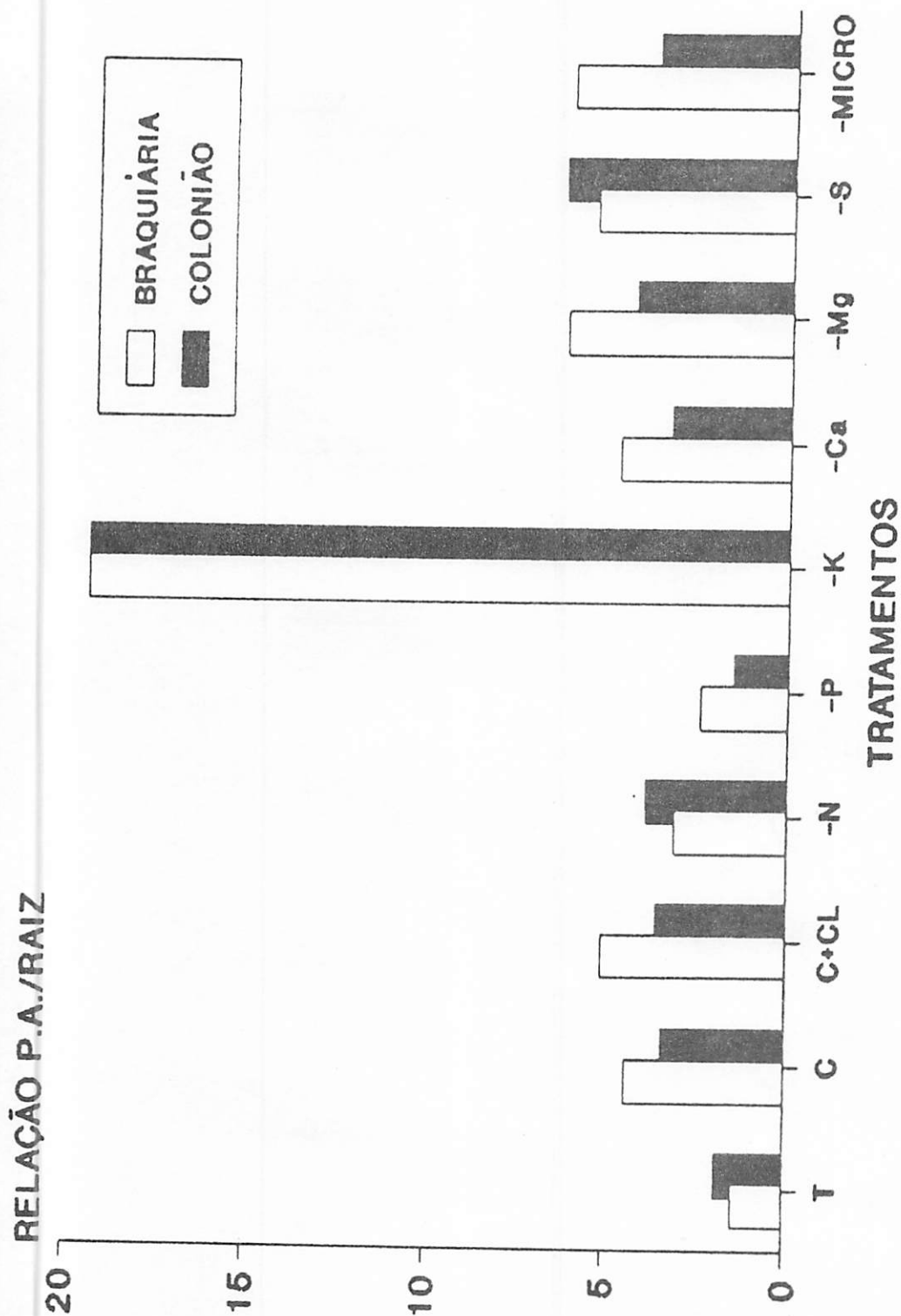


FIGURA 4. Relação entre a matéria seca da parte aérea (1º corte) e raiz da braquiária e colônia.

produção e qualidade da forragem (VICENTE-CHANDLER et alii, 1962; GOMIDE, 1966; CIAT, 1981; CIAT, 1982b e CARVALHO et alii, 1990). Quanto ao manejo da adubação potássica neste solo, há grande semelhança ao comentado para o nitrogênio, pois devido a baixa CTC efetiva (t) e alto teor de areia (drenagem excessiva), há grande potencial de perda por lixiviação. Desse modo é importante que se faça o parcelamento da adubação potássica tanto para redução das perdas quanto para se evitar o consumo de luxo de K.

As omissões de Ca e de Mg não afetaram a produção de matéria seca tanto pela parte aérea (1º e 2º cortes) quanto pela raiz (Quadro 3). Isto já era de certa forma esperado pois as gramíneas forrageiras são geralmente pouco exigentes nestes cátions. No que pese os baixos teores de Ca e Mg do solo (Quadro 2), ressalta-se que para a determinação das classes de teores (baixo, médio, alto), geralmente são utilizadas plantas mais exigentes que as gramíneas forrageiras, como por exemplo soja, milho e algodão. WERNER et alii (1967a) não obtiveram resposta do colônio a estes nutrientes em solo com teor de Ca + Mg $1,2 \text{ meq.}100\text{cc}^{-1}$, e mais recentemente, PAULINO et alii (1986) também não encontraram efeito da omissão de Ca e de Mg no crescimento em duas gramíneas forrageiras em dois solos hidromórficos com Ca + Mg = $1,7$ e $2,2 \text{ meq.}100\text{cc}^{-1}$. Estes resultados confirmam o obtido pelos pesquisadores do CIAT (1978b) para o colônio e braquiária, evidenciando serem estas espécies pouco exigentes em Ca e Mg.

A calagem, a exceção no 2º corte da parte aérea de

braquiária, não influenciou a produção de matéria seca (Quadro 3 e Figuras 1 e 2). Para melhor compreensão ressalta-se que a dose de calcário foi de $0,7 \text{ t.ha}^{-1}$ (elevação da saturação em bases para 60%). A maioria dos trabalhos consultados concordam com o resultado obtido (WERNER & MATTOS, 1972; CIAT, 1982b; ITALIANO et alii, 1982; PAULINO et alii, 1986 e CARRIEL et alii, 1989). Porém, WERNER et alii (1967a) encontraram efeito depressivo da calagem no crescimento de colonião, cultivado em solo de pastagem degradada. Mais recentemente, PAULINO (1990) trabalhando com níveis de P na ausência ou presença de calagem para elevação de saturação em bases a 70%, em dois solos com saturação natural de 22,1 e 19,0%, encontrou resposta positiva na produção de matéria seca do colonião quando da aplicação conjunta desses fatores, explicando que a calagem aumentou a eficiência do P aplicado. Resposta positiva a calagem como prática isolada é muito rara em gramíneas forrageiras tropicais, e quando ocorre está relacionada mais ao atendimento das necessidades de Ca e de Mg que propriamente como corretivo visando a elevação do pH (CIAT, 1982b e PEREIRA, 1986).

A omissão de enxofre reduziu o crescimento da parte aérea, no primeiro e segundo cortes, sobretudo neste último, e da raiz em ambas as espécies (Quadro 3 e Figuras 1, 2 e 3). Há muito têm-se associado solos arenosos e com baixo teor de matéria orgânica a grande possibilidade de resposta das plantas ao enxofre. Pois se de um lado a matéria orgânica é o grande reservatório de enxofre do solo (cerca de 70% do S do solo está sob a forma orgânica, JORDAN & ENSMINGER, 1958), por outro a

perda por lixiviação do $S-SO_4^{--}$ é elevada (KALPAGÉ, 1976). Ressalta-se que o solo estudado possui as características citadas anteriormente (Quadro 2), o que já explica em parte o resultado obtido.

Gramíneas forrageiras têm normalmente um baixo requerimento em enxofre. Porém, quando cultivadas sob pesadas adubações com N ($300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ ou mais) e em solos distantes de fontes poluidoras da atmosfera com SO_2^{--} , espera-se resposta a aplicação deste nutriente (WILKINSON & LANGDALE, 1974). Respostas positivas de colonião e braquiária ao enxofre foram obtidas pelo CIAT (1981) até as doses de 15 e 20 $\text{kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectivamente. O nível crítico de S no solo foi de 13 ppm de S disponível para braquiária e 14 ppm para o colonião (extrator fosfato de cálcio), valores que estão bem acima daquele encontrado no solo utilizado neste trabalho (Quadro 2). Outros trabalhos têm mostrado respostas de gramíneas forrageiras ao enxofre, citando-se WERNER et alii (1967a); HADDAD (1983) e MONTEIRO & CARRIEL (1987) em colonião e CASAGRANDE & SOUZA (1982) em braquiária e outros capins. Entre os que não obtiveram respostas ao S cita-se os de WERNER & MATTOS (1972) em capim gordura; PAULINO et alii (1986) em *Brachiaria humidicola* e *Setária anceps* cv kazungula e CARRIEL et alii (1989) em colonião, braquiária e gordura. * Uma observação importante é que nos trabalhos que obtiveram respostas ao S os solos possuíam teor baixo de M.O., enquanto os com ausência possuíam teores mais elevados.

Mesmo em solos de baixa fertilidade dos trópicos as respostas de gramíneas forrageiras aos micronutrientes têm sido

raras. Efeitos significativos nestes solos a adubação com micronutrientes somente acontece quando o suprimento com os macronutrientes, especialmente o nitrogênio, for convenientemente atendido (WERNER, 1986b).

No presente trabalho, a exceção da testemunha e no tratamento menos micronutrientes, todos os demais tratamentos receberam B, Cu e Zn. Quanto ao Fe e Mn não foram incluídos porque os seus níveis no solo eram elevados (Quadro 2). Confirmando o que já era esperado, a omissão de B, Cu e Zn não ocasionou efeito depressivo na produção de matéria seca de colônia e braquiária, tanto na raiz quanto na parte aérea em ambos os cortes (Quadro 3 e Figuras 1, 2 e 3). Estes resultados concordam com WERNER et alii (1967a); SERRÃO et alii (1971); WERNER & MATTOS (1972); PAULINO et alii (1986) e CARRIEL et alii (1989). Efeitos positivos dos micronutrientes na produção de matéria seca foram obtidos pelos pesquisadores do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte em solo sob Cerrado (EMBRAPA, 1981) em braquiária e mais recentemente, PAULINO (1990) encontrou resposta significativa apenas no 4º corte, mostrando que após cortes sucessivos as crescentes extrações resultaram na limitação ao crescimento do colônia pelos micronutrientes.

Outro fato que merece destaque nas Figuras 1 e 2, é a grande queda na produção de matéria seca do 1º para o 2º corte, mostrando a pequena capacidade de suprimento de nutrientes deste solo (baixo poder tampão). Isto sugere que o manejo da adubação no mesmo deve ser mais criterioso, visto que além dos desequilíbrios que podem advir de um excesso de adubação, há

grande predisposição a perdas: tanto por lixiviação dos nutrientes mais móveis pela drenagem excessiva, quanto por erosão devido a baixa coesão e alta friabilidade (90% areia). Por outro lado, do ponto de vista físico este solo é bastante favorável ao crescimento radicular, e desde que corrigidas suas deficiências químicas (P, K, N e S), já que não apresenta alumínio trocável em nível tóxico, pode se tornar um excelente meio para o crescimento das raízes.

A produção relativa de matéria seca da parte aérea, soma de dois cortes, para ambas forrageiras é mostrada na Figura 5.

Verifica-se que em ordem decrescente de limitação na média das duas espécies, os tratamentos testemunha, menos P, menos N, menos K e menos S, foram os que mais afetaram o crescimento, produzindo 9; 25; 25; 30 e 41%, respectivamente, da matéria seca do tratamento completo. De acordo com Kilian & Velly citados por CHAMINADE (1972), de deficiência severa.

Na Figura 6, visualiza-se o maior potencial produtivo da braquiária em relação ao colonião. A exceção da testemunha e do tratamento menos N onde tiveram o mesmo desempenho, nos demais tratamentos a braquiária foi mais produtiva que o colonião.

Com relação ao perfilhamento, pelo Quadro 3 observa-se que a braquiária é mais prolífica que o colonião, sendo esta diferença explicada por características genéticas intrínsecas as duas espécies. Porém, o efeito dos tratamentos neste parâmetro foi significativo em ambas forrageiras. As reduções mais drásticas ficaram por conta das omissões de fósforo e

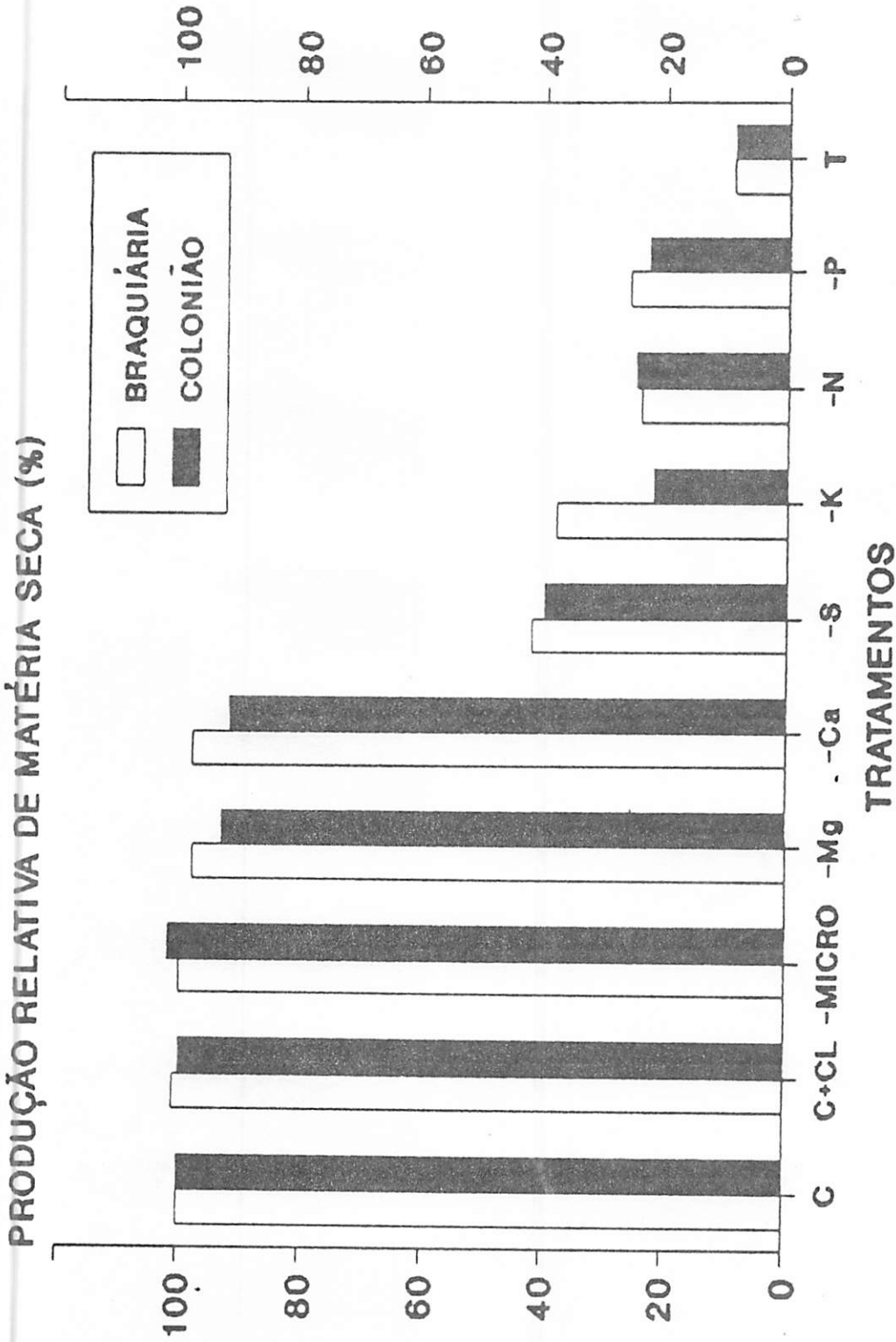


FIGURA 5. Produção relativa de matéria seca total pela parte aérea (1º + 2º cortes) da braquiária e colônião, (completo = 100%).

MATÉRIA SECA P.A. (g/vaso)

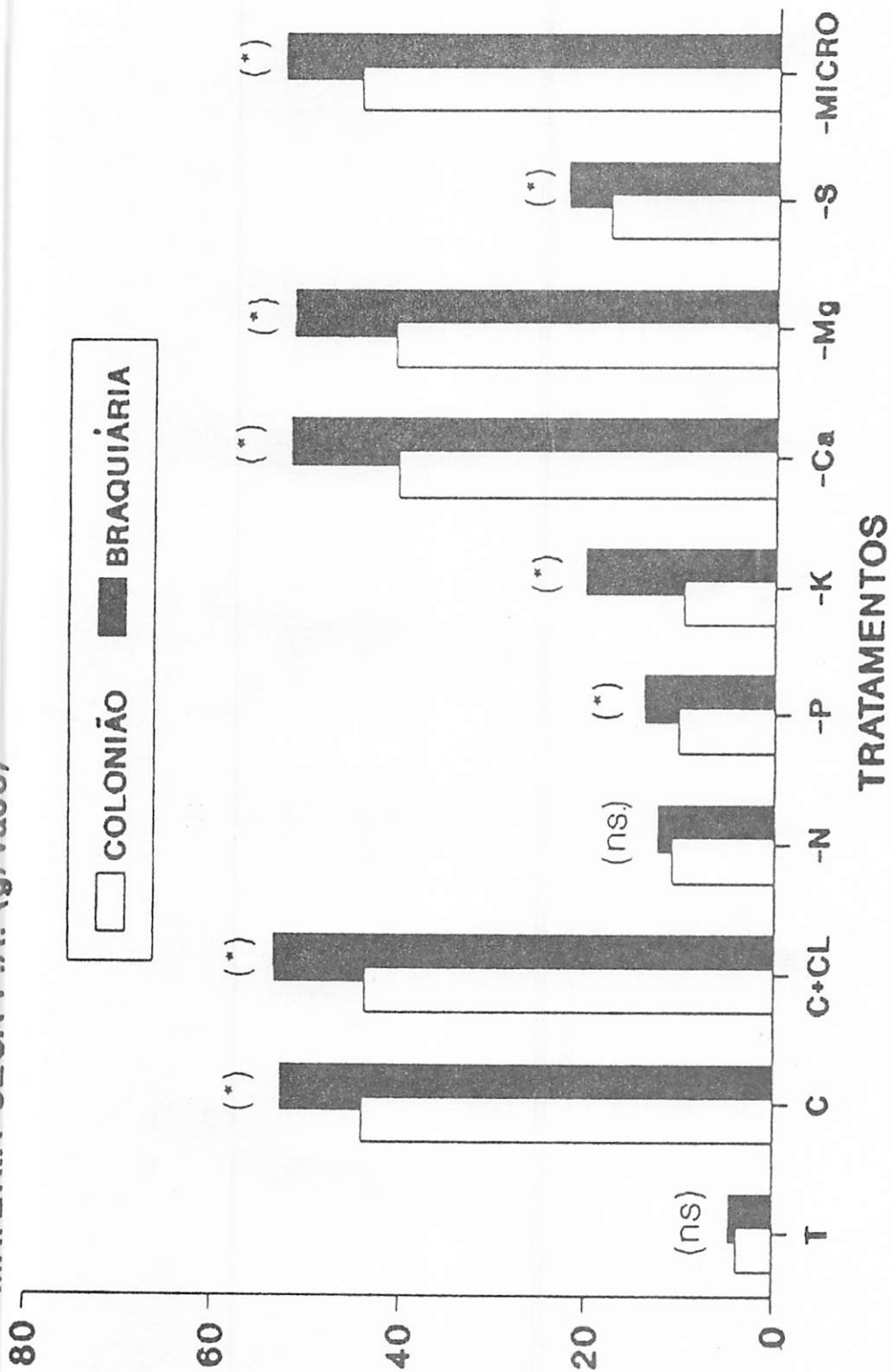


FIGURA 6. Produção de matéria seca total pela parte aérea (10 + 20 cortes), da braquiária e colonião.

No mesmo tratamento, asterisco (*) indica que as espécies diferem entre si (Tukey 5%), e ns sem significância.

nitrogênio, seguidos em menor intensidade pelo enxofre e potássio. Tal como observado para a matéria seca, a omissão de Ca, de Mg e de micronutrientes (B, Cu e Zn) e a presença da calagem não diferiram do tratamento completo. Estes resultados concordam com os de WERNER & MATTOS (1972) que enfatizam a importância do fósforo no estabelecimento e perfilhamento, em gramíneas reproduzidas por sementes, devido as poucas reservas que a semente possui, fato este agravado pela generalizada deficiência de P em solos das regiões tropicais. Com relação ao perfilhamento, a braquiária seria mais recomendável que colônio para este solo, pois teria condições de ocupar mais rapidamente a área reduzindo a erosão do solo e lixiviação dos nutrientes.

4.3. Teores e quantidades acumuladas de nutrientes

Tanto os teores quanto a acumulação de nutrientes foram afetadas significativamente pelos tratamentos, nos dois cortes da parte aérea e na raiz, em ambas espécies, cujas análises de variância encontram-se nos Apêndices 2 a 12. Na discussão dos resultados foram estabelecidas comparações entre os teores observados neste trabalho e aqueles encontrados na literatura, e tidos como adequados para o bom crescimento destas espécies. No caso de plantas forrageiras há em muitos casos o estabelecimento de níveis críticos para as estações seca e chuvosa; utilizou-se os da chuvosa, pois neste trabalho a umidade foi mantida em nível ótimo para as plantas.

4.3.1. Teor e acumulação de nitrogênio

De maneira geral observa-se no Quadro 4, pronunciado efeito dos tratamentos nos parâmetros teor e acumulação de nitrogênio, tanto na parte aérea quanto na raiz em ambas as espécies. Os maiores teores ocorreram nos tratamentos, a exceção do menos N, que mais limitaram o crescimento (-P, -K, -S e testemunha), enquanto a maior acumulação ocorreu naqueles com maior crescimento (C, C + CL, -Ca, -Mg e -micro) para ambas as espécies.

Como a acumulação de um nutriente é dependente do teor deste no tecido e da produção de matéria seca, observa-se no Quadro 4, que a acumulação de N em ambas as espécies, seguiu a mesma tendência para a produção de matéria seca (Quadro 3). Embora tenha havido uma pequena tendência da braquiária apresentar teores de N um pouco menores que o colônio, a acumulação naquela foi maior devido ao seu maior crescimento (Quadro 3 e Figura 6). A tendência de redução dos teores de N do 1º para o 2º corte em todos os tratamentos, exceto para o menos N, pode ser explicado pela menor quantidade de N disponível no solo para a rebrota, visto a não aplicação de N suplementar após o 1º corte. Para o tratamento menos N, os teores mais elevados deste nutriente no 2º corte, pode ser explicado pelo efeito de concentração, visto o reduzido crescimento das plantas.

WERNER & HAAG (1972) utilizando a técnica do elemento faltante, encontraram 1,06% N na parte aérea coletada aos 33 dias

QUADRO 4 - Teor e acumulação de nitrogênio na parte aérea e raiz de colonião e braquiária.^{1/}

Tratamento	Colonião							Braquiária						
	Parte aérea					Raiz		Parte aérea					Raiz	
	1º corte		2º corte		Total	Raiz		1º corte		2º corte		Total	Raiz	
	Teor (%)	Acum. ^{2/}	Teor (%)	Acum.	Acum.	Teor (%)	Acum.	Teor (%)	Acum.	Teor (%)	Acum.	Acum.	Teor (%)	Acum.
T	2,1 c	41 d	0,8 d	17 d	58 d	0,6 d	7 c	2,4 c	47 d	0,8 de	21 c	69 d	0,4 c	6 c
C	1,8 c	626 a	1,0 cd	99 bc	725 a	0,7 cd	67 a	1,8 d	738 a	1,2 cd	142 b	880 a	0,5 bc	48 a
C + CL	2,0 c	664 a	1,0 cd	103 bc	768 a	0,7 cd	67 a	1,9 d	735 a	1,1 cde	158 b	893 a	0,6 bc	43 a
-N	0,7 d	66 cd	0,9 d	17 d	83 d	0,5 d	12 bc	0,8 e	73 d	0,8 de	22 c	95 d	0,4 c	12 bc
-P	4,1 a	149 c	3,4 b	226 a	375 c	1,5 a	36 b	3,5 a	185 c	3,1 ab	273 a	459 c	1,2 a	25 abc
-K	3,9 a	384 b	0,0 e	0 d	384 c	1,3 a	6 c	3,0 b	469 b	2,8 b	128 b	597 b	0,9 ab	7 c
-Ca	2,0 c	625 a	1,4 c	123 bc	748 a	0,9 bcd	86 a	1,7 d	696 b	1,2 cd	135 b	831 a	0,6 bc	50 a
-Mg	2,0 c	644 a	1,3 cd	106 bc	751 a	0,9 bcd	68 a	1,7 d	707 a	1,1 cde	124 b	832 a	0,6 bc	40 a
-S	2,8 b	443 b	4,1 a	82 c	526 b	1,0 bc	26 bc	2,5 c	441 b	3,5 a	153 b	594 b	0,9 ab	29 abc
-Micro	1,9 c	667 a	1,2 cd	125 b	792 a	0,7 cd	68 a	1,8 d	747 a	1,3 c	152 b	904 a	0,5 bc	36 ab
CV (%)	8,1	8,2	10,5	16,4	7,1	21,2	31,2	8,1	8,2	10,5	16,4	7,1	21,2	31,2

1. Na mesma coluna, médias seguidas por letras distintas diferem entre si (Tukey 5%).

2. Acumulado (mg/vaso).

adequada à nutrição do colônião, valor muito próximo daquele anteriormente obtido por WERNER et alii (1967a) para esta forrageira no tratamento completo (1,07%, aos 35 dias). Mais recentemente CARRIEL et alii (1989) obtiveram no tratamento completo, aos 55 dias de idade 1,1% para o colônião e 1,0% para a braquiária. Considerando-se portanto o intervalo de 1,0 a 1,1% N na parte aérea adequado a nutrição de colônião e braquiária, observa-se no Quadro 4, que no 1º corte apenas no tratamento com omissão de N, o teor deste nutriente apresentou-se inadequado à nutrição de ambas espécies. Já no 2º corte, além do tratamento menos N, também a testemunha apresentou-se com teor de N abaixo do adequado, tanto no colônião quanto na braquiária. O alto teor de N observado nos tecidos (parte aérea e raiz) relativo aos tratamentos menos P, menos K e menos S, pode ser explicado pelo efeito de concentração, visto a baixa produção de matéria seca (Quadro 3), sob condições de alto suprimento de N, dado a sua aplicação na adubação básica destes tratamentos.

MILFORD & MINSON (1966) consideram adequado para atender as exigências de bovinos em pastejo, teor de N = 1,12% (7% de proteína bruta), que é praticamente o mesmo exigido para nutrição adequada de colônião e braquiária.

O melhor método de avaliar a eficiência de um solo em suprir um determinado nutriente para as plantas é determinar a quantidade do mesmo absorvida por cultivos ou cortes sucessivos, sob condições de disponibilidade adequada dos demais nutrientes. Observando-se o Quadro 4 verifica-se que a quantidade total de N acumulada pela parte aérea e raiz no tratamento menos N, é

extremamente baixa, mostrando a pequena capacidade deste solo em suprir N, apresentando-se, portanto, como um fator altamente limitante ao crescimento das forrageiras, como já mostrado e discutido no item 4.2. Estes resultados indicam que para uma exploração racional de pastagens neste solo, utilizando estas espécies, a adubação nitrogenada é sempre um fator da maior importância a ser considerado.

4.3.2. Teor e acumulação de fósforo

Tal como para o nitrogênio houve efeito marcante dos tratamentos no teor e acumulação de fósforo, tanto em colonião quanto em braquiária (Quadro 5).

Observa-se que a parte aérea mostrou-se sempre mais rica em P que as raízes. Ressalta-se a tendência do colonião em apresentar maior teor e acumulação em fósforo que a braquiária, o que difere do observado para o nitrogênio (Quadro 4). Pois se o teor de N foi maior em colonião, a acumulação deste nutriente o foi na braquiária, que apresentou maior crescimento, havendo portanto efeito de diluição mais acentuado nesta forrageira. Isto evidencia a maior exigência do colonião em P, e talvez seja este o motivo das áreas ocupadas com colonião possuírem geralmente maior fertilidade, sobretudo em P, do que aquelas cultivadas com braquiária.

A redução no teor de P em gramíneas forrageiras com o aumento na idade, ou em cortes sucessivos (HAAG et alii, 1967; GOMIDE, 1976 e CARRIEL et alii, 1989), é um importante fator a

QUADRO 5 - Teor e acumulação de fósforo na parte aérea e raiz de colônião e braquiária.^{1/}

Tratamento	Colônião						Braquiária							
	Parte aérea					Raiz	Parte aérea					Raiz		
	1º corte		2º corte		Total		1º corte		2º corte		Total			
	Teor (%)	Acum. ^{2/}	Teor (%)	Acum.	Acum.	Teor (%)	Acum.	Teor (%)	Acum.	Acum.	Teor (%)	Acum.		
T	0,1 e	2 g	0,1 d	2 de	4 e	0,03 d	0,3 c	0,1 c	2 e	0,1 d	2 e	4 e	0,03 e	0,4 c
C	0,5 d	194 bc	0,5 bc	53 abc	247 b	0,06 bc	6,0 a	0,3 b	146 a	0,4 b	45 abc	190 a	0,08 bc	7,0 a
C + CL	0,6 cd	204 abc	0,4 c	38 c	242 b	0,06 bc	6,0 a	0,4 b	148 a	0,3 bc	47 ab	194 a	0,06 cd	5,0 ab
-N	0,6 cd	57 f	0,9 a	16 de	73 d	0,06 bc	1,0 c	0,3 b	30 d	0,4 b	12 de	42 d	0,09 b	2,0 bc
-P	0,1 e	4 g	0,1 d	5 de	9 e	0,04 cd	1,0 c	0,1 c	5 e	0,1 d	7 e	12 e	0,04 de	1,0 c
-K	0,9 a	87 e	0,0 d	0 e	87 d	0,10 a	0,3 c	0,7 a	109 b	0,6 a	31 abc	139 b	0,14 a	1,0 c
-Ca	0,7 bc	223 a	0,6 b	57 ab	281 a	0,06 bc	6,0 a	0,4 b	164 a	0,3 bc	39 abc	203 a	0,08 bc	7,0 a
-Mg	0,6 cd	213 ab	0,5 bc	46 bc	259 ab	0,06 bc	5,0 ab	0,4 b	156 a	0,2 c	28 cd	184 a	0,07 bc	5,0 ab
-S	0,8 ab	129 d	0,9 a	17 d	146 c	0,09 ab	2,0 bc	0,4 b	67 a	0,7 a	30 bc	97 c	0,09 b	3,0 bc
-Micro	0,5 d	189 c	0,7 b	65 a	255 ab	0,06 bc	5,0 c	0,4 b	154 a	0,4 b	48 a	202 a	0,08 bc	5,0 ab
CV (%)	11,7	7,6	14,6	24,8	8,5	16,6	37,5	11,7	7,6	14,6	24,8	8,5	16,6	37,5

1. Na mesma coluna, médias seguidas por letras distintas diferem entre si (Tukey 5%).
 2. Acumulado (mg/vaso).

ser considerado na comparação dos teores. ANDREW & ROBINS (1971) trabalhando em vasos com solo deficiente em P, encontraram para o colônio 0,19% P como sendo o teor crítico na parte aérea no estágio de pré-floração (idade semelhante a do primeiro corte - 40 dias). Enquanto pesquisadores do CIAT (1978a), em experimento conduzido em oxissolo na Colômbia, obtiveram para a parte aérea 0,12% na braquiária, e 0,15% no colônio, coletado aproximadamente aos 50 dias de crescimento. Considerando, portanto, para o colônio a faixa de 0,15 a 0,19% de P, e para a braquiária 0,12% de P como sendo os valores críticos, observa-se que apenas na testemunha e no tratamento onde omitiu-se P, em ambos os cortes e forrageiras, as plantas estavam deficientes em P. Seriam também carentes neste elemento para a alimentação de bovinos em pastejo, cuja exigência é de 0,18% P (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1976). A elevada concentração de P observada na parte aérea das plantas cujos tratamentos receberam este elemento, pode ser explicada pela dose aplicada (200 ppm) e pela textura arenosa do solo utilizado, portanto, com pequena capacidade de "fixação" do P aplicado; ficando assim, em sua maior parte, em formas disponíveis para as plantas, já que a absorção deste nutriente foi grande também até o segundo corte.

No Quadro 5, observa-se, ainda, que não houve uma tendência definida com relação aos teores de P na parte aérea de ambas as espécies, em função dos cortes. Isto pode ser explicado, como já discutido, pela elevada dose e disponibilidade de P durante todo o período de cultivo nos tratamentos que receberam P, e pela pobreza do solo nos tratamentos em que o elemento não

foi aplicado (testemunha e menos P). Tal como explicado para o N, os maiores teores de P observados nos tecidos das plantas onde o crescimento foi mais limitado (-N, -K e -S) deveu-se ao efeito de concentração.

Pela baixa acumulação do P nos tecidos das plantas onde o fósforo foi omitido, pode-se concluir que este solo apresenta, tal como verificado para o N, uma baixa capacidade de suprimento de P para as plantas, devendo ser sempre considerado na prática da adubação. Nesta, pode ser empregado preferencialmente os fosfatos solúveis, devido ao baixo potencial de fixação de P deste solo. Apesar de ser recomendado o uso de fosfato natural em pastagens tolerantes a acidez, no presente caso talvez a recomendação deste tipo de adubo seja restrita, pois a acidez potencial deste solo (Quadro 2) é muito pequena, dificultando portanto a solubilização e reduzindo ainda mais a baixa eficiência agronômica deste adubo.

4.3.3. Teor e acumulação de potássio

O efeito marcante dos tratamentos nos teores de acumulação de potássio em colonião e braquiária pode ser observado no Quadro 6.

O comportamento das plantas quanto ao teor e acumulação de K nos tecidos das forrageiras estudadas foi similar aquele comentado para o nitrogênio. Observa-se uma tendência do colonião apresentar no 1º corte, teores mais elevados na parte aérea que a braquiária, enquanto no 2º corte isto não foi

QUADRO 6 - Teor e acumulação de potássio na parte aérea e raiz de colonião e braquiária.^{1/}

Tratamento	Colonião						Braquiária								
	Parte aérea					Raiz		Parte aérea						Raiz	
	1ª corte		2ª corte		Total	Raiz		1ª corte		2ª corte		Total	Raiz		
	Teor (%)	Acum. ^{2/}	Teor (%)	Acum.	Acum.	Teor (%)	Acum.	Teor (%) ^c	Acum.	Teor (%)	Acum.	Acum.	Teor (%)	Acum.	
T	2,2 a	43 d	0,6 c	12 de	55 d	0,01 b	0,0 b	1,7 b	33 e	0,9 c	22 cd	56 d	0,05 b	0,7 b	
C	1,0 b	361 ab	0,7 c	72 bc	433 ab	0,00 b	0,0 b	1,1 c	444 a	0,6 d	75 b	519 a	0,00 b	0,0 b	
C + Cl.	1,2 b	398 a	0,7 c	69 bc	467 a	0,00 b	0,0 b	1,1 c	437 a	0,5 d	76 b	513 a	0,00 b	0,0 b	
-N	2,2 a	202 c	2,0 b	36 cde	238 c	0,25 a	5,0 ab	2,1 a	204 c	2,3 a	62 b	267 c	0,43 a	14,0 a	
-P	2,2 a	81 d	2,0 b	132 a	213 c	0,20 a	6,0 a	2,1 a	113 d	2,1 ab	149 a	262 c	0,01 b	0,2 b	
-K	0,6 c	56 d	0,0 d	0 e	56 d	0,00 b	0,0 b	0,4 d	56 e	0,3 e	14 d	69 d	0,00 b	0,0 b	
-Ca	1,1 b	365 ab	0,7 c	63 bc	427 ab	0,01 b	1,0 ab	1,0 c	429 a	0,6 d	70 b	499 ab	0,02 b	1,7 b	
-Mg	1,0 b	334 b	0,8 c	65 bc	399 b	0,02 b	2,0 ab	1,0 c	419 a	0,5 d	59 bc	477 ab	0,01 b	1,0 b	
-S	2,2 a	352 ab	2,3 a	47 bcd	400 b	0,00 b	0,0 b	2,0 a	352 b	2,0 b	85 b	437 b	0,03 b	1,0 b	
-Micro	1,0 b	364 ab	0,8 c	81 b	445 ab	0,00 b	0,0 b	1,0 c	416 a	0,6 d	75 b	492 ab	0,00 b	0,0 b	
CV (%)	8,7	8,1	9,2	25,2	7,9	113,5	139,2	8,7	8,1	9,2	25,2	7,9	113,5	139,2	

1. Na mesma coluna, médias seguidas por letras distintas diferem entre si (Tukey 5%).
 2. Acumulado (mg/vaso).

verificado. Por outro lado, observa-se que a acumulação sempre foi maior em braquiária, tanto no total da parte aérea quanto na raiz, o que pode ser explicado pelo seu maior crescimento. Nota-se ainda, quando se compara os teores e os totais acumulados de K pela parte aérea (1º e 2º cortes) e pela raiz, que a quase totalidade do K foi translocada desta para aquela parte.

VICENTE-CHANDLER et alii (1962) obtiveram as maiores produções de matéria seca de alguns capins, entre eles colonião, quando os teores na parte aérea colhida aos 60 dias de emergência situavam-se entre 1,5 a 2,0% de K. Já os pesquisadores do CIAT (1982b), na Colômbia estabeleceram para braquiária, cultivada em oito semanas na estação chuvosa, 0,83% K como sendo o nível crítico, associado a 80% de produção máxima. Para o colonião não encontrou-se trabalho determinando o nível crítico, porém TOLEDO (1984) cita 1,15% K como adequado a nutrição desta forrageira. Utilizando a diagnose por subtração CARRIEL et alii (1989), em vasos, obtiveram no tratamento completo (165 ppm K), valores de 1,10 e 1,05% K no 1º corte (55 dias), 1,03 e 0,82% no 2º corte (40 dias) para a parte aérea de colonião e braquiária respectivamente. Considerando, para efeito de comparação, os valores do último trabalho como adequados a nutrição destas forrageiras, observa-se pelo Quadro 6, na parte aérea no 1º corte, que as mesmas apresentavam-se bem nutridas em K, exceto no tratamento onde omitiu-se o K. Na testemunha no 1º corte, e nos tratamentos menos N, menos P e menos S em ambos os cortes, houve efeito de concentração de K, visto o pequeno crescimento das plantas. É interessante observar que na omissão de potássio, o

colonião não apresentou rebrota, o que indica a maior habilidade da braquiária em retirar o K do solo (isto sugere que talvez colonião possui uma C_{min} - concentração mínima e/ou uma K_m mais alta que a braquiária). Em termos práticos significa que o colonião exige solos com maior teor de K disponível que braquiária. Deve-se ressaltar, entretanto, que o comportamento das forrageiras, notadamente o colonião no tratamento menos K, talvez não tivesse a nível de campo um comportamento tão drástico, mesmo em cortes sucessivos. Isso porque como pode ser verificado no Quadro 2, há aumento no teor de potássio em profundidade que poderia ser facilmente explorado pelas raízes visto ser este solo muito friável, facilitando o crescimento das raízes.

Verifica-se também no Quadro 6 que nos tratamentos que não tiveram limitação de crescimento (C, C + CL, -Ca, -Mg e -Micro), os teores de K na parte aérea de ambas as espécies reduziram acentuadamente do 1º para o 2º corte. E a exceção da testemunha, que não recebeu adubação, este fato não foi observado para os tratamentos com menor crescimento (-N, -P, -K e -S). Esta redução no teor de K também foi verificada em trabalhos de HAAG et alii (1967); WEBER & HAAG (1984) e CARRIEL et alii (1989). Isto pode ser explicado pela maior quantidade de K absorvido e acumulado pelas plantas no 1º corte, naqueles tratamentos que promoveram maior crescimento, portanto, menor disponibilidade de K no solo para as plantas no 2º corte. O grande consumo do potássio pelas plantas, pode ser explicado pelo alto potencial de resposta em crescimento, das gramíneas forrageiras ao nitrogênio.

Pois a medida que aumenta o consumo de N por estas plantas, com correspondente incremento no crescimento, têm-se maior demanda dos demais nutrientes, principalmente o potássio, cuja exigência pode ser até maior que a do próprio nitrogênio. Isto ficou bem evidenciado em trabalho conduzido no CIAT (1981), com colonião e a braquiária, submetidos a níveis de nitrogênio (uréia) e cortes sucessivos.

Por todos estes resultados, conclui-se que o K, tal como o observado para o N e P, é outro nutriente altamente limitante ao crescimento destas forrageiras devendo sempre ser considerado nas adubações. A grande extração do K aplicado, observado no 1º corte, naqueles tratamentos que promoveram grande produção de matéria seca, indica também que deve-se manejar a adubação potássica adequadamente, considerando principalmente o parcelamento das doses. Isto evitaria o consumo de luxo de K pelas plantas e queda da produção com os cortes ou pastejos sucessivos, bem como perdas do elemento por lixiviação, visto a textura arenosa, baixo teor de matéria orgânica e, em consequência, baixa CTC deste solo (Quadro 2).

Quanto a nutrição de bovinos em pastejo, não haveria limitação pelo potássio, pois estes apresentam exigência bastante inferior (cerca de 0,6% K, segundo o NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1976), aos teores observados nas forrageiras.

4.3.4. Teor e acumulação de cálcio

Os valores de teor e acumulação de cálcio na raiz e

parte aérea em colonião e braquiária são apresentados no Quadro 7.

A não redução no crescimento quando da omissão de cálcio (Quadro 3), evidencia que o teor nativo deste elemento (Quadro 2) foi suficiente para suprir as forrageiras durante o período de estudo; fato confirmado pelos teores de cálcio observados na parte aérea das forrageiras no tratamento menos Ca (Quadro 7). Observa-se por este quadro, que a acumulação deste nutriente nos tecidos (parte aérea e raiz) foi similar para ambas forrageiras, apesar da braquiária apresentar maior crescimento. Nota-se ainda que o colonião tendeu a apresentar teores de Ca mais elevados na parte aérea em ambos os cortes, enquanto na raízes foram semelhantes, isto sugere ser o colonião mais exigente em Ca do que a braquiária. GOMIDE (1986) em estudo com diversas gramíneas forrageiras, encontrou um valor crítico de Ca no tecido para o colonião, 0,6%, enquanto em braquiária foi 0,39%. Utilizando-se estes valores como níveis críticos, de maneira geral, verifica-se pelo Quadro 7 que a parte aérea das forrageiras em ambos os cortes, estão com teores adequados de cálcio, a exceção dos tratamentos menos N para o colonião no 1º corte, e menos S para braquiária no 2º corte.

Verifica-se ainda a tendência de aumento nos teores de cálcio na parte aérea do 1º para o 2º corte, o que tem sido observado em outros trabalhos (HAAG et alii, 1967; ZAGO & GOMIDE, 1982 e CARRIEL et alii, 1989). Isto, possivelmente, seja devido ao menor crescimento no segundo corte (provocado pelo esgotamento do N e K, durante o 1º crescimento), o que de certa forma

QUADRO 7 - Teor e acumulação de cálcio na parte aérea de colonião e braquiária.^{1/}

Tratamento	Colonião						Braquiária								
	Parte aérea					Raiz		Parte aérea						Raiz	
	1º corte		2º corte		Total	Raiz		1º corte		2º corte		Total	Raiz		
	Teor (%)	Acum. ^{2/}	Teor (%)	Acum.	Acum.	Teor (%)	Acum.	Teor (%)	Acum.	Teor (%)	Acum.	Acum.	Teor (%)	Acum.	
T	0,7 b	13 d	0,7 c	14 bc	28 d	0,10 d	1 de	0,5 bc	11 e	0,6 cd	15 ef	25 f	0,11 de	1 d	
C	0,5 c	161 b	0,8 b	79 a	241 b	0,12 cd	12 ab	0,4 cd	173 b	0,8 b	90 b	263 b	0,16 cd	15 a	
C + CL	0,6 b	215 a	0,8 b	84 a	299 a	0,15 c	14 a	0,5 bc	200 a	0,8 b	116 a	317 a	0,19 bc	14 a	
-N	0,3 d	32 d	0,5 d	9 c	41 d	0,12 cd	3 de	0,3 d	32 de	0,4 ef	10 f	42 ef	0,15 cde	5 cd	
-P	0,6 b	23 d	0,5 d	32 b	55 d	0,23 b	5 cd	0,6 b	29 de	0,3 f	30 e	59 ef	0,25 a	5 cd	
-K	0,9 a	93 c	0,0 e	0 c	93 c	0,11 cd	0,5 e	0,7 a	115 c	1,1 a	54 d	169 d	0,24 ab	2 d	
-Ca	0,6 b	183 b	1,0 a	86 a	270 ab	0,11 cd	10 abc	0,4 cd	163 b	0,6 cd	69 cd	232 bc	0,10 e	9 bc	
-Mg	0,6 b	212 a	1,0 a	86 a	298 a	0,13 cd	10 abc	0,4 cd	168 b	0,5 de	60 d	228 c	0,14 cde	9 bc	
-S	0,6 b	93 c	0,7 c	14 bc	107 c	0,35 a	9 bc	0,3 d	52 d	0,2 f	11 ef	64 e	0,27 a	9 bc	
-Micro	0,5 c	167 b	0,8 b	83 a	251 b	0,14 cd	13 ab	0,4 cd	175 ab	0,7 bc	85 bc	260 bc	0,18 c	12 ab	
CV (%)	11,6	10,1	11,8	15,6	9,4	14,2	28,2	11,6	10,1	11,8	15,6	9,4	14,2	28,2	

1. Na mesma coluna, médias seguidas por letras distintas diferem entre si (Tukey 5%).

2. Acumulado (mg/vaso).

propiciou o aumento na concentração do Ca, devido ao solo possuir boa disponibilidade deste nutriente para gramíneas forrageiras. HAAG et alii (1965) atribuiu o aumento no teor de Ca com a idade em gramíneas forrageiras ao aumento na relação colmo/folha, já que este nutriente, sendo imóvel no floema, acumula-se, preferencialmente, no colmo da planta; explicação que não se aplica a este trabalho devido aos cortes efetuados.

A acumulação total de cálcio pela parte aérea seguiu a produção de matéria seca, sendo pouco influenciado pelos seus teores nos tecidos. Os tratamentos mais calagem, menos cálcio e menos magnésio para o colômbio e mais calagem para a braquiária, foram os que promoveram maior acúmulo deste nutriente. Na omissão de potássio verificou-se os maiores teores de Ca na parte aérea das forrageiras, podendo-se atribuir, em parte, ao fato de ter havido concentração deste no tecido, pois quando o K foi omitido houve significativa redução na produção de matéria seca (Quadro 3). Entretanto, o efeito de concentração não foi determinante para a ocorrência de teores elevados, já que em outros tratamentos com significativa redução no crescimento (-N, -P e -S) não se observou teores de Ca tão altos quanto no tratamento menos K. Ao que tudo indica, a interação entre cálcio e o potássio, que segundo MALAVOLTA (1980) apresenta uma inibição competitiva de absorção a nível de membrana plasmática, foi o fator principal pela elevação do teor de Ca nesse tratamento; a dose de K nos demais tratamentos, a exceção da testemunha, promoveu um melhor equilíbrio entre estes dois cátions. Inversamente ao observado na parte aérea, houve

tendência de braquiária apresentar teor e acumulação de Ca na raiz maiores que o colômbio.

Com relação a nutrição de bovinos em pastejo, pelos teores de Ca observados na parte aérea de ambas as forrageiras, o cálcio seria adequado, pois conforme o NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1976), a exigência animal é de 0,18% Ca na forragem seca.

Pelo crescimento (Quadro 3) e pelos teores de cálcio (Quadro 7) observados nas forrageiras, que foram semelhantes para os tratamentos mais calagem e menos Ca, conclui-se que este nutriente não é um fator limitante deste solo ao crescimento destas espécies, e que a calagem não é necessária, pelo menos para os primeiros anos de cultivo.

4.3.5. Teor e acumulação de magnésio

Considerando tanto para o colômbio quanto para braquiária o teor de 0,2% de Mg na parte aérea adequado para o atendimento das suas exigências nutricionais (WERNER & HAAG, 1972; MALAVOLTA et alii, 1974 e TOLEDO, 1984), observa-se que somente a braquiária no tratamento menos Mg, no segundo corte, mostrou-se deficiente neste nutriente (Quadro 8).

O tratamento completo mais calagem proporcionou maior acumulação total de Mg pela parte aérea de ambas espécies. Também no tratamento com omissão de potássio observa-se os maiores teores de magnésio na parte aérea das forrageiras, cujas explicações para este fato, é análoga aquela feita anteriormente para o cálcio, relativo ao efeito de concentração e,

QUADRO 8 - Teor e acumulação de magnésio na parte aérea e raiz de colônio e braquiária.^{1/}

Tratamento	Colônio						Braquiária								
	Parte aérea					Raiz		Parte aérea					Raiz		
	1º corte		2º corte		Total	Teor (%) Acum.		1º corte		2º corte		Total	Teor (%) Acum.		
	Teor (%)	Acum. ^{2/}	Teor (%)	Acum.	Acum.	Teor (%)	Acum.	Teor (%)	Acum.	Teor (%)	Acum.	Acum.	Teor (%)	Acum.	Acum.
T	0,5 b	10 d	0,6 a	11 cd	21 e	0,05 b	0,2 e	0,5 b	10 e	0,7 b	19 b	28 f	0,08 b	1,0 de	
C	0,3 d	108 b	0,3 c	27 ab	135 b	0,05 b	5,0 ab	0,4 c	152 b	0,2 d	25 b	178 b	0,05 c	5,0 ab	
C + Cl.	0,5 b	162 a	0,3 c	36 a	197 a	0,06 b	5,0 ab	0,5 b	209 a	0,3 c	47 a	256 a	0,06 c	4,0 abc	
-N	0,2 e	17 d	0,3 c	5 d	23 e	0,06 b	1,0 de	0,3 d	26 e	0,3 c	8 c	33 f	0,08 b	2,0 cde	
-P	0,4 c	15 d	0,3 c	20 bc	34 e	0,14 a	3,0 bcd	0,4 c	18 e	0,3 c	23 b	41 f	0,13 a	3,0 bcd	
-K	0,6 a	59 c	0,0 e	0 d	59 d	0,04 b	0,0 e	0,6 a	96 c	1,0 a	46 a	142 c	0,07 b	0,5 e	
-Ca	0,3 d	102 b	0,4 b	33 a	135 b	0,06 b	6,0 a	0,4 c	142 b	0,2 d	23 b	166 b	0,07 b	6,0 a	
-Mg	0,2 e	74 c	0,2 cd	17 bc	91 c	0,05 b	4,0 abc	0,2 e	90 c	0,1 d	15 bc	105 d	0,04 c	3,0 bcd	
-S	0,4 c	59 c	0,5 ab	10 cd	69 cd	0,07 b	2,0 cde	0,3 d	55 d	0,4 c	19 b	74 e	0,11 ab	4,0 abc	
-Micro	0,3 d	113 b	0,3 c	33 a	146 b	0,04 b	4,0 abc	0,4 c	160 b	0,2 d	24 b	184 b	0,05 c	3,0 bcd	
CV (%)	11,9	12,6	17,4	21,8	9	23,7	31	11,9	12,6	17,4	21,8	9	23,7	31	

1. Na mesma coluna, médias seguidas por letras distintas diferem entre si (Tukey 5%).

2. Acumulado (mg/vaso).

principalmente, à interação entre o magnésio e o potássio. A variação nos teores de Mg ao longo dos cortes na parte aérea não mostrou uma tendência definida, enquanto CARRIEL et alii (1989) observaram um ligeiro aumento no segundo corte de colônia e braquiária para o tratamento completo (que havia recebido calagem) e sem alteração no tratamento completo menos calagem. Por sua vez PAULINO (1990), em vasos, constatou redução progressiva nos teores de Mg com a sucessão de cortes em colônia. Tal como observado para o potássio e o cálcio, a exigência em magnésio pelos bovinos em pastejo é bem inferior ao das plantas, o NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1976) cita como limitante aos animais o teor de 0,04% Mg na matéria seca; portanto, os teores de Mg observados na parte aérea das forrageiras seriam adequados para a nutrição animal.

Também a semelhança do ocorrido para o cálcio, quando houve omissão de Mg, o teor deste (Quadro 8) permaneceu adequado ao crescimento (Quadro 3) de ambas as forrageiras, indicando que o solo atendeu as necessidades da planta até o segundo corte, não se constituindo portanto num nutriente limitante, pelo menos para os primeiros anos de cultivo.

4.3.6. Teor e acumulação de enxofre

Os teores e a acumulação de enxofre observados no 1º corte da parte aérea das forrageiras estudadas foram bastante semelhantes e apresentam, em função dos tratamentos, uma amplitude de variação de 0,04 a 0,3% S. Já no 2º corte da parte

aérea e raiz, houve a tendência da braquiária apresentar teores de S ligeiramente superiores que o colônio (Quadro 9).

Considerando-se 0,15 e 0,16% de S, como nível crítico na parte aérea do colônio e braquiária, respectivamente (CIAT, 1981), verifica-se no 1º corte, que apenas o tratamento menos S em ambas as espécies e o menos Mg para a braquiária, apresentaram teores inferiores aqueles tidos como adequados. Do 1º para o 2º corte, a exceção do tratamento menos N houve uma tendência de redução nos teores de S na parte aérea, sobretudo no colônio; mas os teores não se apresentaram em níveis limitantes naqueles tratamentos que o receberam na adubação básica. Considerando-se que para a nutrição animal (bovinos em pastejo) a exigência na forragem é de 0,1% S (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1976), o tratamento menos S apresentou-se deficiente em ambas as forrageiras, bem como a testemunha no segundo corte de colônio.

Comparando-se os teores dos macronutrientes da parte aérea com os da raiz, nos tratamentos onde os mesmos foram omitidos, observa-se que o enxofre foi o único dos macronutrientes cujo teor na raiz apresentou-se em valor maior que o da parte aérea, evidenciando limitada redistribuição (raiz → parte aérea), mesmo sob condições de sintomas claros de deficiência.

Como já discutido no item 4.2., considerando-se como nível crítico de enxofre no solo para estas forrageiras, 13 a 14 ppm de S-SO₄ (CIAT, 1981), já era esperado resposta a sua aplicação, visto o seu baixo teor na camada superficial (0-30 cm), associado também ao baixo teor de matéria orgânica

QUADRO 9 - Teor e acumulação de enxofre na parte aérea e raiz de colonião e braquiária.^{1/}

Tratamento	Colonião						Braquiária							
	Parte aérea					Raiz	Parte aérea					Raiz		
	1º corte		2º corte		Total		1º corte		2º corte		Total			
	Teor (%)	Acum. ^{2/}	Teor (%)	Acum.	Acum.	Teor (%)	Acum.	Teor (%)	Acum.	Acum.	Teor (%)	Acum.		
T	0,20 b	4 e	0,07 cd	1,5 c	5,5 d	0,05 c	0,5 d	0,20 b	4 e	0,07 de	2 e	6 f	0,10 c	1 d
C	0,20 b	73 ab	0,12 bc	12 a	84 ab	0,08 bc	8,0 abc	0,20 b	74 a	0,15 c	17 bc	92 a	0,13 bc	13 ab
C + CL	0,20 b	72 ab	0,13 bc	14 a	87 ab	0,10 abc	9,0 ab	0,20 b	73 a	0,17 c	24 a	97 a	0,15 abc	12 ab
-N	0,20 b	21 cd	0,24 a	4 bc	26 c	0,14 ab	3,0 cd	0,30 a	26 d	0,50 a	13 cd	39 d	0,19 ab	6 cd
-P	0,20 b	8 e	0,14 b	10 ab	17 cd	0,17 a	4,0 bcd	0,20 b	11 e	0,13 cd	11 d	23 e	0,20 ab	4 cd
-K	0,30 a	32 c	0,00 d	0 c	32 c	0,08 bc	0,3 d	0,30 a	43 c	0,30 b	14 cd	57 c	0,21 a	1 d
-Ca	0,20 b	75 a	0,17 ab	15 a	90 a	0,10 abc	10,0 a	0,20 b	71 ab	0,20 c	23 ab	93 a	0,18 ab	15 a
-Mg	0,20 b	61 b	0,15 b	13 a	74 b	0,10 abc	8,0 abc	0,10 c	59 b	0,13 cd	14 cd	73 b	0,13 bc	8 bc
-S	0,06 c	10 de	0,04 d	1 c	11 d	0,10 abc	2,0 d	0,04 d	8 e	0,02 e	1 e	9 ef	0,13 bc	4 cd
-Micro	0,20 b	69 ab	0,15 b	15 a	84 ab	0,08 bc	8,0 abc	0,20 b	72 a	0,20 c	23 ab	95 a	0,14 bc	9 bc
CV (%)	10,3	12,1	20,1 ¹	23,3	11,2	22,7	35,2	10,3	12,1	20,1	23,3	11,2	22,7	35,2

1. Na mesma coluna, médias seguidas por letras distintas diferem entre si (Tukey 5%).

2. Acumulado (mg/vaso).

(Quadro 2), a principal fonte de S no solo; este fato foi confirmado pelos baixos teores de S na parte aérea de ambas as forrageiras (Quadro 9).

Pela limitação na produção de matéria seca promovida pelo tratamento menos S em ambas espécies (Quadro 3) e pelos seus baixos teores na parte aérea (Quadro 9), conclui-se que o S, tal como observado para o N, P e K, é outro nutriente limitante à nutrição do colônio e braquiária, devendo portanto, ser considerado na adubação destas gramíneas quando cultivadas neste solo.

4.3.7. Teor e acumulação de micronutrientes

Nos tratamentos com micronutrientes foram envolvidos apenas B, Cu e Zn, porém, na análise química das plantas foram determinados B, Cu, Fe, Mn e Zn. O efeito dos tratamentos no teor e acumulação na parte aérea e raiz, serão apresentados e discutidos a seguir.

O teor e acumulação de boro em colônio e braquiária sob influência dos tratamentos são apresentados no Quadro 10.

Observa-se que o teor de boro na parte aérea do colônio e braquiária, inclusive nos tratamentos com omissão de micronutrientes e na testemunha, estão acima daquele considerado crítico em tecidos de gramíneas forrageiras, que segundo Jones (1972) citado por pesquisadores do CIAT (1982b) é de 4 ppm. Isto demonstra ter o solo estudado capacidade em suprir as plantas com este nutriente, o que de certa forma contraria as expectativas,

QUADRO 10 - Teor e acumulação de boro na parte aérea e raiz de colonião e braquiária ^{1/}

Tratamento	Colonião						Braquiária							
	Parte aérea			Raiz			Parte aérea			Raiz				
	1º corte		2º corte	Total	Teor (ppm) Acum.		1º corte		2º corte	Total	Teor (ppm) Acum.			
	Teor (ppm)	Acum. ^{2/}	Teor (ppm) Acum.	Acum.	Teor (ppm)	Acum.	Teor (ppm)	Acum.	Teor (ppm) Acum.	Acum.	Teor (ppm)	Acum.		
T	62 a	121 f	38 bc	73 cd	194 e	14 ab	14 cd	39 a	79 g	22 c	57 e	136 f	16 a	23 de
C	23 cd	776 ab	28 cde	266 ab	1042 ab	6 cde	59 a	18 bc	733 ab	16 cd	193 bc	926 ab	8 c	72 a
C + CL	27 bc	900 a	25 de	260 ab	1161 a	4 de	38 abc	19 bc	760 a	17 cd	244 ab	1004 a	10 bc	77 a
-N	36 b	335 e	49 a	87 c	422 d	10 bc	22 bcd	22 bc	212 fg	24 bc	65 e	278 ef	14 ab	39 cd
-P	59 a	207 ef	32 cd	214 b	420 d	13 ab	32 bcd	47 a	244 f	37 a	319 a	563 d	17 a	37 d
-K	34 b	330 e	0 f	0 d	330 de	17 a	8 d	27 b	413 de	34 ab	157 cd	571 d	16 a	13 e
-Ca	20 cd	633 bc	36 bc	322 a	955 b	4 de	39 ab	14 c	583 bc	17 cd	185 bc	769 bc	8 c	71 ab
-Mg	20 cd	648 b	36 bc	300 a	948 b	4 de	30 bcd	13 c	552 cd	15 cd	165 bcd	717 cd	9 c	64 abc
-S	23 cd	359 de	46 ab	92 c	451 d	8 cd	20 bcd	16 bc	293 ef	23 c	101 de	394 e	14 ab	46 bcd
-Micro	14 d	491 cd	21 e	211 b	702 c	2 e	17 bcd	12 c	501 cd	10 d	119 cde	620 cd	6 c	43 cd
CV (%)	17,6	14,3	17,2	20,4	11,3	17,6	27,6	17,6	14,3	17,2	20,4	11,3	17,6	27,6

1. Na mesma coluna, médias seguidas por letras distintas diferem entre si (Tukey 5%).

2. Acumulado (µg/vaso).

pois o nível de B disponível deste solo (Quadro 2) está abaixo da faixa crítica sugerida por LOPES & CARVALHO (1988) entre 0,4 a 0,6 ppm (extraído com água quente), e no limiar de deficiência proposto por Cox & Kamprath (1972) citados pelos pesquisadores do CIAT (1982b) que é de 0,3 ppm. Um outro fato que contraria o esperado, é que o solo apresenta baixo teor de matéria orgânica (Quadro 2), que é o principal reservatório de boro do solo. Considerando-se ainda que a forma predominante de boro na solução de solo é neutra (carga zero), há considerável perda deste por lixiviação, sobretudo em solo arenosos como este. Talvez em exploração mais intensiva de pastejo ou cortes, haja limitação no crescimento e nutrição destas forrageiras pelo boro.

Enquanto a raiz da braquiária apresentou maior teor e acumulação de boro que o colônio, verifica-se o inverso para a parte aérea. Isto corrobora com os resultados de GALLO et alii (1974), que obtiveram na parte aérea de plantas (coletadas em parcelas de coleção), teores médios para boro de 25 e 18 ppm, para colônio e braquiária, respectivamente. Mesmo a braquiária apresentando maior crescimento, a acumulação de boro pelo colônio foi maior, refletindo portanto em teores mais elevados, e indicando ser este mais exigente neste nutriente que a braquiária.

De maneira geral os teores de Cu na parte aérea das forrageiras estudadas foram semelhantes, exceto no 1º corte nos tratamentos testemunha e menos P nos quais os da braquiária foram superiores, e no 2º corte no tratamento menos S onde colônio apresentou teor mais elevado que braquiária (Quadro 11).

QUADRO 11 - Teor e acumulação de cobre na parte aérea e raiz de colônião e braquiária^{1/}

Tratamento	Colônião						Braquiária							
	Parte aérea					Raiz	Parte aérea							Raiz
	1º corte		2º corte		Total		1º corte		2º corte		Total	Raiz		
	Teor (ppm)	Acum. ^{2/}	Teor (ppm)	Acum.	Acum.	Teor (ppm)	Acum.	Teor (ppm)	Acum.	Teor (ppm)	Acum.	Acum.	Teor (ppm)	Acum.
T	23 a	45 f	9 c	17 de	62 f	12 cde	12 f	63 a	126 ef	7 d	17 c	143 ef	9 bcd	14 c
C	8 bc	284 bc	6 d	55 bc	339 b	8 e	82 bc	9 c	390 ab	8 cd	96 a	486 ab	9 bcd	87 a
C + CL	9 bc	290 abc	6 d	70 ab	361 ab	9 de	83 bc	11 c	417 a	7 d	97 a	514 a	8 cd	59 ab
-N	12 bc	113 ef	9 c	17 de	130 ef	18 d	41 def	7 c	70 f	8 cd	21 c	91 f	13 ab	41 bc
-P	25 a	88 f	13 b	86 a	175 de	23 a	55 cde	51 b	269 cd	11 b	95 a	364 c	15 a	33 bc
-K	18 ab	175 de	0 e	0 e	175' de	10 cde	4 f	14 c	218 d	14 a	63 b	281 d	17 a	13 c
-Ca	11 bc	356 a	7 cd	64 ab	421 a	14 bc	130 a	9 c	364 ab	8 cd	95 a	460 ab	11 bc	94 a
-Mg	10 bc	319 ab	6 d	54 bc	373 ab	13 cd	99 ab	9 c	364 ab	9 bc	93 a	456 ab	10 bcd	62 ab
-S	13 bc	205 d	18 a	36 cd	241 cd	14 bc	35 ef	8 c	141 e	9 bc	41 bc	182 e	9 bcd	31 bc
-Micro	7 c	237 cd	6 d	64 ab	301 bc	8 e	75 bcd	8 c	329 bc	8 cd	96 a	425 bc	7 d	57 ab
CV (%)	25,9	12,4	11,6	19,2	11	15,6	28,7	25,9	12,4	11,6	19,2	11	15,6	28,7

1. Na mesma coluna, médias seguidas por letras distintas diferem entre si (Tukey 5%).
 2. Acumulado (µg/vaso).

Observa-se que a exceção dos tratamentos menos N e menos S, a acumulação de Cu na parte aérea em ambos os cortes foi superior na braquiária, o que se explica pelo maior crescimento desta em relação ao colônio (Quadro 3 e Figura 3). GALLO et alii (1974) e SOUSA (1986) encontraram teores de Cu na parte aérea de colônio superiores aos de braquiária, afirmando o último autor que depois do fósforo, a deficiência de Cu é das mais limitantes para animais em pastejo, especialmente em rebanhos criados em pastagens de braquiária em áreas de cerrado, sem suplementação mineral.

Nota-se ainda no Quadro 11 tendência de redução dos teores de Cu da parte aérea do 1º para o 2º corte. A primeira vista isto poderia sugerir o esgotamento deste nutriente no solo do vaso, já que a produção de matéria seca também foi menor no 2º corte. Talvez uma possível explicação seja devido a limitação de outros nutrientes (N, P, K e S) estarem prejudicando a absorção de Cu. CARRIEL et alii (1984) trabalhando com aveia e azevém, e PAULINO et alii (1986) com *Brachiaria humidicola* e *Setaria anceps* cv kazungula, observaram também a tendência de redução nos teores de Cu na parte aérea em cortes sucessivos. Quando se compara o teor e a acumulação de Cu na raiz com os da parte aérea no 2º corte, em ambas as forrageiras, nota-se maior riqueza deste nutriente na raiz. Este comportamento confirma a baixa mobilidade do Cu no floema, ou seja, a sua redistribuição (raiz → parte aérea) é muito reduzida.

O teor de 1,1 ppm de Cu do solo (Quadro 2), está acima da faixa crítica de 0,5 a 0,8 ppm (Mehlich I) proposta por LOPES

* CARVALHO (1988) e de 0,2 ppm sugerido por Cox & Kamprath (1972) citado no CIAT (1982b) como o nível de deficiência de Cu para solos ácidos. O solo foi capaz de suprir as exigências destas forrageiras, que segundo Jones (1972) citado no CIAT (1982b) é 5 ppm de Cu na matéria seca. Quanto a exigência de bovinos em pastejo, os teores de cobre observados no colônião e braquiária são suficientes para atender a mesma, que é segundo o NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1976) de 4 ppm.

Quanto ao ferro, não tem sido reportado limitação deste nutriente ao crescimento de gramíneas forrageiras. Este fato deve, em solos tropicais, ao elevado conteúdo deste elemento e a condição de acidez destes solos que se traduzem, geralmente, em elevada disponibilidade deste nutriente as plantas, cuja confirmação para este solo está no Quadro 2. Sendo este o motivo da não inclusão de Fe na adubação básica. No Quadro 12, são apresentados os valores relativos a nutrição com ferro de colônião e braquiária.

Observa-se que as raízes de braquiária apresentam teores e acumulação de ferro mais elevados que as de colônião, exceto quando omitiu-se fósforo e micronutrientes (B, Cu e Zn). Esta tendência não foi confirmada na parte aérea no 1º corte, porém no 2º corte, a braquiária mostrou-se mais exigente em ferro que o colônião. Em levantamento da composição mineral de braquiária e outras gramíneas forrageiras coletadas em pastos do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, SOUSA (1986) obteve teor médio na parte aérea mais elevado para braquiária (261 ppm) em relação ao colônião (154 ppm). Ressalta-se ainda que na omissão de

QUADRO 12 - Teor e acumulação de ferro na parte aérea e raiz de colonião de braquiária.^{1/}

Tratamento	Colonião						Braquiária							
	Parte aérea			Raiz			Parte aérea			Raiz				
	1º corte		2º corte	Total		Teor (ppm) Acum.		1º corte		2º corte	Total		Teor (ppm) Acum.	
	Teor (ppm)	Acum. ^{2/}	Teor (ppm)	Acum.	Acum.	Teor (ppm)	Acum.	Teor (ppm)	Acum.	Teor (ppm)	Acum.	Acum.	Teor (ppm)	Acum.
T	157 bc	0,3 e	49 b	0,1 cd	0,4 d	139 cd	0,1 b	165 a	0,3 e	51 e	0,1 e	0,5 d	343 a	0,5 e
C	79 e	2,7 bc	69 ab	0,7 a	3,4 b	173 bcd	1,8 a	67 c	2,8 ab	98 bc	0,9 bc	3,9 b	304 ab	2,9 a
C + CL	88 de	2,9 bc	79 ab	0,8 a	3,7 b	181 bcd	1,7 a	103 bc	4,0 a	104 bc	1,5 a	5,5 a	245 bc	1,9 bc
-N	196 b	1,8 cd	82 a	0,1 cd	1,9 c	171 bcd	0,4 b	81 bc	0,8 e	65 de	0,2 e	1,0 d	215 bcd	0,6 e
-P	168 b	0,6 de	76 ab	0,5 abc	1,1 cd	307 a	0,7 b	185 a	1,0 de	99 bc	0,8 bc	1,8 bc	186 cd	0,4 e
-K	139 bcd	1,3 de	0 c	0,0 d	1,3 cd	172 bcd	0,1 b	139 ab	2,2 bcd	148 a	0,7 cd	2,9 bc	249 bc	0,2 e
-Ca	354 a	11,2 a	67 ab	0,6 ab	11,8 a	215 abc	2,1 a	60 c	2,4 bc	81 cde	0,9 bc	3,1 b	282 ab	2,4 ab
-Mg	105 cde	3,3 b	57 ab	0,5 abc	3,9 b	229 abc	1,7 a	66 c	2,7 b	119 ab	1,3 ab	4,0 b	269 abc	1,7 bcd
-S	57 e	0,9 de	54 ab	0,1 cd	1,0 cd	108 d	0,3 b	65 c	1,2 cde	77 cde	0,3 de	1,5 cd	279 abc	0,9 de
-Micro	63 e	1,1 e	54 ab	0,5 abc	1,6 cd	237 ab	2,2 a	58 c	2,3 bc	93 bcd	1,1 ab	3,5 b	142 d	1,0 cde
CV (%)	21	24,1	17,9	32,4	20,2	18	34,1	21	24,1	17,9	32,4	20,2	18	34,1

1. Na mesma coluna, médias seguidas por letras distintas diferem entre si (Tukey 5%).

2. Acumulado (mg/vaso).

cálcio, a parte aérea de colonião no 1º corte apresentou teor e acumulação de ferro exageradamente alto. Procedeu-se neste caso as novas análises das amostras, contudo não verificou-se alteração nos valores. A não adubação com cálcio poderia sugerir ter havido menor competição do cálcio com o ferro pelos sítios de absorção na membrana plasmática, visto que ambos são cátions. Porém, este alto teor de Fe não foi observado no 2º corte da parte aérea do colonião, nem da braquiária em qualquer dos cortes. A explicação talvez esteja numa possível contaminação das amostras do 1º corte do tratamento menos Ca para o colonião.

McNaught (1970) citado por REID & JUNG (1974) propõe a faixa crítica de 50 a 70 ppm de Fe na parte aérea como adequada a nutrição de gramíneas forrageiras. Isto permite afirmar portanto, que o solo durante o período considerado, atendeu as exigências de ambas forrageiras, visto o crescimento normal das plantas e ausência de qualquer sintoma de deficiência do elemento em qualquer dos tratamentos. O ferro é um mineral importantíssimo na dieta dos ruminantes, entretanto as pastagens brasileiras, via de regra, possuem em abundância este elemento (SOUSA, 1986). A exigência em ferro de bovinos em pastejo é de 10 ppm na matéria seca de forragem e que teores acima de 400 ppm são tóxicos (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1976), considerando portanto estes parâmetros, a nutrição destes animais com ferro seria normal para ambas as forrageiras.

Os teores e a acumulação de Mn em colonião e braquiária são apresentados no Quadro 13.

A absorção de Mn pelas forrageiras estudadas neste

QUADRO 13 - Teor e acumulação de manganês na parte aérea e raiz de colonião e braquiária.^{1/}

Tratamento	Colonião							Braquiária						
	Parte aérea						Raiz	Parte aérea						Raiz
	1º corte		2º corte		Total			1º corte		2º corte		Total		
	Teor (ppm)	Acum. ^{2/}	Teor (ppm)	Acum.	Acum.	Teor (ppm)	Acum.	Teor (ppm)	Acum.	Teor (ppm)	Acum.	Acum.	Teor (ppm)	Acum.
T	321 ef	0,6 g	246 de	0,5 de	1,1 e	89 c	0,1 c	259 e	0,5 g	244 d	0,6 d	1,1 a	169 de	0,2 b
C	424 cd	14,5 b	751 b	7,2 b	21,8 b	149 abc	1,5 ab	407 bc	16,7 b	1340 ab	15,5 a	32,3 a	371 bc	3,5 a
C + CL	235 f	7,9 d	443 cd	4,5 c	12,4 c	102 bc	0,9 abc	259 e	10,2 d	646 c	9,0 b	19,1 c	164 e	1,2 b
-N	420 cde	3,8 ef	1335 a	2,4 cde	6,2 d	276 a	0,6 bc	306 de	3,0 f	574 c	1,5 d	4,5 e	242 cde	0,8 b
-P	507 c	1,8 fg	428 cd	2,8 cd	4,6 de	246 ab	0,6 bc	601 a	3,1 f	707 c	6,1 c	9,2 d	486 ab	1,0 b
-K	1240 a	12,1 c	0 e	0,0 e	12,1 c	229 abc	0,1 c	584 a	9,1 d	1616 a	7,6 bc	16,7 c	379 bc	0,3 b
-Ca	646 b	20,4 bc	1586 a	13,9 a	34,3 a	218 abc	2,1 a	466 b	18,9 a	1210 b	13,3 a	32,3 a	477 ab	3,9 a
-Mg	438 cd	14,2 bc	894 b	7,4 b	21,6 b	176 abc	1,4 ab	347 cde	13,7 c	1315 b	14,0 a	27,7 b	535 a	3,4 a
-S	350 de	5,5 e	632 bc	1,2 de	6,8 d	226 abc	0,6 bc	320 cde	5,8 e	555 c	2,5 d	8,3 b	313 cd	1,0 b
-Mícro	397 de	13,8 bc	820 b	8,3 b	22,1 b	209 abc	1,9 a	395 bcd	16,2 b	1186 b	14,0 a	30,2 ab	215 de	1,4 b
CV (%)	9,7	9,6	14,4	16,4	9,4	23,7	38,3	9,7	9,6	14,4	16,4	9,4	23,7	38,3

1. Na mesma coluna, médias seguidas por letras distintas diferem entre si (Tukey 5%).

2. Acumulado (mg/vaso).

trabalho foi bastante intensa, pois os teores deste nutriente na parte aérea foram sensivelmente superiores aos obtidos por GALLO et alii (1974) em pastos paulistas, 90 e 174 ppm, e por SOUSA (1986) em pastos do centro oeste, 108 e 151 ppm, em colônia e braquiária, respectivamente. Considerando-se a faixa crítica de Mn no solo de 2 a 5 ppm extraídos pelo Mehlich 1 (LOPES & CARVALHO, 1988) e o nível de deficiência de 1,0 ppm para solos ácidos (Cox & Kamprath, 1972 citados no CIAT, 1982b), fica explicada a grande absorção deste nutriente, pois o teor de Mn disponível no solo foi 178 ppm extraído pelo Mehlich 1 (Quadro 2). A semelhança do explicado para o ferro nos solos tropicais, devido ao elevado teor total deste elemento e ao baixo pH, apresentam normalmente elevado teor de Mn disponível, sendo reportado mais comumente problemas de excesso do que deficiência em plantas.

Estudo realizado no CIAT (1982b), no qual cultivou-se sob condições de campo gramíneas e leguminosas forrageiras, em níveis baixos (10 ppm) e alto (86 ppm) de manganês, verificou-se comportamento distinto dos ecotipos dentro de cada espécie, ou seja, alguns crescem mais em alto teor de Mn enquanto outros em baixo. No presente trabalho, embora tendo sido utilizado um solo com alto teor de Mn (178 ppm), ambos os materiais utilizados de braquiária e colônia parecem ser tolerantes ao alto teor de Mn. Pesquisadores do CIAT (1985), em experimento conduzido por 4 anos, mostraram que houve tendência de redução da produção de matéria seca de três espécies de *Brachiaria* as doses de Mn (0,25; 0,5; 1,0 kg Mn.ha⁻¹).

Observa-se ainda pelo Quadro 13, que de maneira geral, a acumulação de Mn acompanhou a produção de matéria seca (Quadro 3). Por outro lado, enquanto os menores teores ocorreram no tratamento C + CL, os maiores foram observados onde os cátions foram omitidos, notadamente no menos K. Este fato, possivelmente, deve-se a interação destes cátions com o Mn no processo de absorção. Teores considerados adequados a nutrição de gramíneas forrageiras variam entre 25 e 35 ppm (McNaught, 1970 citado por REID & JUNG, 1974), que estão bem abaixo dos encontrados neste trabalho. Quanto à exigência de bovinos em pastejo, há necessidade de 20 ppm de Mn na matéria seca da forragem (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1976). Suspeitando-se neste caso de problemas nutricionais aos animais consumindo continuamente forragem tão rica em manganês.

Com relação ao Zn, na parte aérea notadamente no 1º corte, houve tendência da braquiária apresentar teores e acumulação superiores ao colômbio, enquanto na raiz isto não foi observado (Quadro 14).

Verifica-se ainda que na omissão de P o teor de Zn, tanto na raiz quanto na parte aérea, superou aqueles ocorridos nos demais tratamentos. Muitos pesquisadores têm estudado o efeito do alto nível de suprimento de fósforo na deficiência de zinco. Quatro são as possíveis causas sugeridas para explicar esta interação (MALAVOLTA, 1980): a) formação de composto P-Zn no solo de menor solubilidade; b) inibição não competitiva; c) menor transporte do Zn para a parte aérea e d) efeito de diluição. Destas causas possivelmente, a (b) e a (d) tiveram maior

QUADRO 14 - Teor e acumulação de zinco na parte aérea e raiz de colonião e braquiária.^{1/}

Tratamento	Colonião						Braquiária							
	Parte aérea			Raiz			Parte aérea			Raiz				
	1º corte		2º corte	Total		Teor (ppm)	Acum.	1º corte		2º corte	Total		Teor (ppm)	Acum.
	Teor (ppm)	Acum. ^{2/}	Teor (ppm)	Acum.	Teor (ppm)			Acum.	Teor (ppm)	Acum.	Teor (ppm)	Acum.		
T	72 bc	0,1 d	38 cd	0,1 d	0,2 e	36 c	0,1 c	74 bcd	0,5 e	28 f	0,1 fg	0,6 e	35 de	0,1 d
C	50 cde	1,7 a	39 cd	0,4 ab	2,1 a	52 c	0,5 a	71 cde	2,9 a	66 bc	0,8 b	3,7 a	70 abc	0,6 ab
C + CL	57 cd	1,9 a	34 d	0,3 ab	2,2 a	44 c	0,4 ab	75 bc	2,9 a	61 bcd	0,8 b	3,8 a	46 cde	0,3 c
-N	43 de	0,4 cd	53 bc	0,1 d	0,5 de	110 ab	0,2 b	46 e	0,4 e	35 ef	0,1 fg	0,5 e	73 abc	0,2 cd
-P	203 a	0,7 bc	76 a	0,5 a	1,2 bc	137 a	0,3 ab	209 a	1,1 cd	165 a	1,4 a	2,5 c	80 ab	0,2 cd
-K	92 b	0,9 b	0 e	0,0 d	0,9 bcd	45 c	0,1 c	99 b	1,5 bc	155 a	0,7 bcd	2,2 c	90 a	0,1 d
-Ca	54 cde	1,7 a	44 cd	0,4 ab	2,1 a	50 c	0,5 a	73 bcd	2,9 a	54 cd	0,6 cde	3,6 ab	82 ab	0,7 a
-Mg	50 cde	1,6 a	37 cd	0,3 bc	1,9 a	56 c	0,4 ab	61 cde	2,5 a	50 cde	0,5 de	3,0 b	59 bcde	0,4 bc
-S	39 de	0,6 bcd	70 ab	0,1 cd	0,7 cd	89 b	0,2 b	57 cde	1,0 d	72 b	0,3 f	1,3 d	62 abcd	0,2 cd
-Micro	30 e	1,0 b	31 d	0,3 bc	1,4 b	31 c	0,3 ab	48 de	2,0 b	44 def	0,5 de	2,5 c	30 e	0,2 cd
CV (%)	15,1	14,5	13	17,9	12,2	19,8	30,4	15,1	14,5	13	17,9	12,2	19,8	30,4

1. Na mesma coluna, médias seguidas por letras distintas diferem entre si (Tukey 5%).
 2. Acumulado (mg/vaso).

contribuição, pois na omissão do P, o crescimento reduzido e o pequeno teor de P no solo, possibilitaram o aumento da concentração de Zn nos tecidos. Por outro lado no tratamento menos N, que limitou severamente o crescimento (Quadro 3), os teores de Zn na parte aérea foram sempre os mais baixos em ambos os cortes e forrageiras, porém os teores na raiz foram os maiores. Talvez uma possível explicação, além da inibição não competitiva promovida pelo P aplicado na adubação básica, seja que em baixo nível de N houve distúrbios na formação de carregadores (de natureza química não bem conhecida, porém contendo compostos nitrogenados MENGEL & KIRKBY, 1987), dificultando portanto a absorção ativa do Zn, e ficando este ligado nos radicais negativos (carboxílicos e fenólicos) da parede celular. Outra possibilidade talvez seja que o nitrogênio (formas orgânicas ou inorgânicas) participe de alguma maneira na translocação do Zn da raiz para a parte aérea, visto o seu acúmulo na raiz quando o N foi omitido.

O teor crítico de Zn na parte aérea de gramíneas proposto por Jones (1972) e citado no CIAT (1982b), é de 20 ppm, o que permite inferir, que o crescimento do colônio e da braquiária não foi limitado pela nutrição de Zn neste solo. Em levantamento da composição mineral das pastagens de São Paulo, GALLO et alii (1974) encontraram 20,7 e 27,3 ppm de Zn na parte aérea de colônio e braquiária, respectivamente, que estão bem abaixo dos observados neste trabalho. Por sua vez o solo mostrou-se capaz em fornecer o Zn necessário as plantas, durante o período de estudo. Isto já era de certa forma esperado pois

como observado no Quadro 2, o mesmo apresenta 2,5 ppm (Mehlich 1), portanto acima daquele considerado crítico para solo ácidos, 0.5 ppm (Cox & Kamprath, 1972 citados no CIAT, 1982b) e da faixa crítica proposta por LOPES & CARVALHO (1988) que varia de 0,8 a 1,0 ppm usando o mesmo extrator.

Quanto a nutrição animal (bovinos em pastejo), o NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1976) indica que o requerimento é de 20 a 30 ppm de Zn na matéria seca da forragem. Este valor pode ser aumentado para 50 ppm em *Brachiaria decumbens* devido a presença de toxinas produzidas por fungos, que podem causar microlesões hepáticas, o que induz ao aumento das necessidades nutricionais em função de maiores perdas deste elemento, principalmente pela urina (SOUSA, 1986).

4.3.8. Seqüência da exigência nutricional e eficiência de utilização de N, P, K e S das espécies

O total absorvido pela planta e acumulado pela parte aérea (1º + 2º cortes) em mg/vaso, para o tratamento completo (Quadros 5 a 15), foi o seguinte:

Colonião: N (725) > K (433) > P (247) > Ca (241) > Mg (135) > S (84) > Mn (21,8) > Fe (3,4) > Zn (2,1) > B (1,0) > Cu (0,34).

Braquiária: N (880) > K (519) > Ca (263) > P (190) > Mg (178) > S (92) > Mn (32,3) > Fe (3,9) > Zn (3,7) > B (0,9) > Cu (0,49).

Neste trabalho o que chama a atenção é a grande

absorção de P pelo colônião, sugerindo ter esta forrageira, ao contrário da braquiária, condições de suprir melhor as exigências de animais em pastejo, desde que o solo possua teor adequado de P disponível (ver item 4.3.2.). Isto é importante, pois o P juntamente com o Na, são os nutrientes fornecidos em maior quantidade na suplementação mineral dos animais.

As seqüências acima diferem das encontradas por HAAG et alii (1967); WERNER & HAAG (1972) para o colônião e de CARRIEL et alii (1989) para ambas forrageiras. Ressalta-se que as quantidades acumuladas dos nutrientes em determinada espécie, são influenciadas pela idade de colheita (ou corte), pelo tipo de solo e adubação, ou no caso de trabalhos em solução nutritiva, pelas concentrações dos nutrientes.

Segundo SIDDIQI & GLASS (1981) para calcular eficiência de utilização de nutrientes pelas plantas deve-se considerar que do ponto de vista prático o objetivo primário na agricultura é elevar a produtividade (aumentar ou manter altos rendimentos dentro de critérios econômicos), e que o crescimento da planta está ligado diretamente a concentração do nutriente e não simplesmente da sua quantidade absoluta, pois o crescimento só ocorre a partir de uma concentração mínima, que é diferente entre plantas (espécies ou variedades de uma espécie). Considerando portanto a proposição destes autores, calculou-se a eficiência e o índice de utilização dos nutrientes que mais limitaram o crescimento da parte aérea das forrageiras (Quadro 15).

Com relação aos cortes observa-se que a eficiência de

QUADRO 15. Eficiência de utilização de N, P, K e S pela parte aérea do colônio e braquiária no 1º e 2º cortes e total, e os respectivos índices de utilização.

Tratamento	Corte	Eficiência de utilização ^{1/}								Índice de utilização ^{2/}			
		Colônio				Braquiária				(Braq. x Col. ⁻¹)			
		N	P	K	S	N	P	K	S	N	P	K	S
T	1º	0,09	1,80	0,08	0,90	0,090	2,00	0,12	1,00	1,00	1,11	1,50	1,11
	2º	0,21	1,80	0,30	2,41	0,320	3,38	0,31	3,38	1,52	1,88	1,03	1,40
	Total	0,25	3,61	0,26	2,89	0,310	5,29	0,38	3,53	1,24	1,46	1,46	1,22
C	1º	1,88	6,06	3,26	16,12	2,290	11,57	3,80	22,83	1,21	1,91	1,16	1,42
	2º	0,95	1,77	1,31	7,84	0,960	3,04	1,82	8,05	1,01	1,72	1,39	1,03
	Total	2,67	7,84	4,47	23,05	3,170	14,67	5,37	30,30	1,19	1,87	1,20	1,31
-N	1º	1,23				1,29				1,05			
	2º	0,19				0,33				1,74			
	Total	1,40				1,62				1,16			
-P	1º		3,24				5,41				1,67		
	2º		8,71				10,81				1,24		
	Total		11,56				16,10				1,39		
-K	1º			1,68				4,29				2,55	
	2º			-				1,58				-	
	Total			1,68				5,91				3,52	
-S	1º				24,96				40,50				1,62
	2º				4,00				19,36				4,84
	Total				28,80				55,75				1,93

1. EU = g² (MS) x mg⁻¹ (nutriente); 2. IU = EU braq. x EU col.⁻¹

utilização foi maior no 1º corte devido ao maior crescimento ocorrido até o mesmo. Com a menor disponibilidade de nutrientes para o 2º cultivo, houve menor crescimento e conseqüentemente menor eficiência de utilização. Ressalta-se entretanto que esta tendência não ocorreu nos tratamentos testemunha e no menos P, o que talvez possa ser explicado pelo baixo teor de P disponível do solo (Quadro 2) e pelo pequeno crescimento radicular nestes tratamentos (Quadro 3), o que dificultou a difusão do P até a raiz com conseqüente redução na absorção e acumulação deste nutriente (Quadro 5), e isto levou a um crescimento da parte aérea no 1º corte menor que aquele do 2º.

Quando se compara as eficiências de utilização de N, P, K e S de braquiária e colônia através dos índices de utilização, nota-se que a primeira foi sempre mais eficiente em utilizar os referidos nutrientes que o colônia, notadamente o K e o S nos tratamentos em que estes nutrientes foram omitidos.

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que o trabalho foi conduzido, os resultados permitem as seguintes conclusões:

O solo mostrou-se incapaz em suprir as exigências do colonião e braquiária em N, P, K e S e, suficiente para o Ca, Mg e micronutrientes, sendo a calagem desnecessária. Entretanto, a riqueza da forragem em Mn pode levar a possíveis problemas aos animais que dela se alimentam.

Considerando a média de produção de matéria seca das duas espécies, as omissões de N, P, K e S reduziram o crescimento da parte aérea (1ª + 2ª cortes) a 25, 25, 30 e 41% do tratamento completo, respectivamente. O perfilhamento das espécies foi afetado em ordem decrescente pelas omissões de P, N, S e K, sendo a braquiária mais prolífica que o colonião. Isto significa que neste solo tanto o colonião quanto a braquiária somente terão crescimento e longevidade satisfatórios e nutrição adequada se adubadas com N, P, K e S.

A braquiária apresentou maior produção de matéria seca pela parte aérea e utilizou mais eficientemente o N, P, K e S que o colonião. Este mostrou uma tendência de maiores teores de N, P, K, Ca, Mg e B na parte aérea, enquanto a braquiária para S, Cu, Fe, Mn e Zn.

6. RESUMO

A gradativa redução na capacidade de suporte das pastagens da região noroeste do estado do Paraná, deve-se ao esgotamento da fertilidade do solo causado pela erosão e manejo inadequado. Na reforma da pastagem é comum entre os pecuaristas locais o plantio por um ano de culturas anuais. Com a expansão do cultivo da mandioca nas áreas de reforma da pastagem, estimulada pelo grande número de fecularias que se instalaram na região, o problema tornou-se relevante, pois a cultura da mandioca não recebe adubação, assumindo portanto caráter predatório da fertilidade do solo. Como consequência têm sido observado pastagens mal estabelecidas, diminuição da produtividade e do valor nutricional da forragem, maior infestação por plantas invasoras e, conseqüentemente, menor longevidade da pastagem.

Assim, em um LE, predominante na região, cultivado anteriormente com mándioca, foi conduzido junto ao Departamento de Ciência do Solo da ESAL, Lavras-MG, um experimento em vasos sob condições de casa de vegetação, utilizando-se a técnica do nutriente faltante, com os objetivos de avaliar as condições de fertilidade, e o efeito dos macro e micronutrientes no crescimento, perfilhamento e na nutrição mineral das forrageiras

colonião e braquiária, espécies bastante difundidas nas pastagens locais.

O solo mostrou-se incapaz em suprir as exigências do colonião e braquiária em N, P, K e S e, suficiente para o Ca, Mg e micronutrientes, sendo a calagem desnecessária. Ressalta-se entretanto que a riqueza da forragem em Mn pode levar a possíveis problemas aos animais que dela se alimentam.

Considerando a média de produção de matéria seca das duas espécies, as omissões de N, P, K e S na adubação reduziram o crescimento da parte aérea (1^o + 2^o cortes) a 25, 25, 30 e 41% do tratamento completo, respectivamente. As raízes, entretanto, tiveram o crescimento radicular mais prejudicado pela omissão de K seguida pela de P, N e S. O perfilhamento das espécies foi afetado em ordem decrescente pelas omissões de P, N, S e K, sendo a braquiária mais prolífica que o colonião. Isto significa que neste solo tanto o colonião quanto a braquiária somente terão crescimento e longevidade satisfatórios e nutrição adequada se adubadas com N, P, K e S.

A braquiária apresentou maior produção de matéria seca pela parte aérea e utilizou mais eficientemente o N, P, K e S que o colonião. Este mostrou uma tendência de maiores teores de N, P, K, Ca, Mg e B na parte aérea, enquanto a braquiária para S, Cu, Fe, Mn e Zn.

Para o tratamento completo observou-se as seguintes sequências de exigência (total acumulado na parte aérea em ambos os cortes):

colonião: N > K > P > Ca > Mg > S > Mn > Fe > Zn > B > Cu;

braquiária: N > K > Ca > P > Mg > S > Mn > Fe > Zn > B > Cu.

7. SUMMARY

The gradual reduction of the support capacity of pasture in northwest region of Paraná State is due to reduction in soil fertility level triggered by erosion and inappropriate soil management. In order to recuperate the pasture it is common among farmers the cultivation of annual crops for one year. With the expansion of cassava cultivation in such a region, soil fertility level has decreased further due to the fact that farmer rarely fertilize this culture. As a consequence, it has been observed productivity reduction as well as nutritional value of the pasture and increase of invading plants.

This study involve the cultivation in greenhouse of guinea grass (*Panicum maximum* Jacq) and braquiaria grass (*Brachiaria decumbens* Stapf) in a Dark Red Latosol of the northwest region of Paraná State, with the objective of evaluating the effect of its fertility level upon growth and mineral nutrition of those pastures. Such evaluation was done through the lacking nutrient technic.

The soil was unable to supply satisfactorily N, P, K

and S to guinea grass and braquiaria grass. On the other hand, there was no problem with regard to Ca, Mg and minor nutrients supplying capability. Also, liming showed to be desnecessary. Both forage had high content of Mn, antecipating problems with animal nutrition.

Omission of N, P, K and S reduced growth of aerial part by 25, 25, 30 and 41%, respectively, as compared to complete treatment. Root growth, however, was most affected by lacking of K. Shooting of both species was affected in a decreased manner by lacking of P, N, S and K, being braquiaria grass more prolific than guinea grass. Therefore, in such a soil the growth of both species will only be satisfactory with adequate supply of N, P, K and S. Braquiaria grass had greater dry matter production and was more efficient in utilizing N, P, K and S than guinea grass. For the complete treatment, it was observed the following tendence of nutrient accumulation in the aerial part, considering both harvests:

Braquiaria grass: N > K > Ca > P > Mg > S > Mn > Fe > Zn > B > Cu;

Guinea grass: N > K > P > Ca > Mg > S > Mn > Fe > Zn > B > Cu.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVAREZ V., V.H. Enxofre: critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiência e excessos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17, Londrina, 1986. Anais... Londrina, EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. P.31-59.
2. ANDREW, C.S. & ROBINS. The effect of phosphorus on the growth, chemical composition, and critical phosphorus percentages of some tropical pastures grasses. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, 22(6): 693-706, Sep. 1971.
3. ASHER, C.J.; EDWARDS, D.G. & HOWELER, R.H. **Desordenes nutricionales de la yuca**. Cali, CIAT, 1980. 48p.
4. BISSANI, C.A. & TEDESCO, M.J. O enxofre no solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 22, Londrina, 1988. Anais... Londrina, EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p.11-27

5. CARRIEL, J.M.; WERNER, J.C.; ABRAMIDES, P.L.G.; MONTEIRO, F.A. & MEIRELLES, N.M.F. Limitações nutricionais de um solo podzólico vermelho amarelo para o cultivo de três gramíneas forrageiras. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, 46(1):61-73, jan/jun. 1989.
6. CARVALHO, M.M.; CRUZ FILHO, A.B. & BROTEL, M.A. Formação de pastagens. In: CURSO DE PECUÁRIA LEITEIRA PARA TÉCNICOS DA NESTLÉ, 3, São Paulo, Nestlé, 1984. p.8-18.
7. _____; MARTINS, C.E.; VERNEQUE, R.S. & SIQUEIRA, C. Resposta da *Brachiaria decumbens* à fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Campinas, 27:249, 1990. (Resumos).
8. CASAGRANDE, J.C. & SOUZA, O.C. Efeito de níveis de enxofre sobre quatro gramíneas forrageiras tropicais em solos sob vegetação de cerrado do Mato Grosso do Sul, Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 17(1):21-5, 1982.
9. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Cassava program. In: _____. *Annual Report - 1981*. Cali, 1982a. p.27-55.

10. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Fertilidade del suelo y nutrición de la planta. In: _____. **Informe anual - 1978: programa de ganado de carne.** Cali, 1978a. p.B86-B104.
11. _____. Fertilidad del suelo y nutricion de las plantas. In: _____. **Informe anual - 1980: programa de pastos tropicales.** Cali, 1981. p.57-68.
12. _____. Fertilidade de suelos y nutrición de plantas. In: _____. **Informe anual - 1981: programa de pastos tropicales.** Cali, 1982b. p.171-94.
13. _____. Nutricion mineral de plantas forrajeras. In: _____. **Informe anual - 1977: programa de ganado de carne.** Cali, 1978b. p.A61-5.
14. _____. Suelos/nutricion plantas. In: _____. **Informe anual - 1983: programa de pastos tropicales.** Cali, 1983. p.179-203.
15. _____. Suelos/nutricion plantas. In: _____. **Informe anual 1984: programa de pastos tropicales.** Calim 1985. p.133-51.
16. _____. Suelos/nutricion plantas. In: _____. **Informe anual 1985: pastos tropicales,** Cali, 1986. p.251-78.

17. CHAMINADE, R. Recherches sur la fertilité et la fertilisation des sols em régions tropicales. *L'Agronomie Tropicale*, France, 27(9):891-904, Sept. 1972.
18. COCK, J.H. Components of a new technology. In: _____. **Cassava, new potential for a neglected crop**. Boulder, International Agricultural Development Service, 1985. p.89-91.
19. COMASTRI FILHO, J.A. A variação da produtividade, digestibilidade e composição química do capim elefante "mineiro" (Pennisetum purpureum, Schum) com a sucessão de cortes e a aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. Viçosa, UFV, 1977. 51p. (Tese MS).
20. CORSI, M. Adubação nitrogenada de pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. de & FARIA, V.P. de. **Pastagens; fundamentos da exploração racional**. Piracicaba, FEALQ, 1986. p.109-32.
21. COSTA, G.G.; MONERAT, P.H. & GOMIDE, J.A. Efeito de doses de fósforo sobre o crescimento e teor de fósforo do capim jaraguá e capim colômbio. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 12(1):1-10, 1983.

22. CURI, N. Litosequence and toposequence of oxisols from Goiás and Minas Gerais states, Brazil. West Laffayette, Purdue University, Indiana, USA, 1983. 157p. (Tese de Doutorado).
23. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, 1979. n.p.
24. _____. Relatório técnico anual do centro nacional de pesquisa de gado de corte, 1979. Campo Grande, 1981. 116p.
25. FASSBENDER, W.H. Química de suelos. San José, IICA, 1986. 398p.
26. FENSTER, W.E. & LEÓN, L.F. Considerações sobre a fertilização fosfatada no estabelecimento e persistência de pastagens em solos ácidos e de baixa fertilidade na América Latina Tropical. In: SANCHEZ, P.A.; TERGAS, L.E. & SERRÃO, E.A.S. Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos. Brasília, CIAT/EMBRAPA, 1982. p.127-41.
27. FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S. & AQUINO, L.H. de. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 4(1):5-8, jan/abr. 1980.

28. 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 forrageiras do estado de São Paulo. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, 31(1):115-37, jan/jun. 1974.
29. GODOY, H.; CORRÊA, A.R. & SANTOS, D. dos. Clima do Paraná. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Londrina, IAPAR, 1976. Cap.1. p.16-38.
30. GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 2.ed. São Paulo, Nobel, 1985. 466p.
31. GOMES, J.C.; MAGALHÃES, A.F.J. & MATTOS, P.L.P. Influência da adubação mineral sobre a produção de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) no Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 1, Salvador, 1979. *Anais...* Salvador, EMBRAPA-DID/SBM, 1981. v.1, p.263-77.
32. GOMIDE, J.A. Composição mineral de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais. In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS, Belo Horizonte, UFMG/UFV/EPAMIG/USAID, 1976. 367p.
33. _____. Estudo em pequenas parcelas sobre a fertilização do capim gordura (*Melinis minutiflora* Pal. de Beauv). *Revista Ceres*, Viçosa, 13(75):165-81, 1966.

34. GOMIDE, J.A. Exploração de pastagem em solos de baixa fertilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 86; SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 8, 1986. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 1986. p.481-97.
35. GOMIDE, J.A.; CHRISTMAS, E.P.; GARCIA, R. & PAULA, R.R. Competição de gramíneas forrageiras para corte em um Latossolo vermelho distrófico sob vegetação de cerrado do Triângulo Mineiro. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, 3(2):191-209, 1974.
36. _____; COSTA, G.G.; SILVA, M.A.M.M. & ZAGO, C.P. Adubação nitrogenada e consorciação do capim colômbio e capim jaraguá com leguminosas. I. Produtividade e teor de nitrogênio das gramíneas e das misturas. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 13(1):10-21, 1984.
37. GONÇALVES, C.A.; MEDEIROS, J. da C.V. & OLIVEIRA, J.R. da C. Introdução e avaliação de gramíneas e leguminosas em Rondônia. Porto Velho, EMBRAPA-UEPAE, 1982. 22p. (EMBRAPA-UEPAE Porto Velho. Circular Técnica, 1).
38. _____ & OLIVEIRA, J.R. da C. Adaptação de gramíneas forrageiras em Porto Velho. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Pelotas, 20:336, 1983. (Resumos).

39. HAAG, H.P.; BOSE, L.V. & ANDRADE, R.G. Absorção de macronutrientes pelos capins colômbio, gordura, jaraguá, napier e pangola. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 24:177-88, 1967.
40. _____; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; COBRANETO, A.; ANDRADE, R.G. & COELHO, R.G. Estudos sobre a nutrição do *Pennisetum purpureum* Schum., var. napier cultivado em solução nutritiva. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGENS, 9, São Paulo, 1965. *Anais...* São Paulo, 1965. v.1, p.691-5.
41. HACKER, J.B. & JONES, R.J. The *Setaria sphacelata* complex; a review. *Tropical Grasslands*, Brisbane, 3(1):13-34, Mar. 1969.
42. HADDAD, C.M. Efeito do enxofre, aplicado na forma de gesso, sobre a produção e qualidade do capim colômbio (*Panicum maximum* Jacq.). Piracicaba, ESALQ, 1983. 115p. (Tese de Doutorado).
43. HARTT, C.E. Effect of potassium deficiency upon translocation of ^{14}C in attached blades and entire plants of sugarcane. *Plant Physiology*, Urbana, 44(7):1461-9, 1969.

44. HENZELL, E.F. Nitrogen nutrition of tropical pastures. In: SKERMAN, P.J. **Tropical foragens legumes**. Rome, FAO, 1977. p.86-97.
45. HOEFT, R.G.; WALSH, L.M. & KEENEY, D.R. Evaluation of various extractantes for available soil sulfur. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, 37(3):401-4, 1973.
46. IGUE, K.; MUZILLI, O. & IKIRBI, J.O. Solos do Paraná. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Manual Agropecuário para o Paraná**. Londrina, IAPAR, 1976. Cap.2, p.39-81.
47. ITALIANO, E.C.; MORAES, E. de & CANTO, A.C. Macronutrientes e FTE em pastagens de capim colônia em degradação. **Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, 19:348-9, 1982. (Resumos).
48. JACKSON, M.L. **Análise química de suelos**. 2.ed. Barcelona, Omega, 1970. 662p.
49. JONES, M.B.; WILLIAMS, W.A. & MARTIN, W.E. Effect of waterlogging and organic matter on the loss of applied sulfur. **Soil Science Society America Proceedings**, Madison, 35(4):542-6, July/Aug. 1971.

50. JONES, M.B. & WOODMANSEE, R.G. Biogeochemical cycling in annual grassland ecosystems. *The Botanical Review*, New York, 45(2):111-44, Apr./Jun. 1979.
51. JORDAN, H.V. & ESMINGER, L.E. The role of sulphur in soil fertility. *Advances in Agronomy*, New York, 10:407-34, 1958.
52. KALPAGÉ, F.S.C.P. *Tropical soils: classification, fertility and management*. New York, St. Martins Press, 1976. 283p.
53. KATZNELSON, J. Phosphorus in the soil-plant-animal ecosystem, an introduction to a model. *Oecologia*, New York, 26:325-34, 1977.
54. LOPES, A.S. Micronutrientes: dinâmica e disponibilidade no solo. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO, Ilha Solteira, 1987. *Trabalhos apresentados... Ilha Solteira*, Fundação Cargill, 1987. p.209-46.
55. _____ & CARVALHO, J.G. Micronutrientes: critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiências e excesso. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17, Londrina, 1986. *Anais...*, Londrina, EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p.133-78.
56. _____ & COX, F.R. A survey of the fertility status of surface soils under "cerrado" vegetation in Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 41(4):742-7, Jul./Aug. 1977.

57. LOPES, A.S. & GUEDES, G.A.A. **Considerações sobre calagem e adubação química para a cultura da mandioca.** Lavras, ESAL, 1978. 33p. (Mimeografado).
58. McLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M.; GALLO, J.R.; QUINN, L.R. & MOTT, G.O. **Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade, em solo de diferentes campos cerrados de São Paulo e Goiás.** *Bragantia*, Campinas, 17(3):29-44, 1958.
59. MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.
60. _____, **Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras.** Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato (EUA), Instituto Internacional da Potassa (Suíça), 1979. 92p. (Boletim Técnico, 4).
61. _____; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas,** São Paulo, Livraria Pioneira, 1974. 727p.
62. MATTOS, H.B. & COLOZZA, M.T. **Micronutrientes em pastagens.** In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1, Nova Odessa, 1985. **Anais...** Piracicaba, Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.233-56.

63. MATTOS, H.B. & WERNER, J.C. Efeito do nitrogênio mineral e de leguminosas sobre a produção do capim colônia (*Panicum maximum* Jacq.). *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, 36(1):147-56, 1979.
64. MEIRELLES, N.M.F.; WERNER, J.C.; ABRAMIDES, P.L.G.; CARRIEL, J.M.; PAULINO, V.T. & COLOZZA, M.T. Nível crítico de fósforo em capim colônia cultivado em dois tipos de solos: Latossolo Vermelho Escuro e Podzólico Vermelho-Amarelo. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, 45(1)215-32, jan./jun. 1988.
65. MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Nutrient uptake and assimilation. In: _____. *Principles of plant nutrition*. 4.ed. Werblan-ten-Bern, International Potash Institute, 1987. Cap.3, p.113-91.
66. MILFORD, R. & MINSON, D.J. Intake of tropical pastures species. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 12, São Paulo, 1986, *Proceedings...* São Paulo, 1966.
67. MONTEIRO, F.A. & CARRIEL, J.M. Aplicação de níveis de enxofre na forma de gesso para o cultivo de capim colônia em dois solos arenosos do estado de São Paulo. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, 44(2):335-47, jul./dez. 1987.

68. MONTEIRO, F.A.; LIMA, S.A.A.; WERNER, J.C. & MATTOS, H.B. Adubação potássica em leguminosas e em capim colônia adubado com níveis de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. *Boletim da Indústria Animal*, São Paulo, 37(1):127-48, 1980.
69. _____ & WERNER, J.C. Efeito das adubações nitrogenada e fosfatada em capim colônia, na formação e em pasto estabelecido. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, 34(1):91-101, 1977.
70. MUZILLI, O.; LANTMANN, A.F.; PALHANO, J.B.; OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S. COSTA, A.; CHAVES, J.C.D. & ZOCOLER, D.C. Análise de solos, interpretação e recomendação de calagem e adubação para o estado do Paraná. Londrina, IAPAR, 1978. 49p. (Circular, 9).
71. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrients requirements of beef cattle*. Washington, National Research Council/National Academic of Science. Washington, 1976. 56p.
72. NORMANHA, E.S. Adubação da mandioca no estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, 11(79):181-94, jul/set. 1951
73. NOVAES, N.J. *Efeitos de micro e macronutrientes em capim colônia cultivado num solo de campo cerrado*. Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1977. 93p. (Tese MS).

74. OELSLIGLE, D.D. Accumulation of dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium in cassava (*Manihot esculenta* Crantz), Turrialba, San José, 25(1):85-7, ene/mar. 1975.
75. PAULA, M.B. de; NOGUEIRA, F.D. & TANAKA, R.T. Nutrição mineral da mandioca: absorção de nutrientes e produção de matéria seca por duas cultivares de mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, 2(1):31-50, 1983.
76. PAULINO, V.T. Efeito da fertilização fosfatada, da calagem e micronutrientes no desenvolvimento de plantas forrageiras. Piracicaba, ESALQ, 1990. 281p. (Tese de Doutorado).
77. _____ & WERNER, J.C. Efeito das adubações nitrogenada e fosfatada e cálcica no capim jaraguá. *Zootecnia*, Nova Odessa, 21(4):295-321, out./dez. 1983.
78. _____; WERNER, J.C.; CARRIEL, J.M. & COLOZZA, M.T. Estudos de adubação com *Brachiaria humidicola* e *Setaria anceps* cv kazungula em dois solos de várzea do estado de São Paulo. *Zootecnia*, Nova Odessa, 24(2):181-206, abr./jun. 1986.
79. PEREIRA, J.P. Adubação de capins do gênero *Brachiaria*. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO SOBRE CAPINS DO GÊNERO BRACHIARIA, Nova Odessa, 1986. Encontro... Nova Odessa, SAA. Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária/Instituto de Zootecnia, 1986. Cap. 5, 1-91.

80. QUAGGIO, J.A. Critérios para calagem do solo. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO DE FERTILIDADE DO SOLO. Londrina, IAPAR, 1983.
81. FEID, R.L. & JUNG, G.A. Effects of elements other than nitrogen on the nutritive value of forage. In: MAYS, D.A., ed. **Forage Fertilization**. Madison, American Society of Agronomy, 1974. cap.18, p.395-435.
82. FITCHEY, K.D. O potássio nos oxissolos e ultissolos dos trópicos úmidos. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato (EUA), Instituto Internacional da Potassa (Suíça), 1982. 69p. (Boletim Técnico, 7).
83. ROCHA, M. & MALAVOLTA, E. Perspectiva de demanda, comercialização e produção industrial de enxofre e micronutrientes para a agricultura. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17, Londrina, 1986. **Anais...** Londrina, EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p.277-309.
84. SALLES, P.A.A. de & GONÇALVES, J.O.N. Quantidade ótima econômica de nitrogênio usado em capim pangola e sua determinação pelo preço relativo atualizado do fator. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 17(8):1105-11, 1982.
85. SANCHEZ, P. **Suelos del Trópico: características e manejo**, San José. IICA, 1981. 660p.

86. SANCHEZ, P. & SALINAS, J.G. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, New York, 34:279-406, 1981.
87. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
88. SERRÃO, E.A.S.; CRUZ, E.S.; SIMÃO NETO, M.; SOUZA, G.F. de; BASTOS, J.B. & GUIMARÃES, M.C. de F. Resposta de três gramíneas forrageiras (Brachiaria decumbens stapf., Brachiaria ruziziensis Germain et Everard e Pennisetum purpureum Schum.), a elementos fertilizantes em latossolo amarelo textura média. Belém, IPEAN, 1971, v.1, n.2, 38p.
89. _____; FALESI, I.C.; VEIGA, J.B. de & TEIXEIRA NETO, J.F. Produtividade de pastagens cultivadas em solos de baixa fertilidade das áreas da floresta amazônica brasileira. In: TERGAS, L.E.; SANCHES, P.A. & SERRÃO, E.A.S. **Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos**. Brasília, Editerra, 1982. p.219-51.
90. SERRÃO, E.A.S. & SIMÃO NETO, M. Informações sobre duas espécies gramíneas forrageiras do gênero Brachiaria na Amazônia B. decumbens Stapf e B. ruziziensis German et Everard. Belém, IPEAN, 1971. v.2, n.1, 31p.

91. SIDDIQI, M.Y. & GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilizations efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, Madison, 4(3):289-302, 1981.
92. SOUSA, J.C. Composição mineral de capins do gênero brachiaria em relação a outras gramíneas. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO SOBRE CAPINS DO GÊNERO BRACHIARIA, Nova Odessa, 1986. Encontro... Nova Odessa, SAA. Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária/Instituto de Zootecnia, 1986. Cap.4, 1-23.
93. SPAIN, J.M. & SALINAS, J.G. A reciclagem de nutrientes nas pastagens tropicais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16, Ilhéus, 1984. Anais... Ilhéus, CEPLAC/SBCS, 1985. p.259-92.
94. TOLEDO, J.M. Pastures en trópico húmedo: perspectiva global. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1, Belém, 1984. Resumos... Belém, EMBRAPA/CPATU, 1984. p.315-6.
95. VETTORI, L. **Métodos de análises do solo.** Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).
96. VICENTE-CHANDLER, J.; PEARSON, R.W.; ABRUÑA, F. & SILVA, S. Potassium fertilization of intensively managed grasses under humid conditions. **Agronomy Journal**, Madison, 54(5): 450-3, 1962.

97. VITTI, G.C. & NOVAES, N.J. Adubação com enxofre. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, I, Nova Odessa, 1985. **Anais...** Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.191-231.
98. WEBER, O.L.S. & HAAG, H.P. Nutrição mineral do **Panicum maximum** cv makueni. I. Crescimento, concentração e extração dos macronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, 41(2):761-93, 1984.
99. WERNER, J.C. Adubação potássica. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1, Nova Odessa, 1985. **Anais...** Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986a. p.175-190.
100. _____. Micronutrientes para as pastagens. In: _____. **Adubação de Pastagens**, Nova Odessa, Instituto de Zootecnia, 1986b, p.43-9. (Boletim Técnico, 18).
101. _____ & HAAG, H.P. Estudos sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, 29(1):191-245, 1972.

102. WERNER, J.C. & MATTOS, H.B. Estudos de nutrição do capim gordura (Melinis minutiflora). **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, 29(1):175-84, jan./jun. 1972.
103. _____; MONTEIRO, F.A. & MEIRELLES, N.M.F. Efeito das adubações com fósforo, potássio e molibdênio mais cobre na consorciação de capim gordura com centrosema. **Zootecnia**, Nova Odessa, 21(2):109-34, 1983.
104. _____; PEREIRA, J.V.S. & QUAGLIATO, J.C. Ensaio exploratório de fertilização de capim colônia com solo de Sertãozinho. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, 24(único): 155:8, 1967b.
105. _____; QUAGLIATO, J.L. & MARTINELLI, D. Ensaio de fertilização do colônia com solo da "Noroeste". **Boletim da Indústria Animal**. Nova Odessa, 24(único):159-167, 1967a.
06. WILKINSON, S.R. & LANGDALE, G.W. Fertility needs of the warm-season grasses. In: MAYS, D.A. **Forage Fertilization**. Madison, American Society of Agronomy, 1974. Cap.6, p.119-45.
107. ZAGO, C.P. & GOMIDE, J.A. Valor nutritivo e produtividade do capim colônia, submetido a diferentes intervalos de corte, com e sem adubação de reposição. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 11(3):512-28, 1982.

APENDICE

APÊNDICE 1 - Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros matéria seca da parte aérea no 1º, 2º e 1º + 2º cortes, da raiz e dos perfilhos do colômbio e braquiária.

Causas da variação	G.L.	Quadrado médio				
		1º corte	2º corte	1º + 2º corte	Raiz	Perfilhos
Blocos (B)	3	5,94*	3,33*	1,03ns	1,41ns	0,13ns
Forrageiras (F)	1	437,91***	107,65***	979,79***	4,53ns	320,00***
Tratamentos (T)	9	1.865,56***	135,53***	2.855,22***	102,57***	47,30***
Interação FxT	9	21,45***	2,76**	32,19***	2,40ns	11,72***
Trat: colômbio	9	768,81***	65,55***	1.206,92***	64,81***	7,40***
Trat: braquiária	9	1.118,21***	72,74***	1.680,50***	40,16***	51,62***
Resíduo	57	2,09	0,94	2,74	1,75	0,27
TOTAL	79					

C.V. (%)		6,3	13,7	5,5	25,4	11,5

*, **, ***; ns: significativo a 5%; 1%; 0,1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

APENDICE 2 - Quadrados médios da análise da variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de N na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária.

Causas da variação	G.L	Quadrado médio						
		parte aérea					raiz	
		T19C	A19C	T29C	A29C	A19 + 29C	T	A
Blocos (B)	3	0,025ns	381,3ns	0,084*	1.846,2**	720,6ns	0,014ns	83,3ns
FORAGEIRAS (F)	1	1,152***	56.180,0***	0,561***	33.292,8***	178.038,4***	1,021***	4.292,4***
TRATAMENTOS (T)	9	6,464***	592.582,5***	8,528***	35.501,0***	722.833,9***	0,592***	4.336,6***
INTERAÇÃO FxT	9	0,215***	3.030,2*	1,769***	2.884,8***	7.561,4***	0,013ns	449,3**
Trat: colônia	9	4,243***	265.815,7***	6,148***	17.889,2***	322.553,9***	0,359***	3.674,5***
Trat: braquiária	9	2,437***	329.796,9***	4,149***	20.496,6***	407.841,3***	0,245***	1.111,4***
Resíduo	57	0,033	1.411,9	0,029	327,1	1.647,3	0,027	134,1
TOTAL	79							
C.V. (%)		8,1	8,2	10,5	16,4	7,1	21,2	31,2

*; **; ***; ns: significativo a 5%; 1%; 0,1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

APENDICE 3 - Quadrados médios da análise da variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de P na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária.

Causas da variação	G.L	Quadrado médio						
		parte aérea					raiz	
		T10C	A10C	T20C	A20C	A10 + 20C	T	A
Blocos (B)	3	0,001ns	64,3ns	0,003ns	44,8ns	44,2ns	0,000ns	2,17ns
Forrageiras (F)	1	0,972***	20.865,8***	0,254***	24,2ns	22.311,2***	0,002***	1,25ns
Tratamentos (T)	9	0,353***	45.929,1***	0,404***	3.101,2***	71.423,0***	0,004***	48,98***
Interação FxT	9	0,034***	1.792,5***	0,186***	496,3***	3.315,5***	0,001**	1,53ns
Trat: colônia		0,272***	30.224,6***	0,429***	2.487,4***	48.102,8***	0,001***	24,89***
Trat: braquiária		0,116***	17.497,0***	0,161***	1.110,1***	26.635,7***	0,003***	25,61***
Resíduo	57	0,003	75,9	0,004	53,2	150,6	0,0001	1,67
TOTAL	75							
C.V. (%)		11,7	7,6	14,6	24,8	8,5	16,6	37,5

*, **, ***; ns: significativo a 5%; 1%; 0,1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

APENDICE 4 - Quadrados médios da análise da variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de K na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colômbio e braquiária.

Causas da variação	G.L	Quadrado médio						
		parte aérea					raiz	
		T10C	A10C	T20C	A20C	A10 + 20C	T	A
Blocos (B)	3	0,023ns	155,1ns	0,007ns	609,4ns	674,4ns	0,008ns	14,88*
Forageiras (F)	1	0,405***	24.116,5***	0,008ns	2.420,0**	41.815,5***	0,001ns	5,51ns
Tratamentos (T)	9	3,016***	197.086,1***	4,518***	10.569,4***	234.963,6***	0,082***	67,04***
Interação FxT	9	0,052**	2.563,0***	0,108***	373,2ns	1.516,2*	0,025***	25,82***
Trat: colômbio	9	1,691***	83.865,4***	2,355***	5.539,5***	102.980,4***	0,035***	18,84**
Trat: braquiária	9	1,377***	115.783,8***	2,272***	5.403,0***	133.499,4***	0,072***	74,01***
Resíduo	57	0,015	494,7	0,010	254,8	712,7	0,003	5,04
TOTAL	79							
C.V. (%)		8,7	8,1	9,2	25,2	7,9	113,5	139,2

*, **, ***; ns: significativo a 5%; 1%; 0,1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

APENDICE 5 - Quadrados médios da análise da variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de Ca na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária.

Causas da variação	G.L	Quadrado médio						
		parte aérea					raiz	
		T10C	A10C	T20C	A20C	A10 + 20C	T	A
Blocos (B)	3	0,003ns	82,2ns	0,012ns	45,2ns	220,1ns	0,000ns	0,75ns
Forrageiras (F)	1	0,426***	1.073,1**	0,099***	540,8**	1.862,4**	0,013***	3,20ns
Tratamentos (T)	9	0,154***	45.175,8***	0,219***	10.080,9***	87.585,8***	0,033***	194,85***
Interação FxT	9	0,016***	960,2***	0,425***	1.059,5***	2.573,6***	0,005***	4,23ns
Trat: colônia	9	0,103***	24.556,2***	0,365***	5.697,2***	42.875,6***	0,025***	106,64***
Trat: braquiária	9	0,067***	21.579,8***	0,279***	5.443,3***	47.283,9***	0,014***	92,45***
Resíduo	57	0,004	138,0	0,006	64,7	227,7	0,001	5,06
TOTAL	79							
C.V. (%)		11,6	10,1	11,8	15,6	9,4	14,2	28,2

*; **; ***; ns: significativo a 5%; 1%; 0,1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

APENDICE 6 - Quadrados médios da análise da variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de Mg na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária.

Causas da variação	G.L	Quadrado médio						
		parte aérea					raiz	
		T10C	A10C	T20C	A20C	A10 + 20C	T	A
Blocos (B)	3	0,008*	277,3ns	0,000ns	10,51ns	275,8*	0,000ns	0,54ns
FORAGEIRAS (F)	1	0,002ns	11.496,0***	0,060***	610,51***	17.552,8***	0,003**	0,31ns
TRATAMENTOS (T)	9	0,127***	27.816,5***	0,155***	781,67***	36.623,4***	0,006***	28,95***
INTERAÇÃO FxT	9	0,006*	905,8***	0,224***	500,84***	1.371,0***	0,001*	2,01*
Trat: colônia	9	0,071***	9.891,2***	0,095***	659,75***	14.413,3***	0,004***	18,29***
Trat: braquiária	9	0,062***	18.831,1***	0,284***	622,77***	23.581,1***	0,003***	12,67***
Resíduo	57	0,002	112,0	0,004	23,06	91,9	0,0003	0,97
TOTAL	79							
C.V. (%)		11,9	12,6	17,4	21,8	9,0	23,7	31,0

*; **; ***; ns: significativo a 5%; 1%; 0,1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

APENDICE 7 - Quadrados médios da análise da variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de S na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária.

Causas da variação	G.L	Quadrado médio						
		parte aérea					raiz	
		T10C	A10C	T20C	A20C	A10 + 20C	T	A
Blocos (B)	3	0,000ns	66,58ns	0,003*	14,81ns	118,6*	0,001ns	5,60ns
Forrageiras (F)	1	0,009***	54,45ns	0,082***	644,11***	1.073,1***	0,062***	88,20 ***
Tratamentos (T)	9	0,033***	7.088,56***	0,061***	369,44***	10.375,0***	0,007***	145,64***
Interação FxT	9	0,002***	40,73ns	0,026***	44,61***	136,1**	0,002*	5,98ns
Trat: colônia	9	0,017***	3.658,57***	0,020***	156,61**	5.067,2***	0,004***	58,51***
Trat: braquiária	9	0,018***	3.470,72***	0,068***	257,45**	5.444,0***	0,005***	93,11***
Resíduo	57	0,0004	27,61	0,001	6,96	37,8	0,001	5,16
TOTAL	79							
C.V. (%)		10,3	12,1	20,1	23,3	11,2	22,7	35,2

*, **, ***; ns: significativo a 5%; 1%; 0,1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

APENDICE 8 - Quadrados médios da análise da variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de B na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária.

Causas da variação	G.L	Quadrado médio						
		parte aérea					raiz	
		T10C	A10C	T20C	A20C	A10 + 20C	T	A
Blocos (B)	3	34,69ns	13.715,9*	19,45ns	1.293,2ns	16.914,3*	0,93ns	115,14ns
FORAGEIRAS (F)	1	1.554,79***	36.551,2**	1.835,62***	9.592,2**	83.592,4***	284,71***	8.590,51***
TRATAMENTOS (T)	9	1.569,01***	454.710,0***	437,10***	57.016,3***	724.277,7***	158,82***	2.480,09***
INTERAÇÃO FxT	9	69,67**	9.908,8*	613,30***	18.345,7***	43.719,5***	9,58**	307,21**
Trat: colônia	9	1.083,90***	256.865,1***	772,85***	49.212,6***	467.624,2***	108,35***	908,51***
Trat: braquiária	9	554,78***	207.753,7***	277,55***	26.149,4***	300.373,1***	60,05***	1.878,79***
Resíduo	57	23,20	4.287,6	20,65	1.231,7	5.056,1	3,16	111,36
TOTAL	79							
C.V. (%)		17,6	14,3	17,2	20,4	11,3	17,6	27,6

*, **, ***; ns: significativo a 5%; 1%; 0,1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

APENDICE 9 - Quadrados médios da análise da variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de Cu na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônião e braquiária.

Causas da variação	G.L	Quadrado médio						
		parte aérea					raiz	
		T10C	A10C	T20C	A20C	A10 + 20C	T	A
Blocos (B)	3	34,25ns	489,8ns	0,65ns	172,6ns	497,7ns	2,89ns	55,6ns
Forageiras (F)	1	550,36***	65.723,1***	14,28***	12.751,2***	136.372,6***	76,58***	3.112,5***
Tratamentos (T)	9	1.351,93***	93.491,8***	45,72***	6.660,3***	139.973,9***	102,07***	8.774,6***
Interação FxT	9	459,15***	11.569,1***	62,43***	843,9***	13.254,7***	31,02***	584,9*
Trat: colônião	9	158,14***	43.929,9***	91,12***	3.077,0***	56.754,8***	89,78***	6.283,1***
Trat: braquiária	9	1.652,93***	61.131,0***	17,03***	4.427,2***	96.473,8***	43,31***	3.076,4***
Resíduo	57	17,79	892,1	0,97	129,1	1.076,4	3,45	253,3
TOTAL	79							
C.V. (%)		25,9	12,4	11,6	19,2	11,0	15,6	28,7

*, **, ***; ns: significativo a 5%; 1%; 0,1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

APENDICE 10 - Quadrados médios da análise da variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de Fe na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colômbio e braquiária.

Causas da variação	G.L	Quadrado médio						
		parte aérea					raiz	
		T10C	A10C	T20C	A20C	A10 + 20C	T	A
Blocos (B)	3	968,2ns	0,418ns	18,6ns	0,046ns	0,211ns	1.039,5ns	0,033ns
Forageiras (F)	1	35.810,7***	8,327***	24.133,2***	3.101***	1,145ns	68.325,7***	0,439ns
Tratamentos (T)	9	21.162,8***	28,420***	1.229,5***	0,990***	35,599***	5.002,8**	5,558***
Interação FxT	9	18.787,4***	17,337***	4.077,5***	0,151***	18,177***	21.277,9***	0,747***
Trat: colômbio	9	30.970,4***	40,630***	2.245,3***	0,314***	43,978***	12.653,0***	2,959***
Trat: braquiária	9	8.979,8***	5,128***	3.061,7***	0,827***	9,798***	13.627,7***	3 376***
Resíduo	57	633,7	0,307	186,5	0,036	0,343	1.612,6	0,162
TOTAL	79							
C.V. (%)		21,0	24,1	17,9	32,4	20,2	18,0	34,1

*; **; ***; ns: significativo a 5%; 1%; 0,1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

APENDICE 11 - Quadrados médios da análise da variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de Mn na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária.

Causas da variação	G.L	Quadrado médio						
		parte aérea					raiz	
		T10C	A10C	T20C	A20C	A10 + 20C	T	A
Blocos (B)	3	14.069,8***	6,59***	10.062,8ns	5,27**	16,93***	7.449,2ns	0,227ns
FORAGEIRAS (F)	1	213.632,7***	1,46ns	1.025.098,4***	255,65***	295,64***	410.780,9***	10,246***
TRATAMENTOS (T)	9	293.830,0***	332,05***	925.059,1***	180,90***	969,63***	58.199,8***	8,202***
INTERAÇÃO FxT	9	86.999,9***	6,36***	800.330,0***	23,73***	36,15***	31.039,7***	1,672***
Trat: colônia	9	320.192,0***	168,89***	926.377,2***	77,05***	431,96***	15.251,2***	2,067***
Trat: braquiária	9	60.638.0***	169,53***	799.011,9***	127,58***	573,82***	73.988,3***	7,806***
Resíduo	57	1.860,7	0,85	14.088,9	1,18	2,33	3.916,0	0,265
TOTAL	79							
C.V. (%)		9,7	9,6	14,4	16,4	9,4	23,7	38,3

*, **, ***; ns: significativo a 5%; 1%; 0,1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

APENDICE 12 - Quadrados médios da análise da variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor (T) e acumulação (A) de Zn na parte aérea em ambos os cortes (C) e raiz de colônia e braquiária.

Causas da variação	G.L	Quadrado médio						
		parte aérea					raiz	
		T10C	A10C	T20C	A20C	A10 + 20C	T	A
Blocos (B)	3	100,7ns	0,041ns	152,6*	0,004ns	0,041ns	387,4ns	0,021ns
FORAGEIRAS (F)	1	3.043,0***	10,189***	19.092,8***	2.288***	22,134***	105,1ns	0,000ns
TRATAMENTOS (T)	9	18.976,8***	5,280***	5.404,3***	0,552***	7,531***	4.654,6***	0,283***
INTERAÇÃO FxT	9	105,4ns	0,330***	5.513,5***	0,179***	0,567***	1.945,2***	0,024**
Trat: colônia	9	10.049,2***	1,557***	1.811,9***	0,109***	2,170***	4.956,8***	0,115***
Trat: braquiária	9	9.033,0***	4,053***	9.106,0***	0,623***	5,928***	1.643,0***	0,192***
Resíduo	57	128,7	0,043	56,2	0,006	0,051	161,8	0,008
TOTAL	79							
C.V. (%)		15,1	14,5	13,0	17,9	12,2	19,8	30,4

*; **; ***; ns: significativo a 5%; 1%; 0,1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.