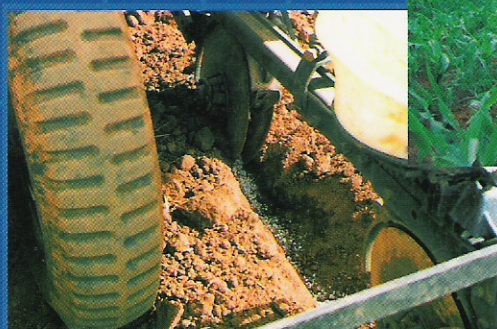


Sistema Barreirão: emprego de micronutrientes na recuperação de pastagens





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

**SISTEMA BARREIRÃO:
EMPREGO DE MICRONUTRIENTES
NA RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS**

Itamar Pereira de Oliveira, João Kluthcouski,
Luiz Carlos Balbino, Lúcia Helena Buso, Lídia Pacheco Yokoyama,
Cláudio de Ulhôa Magnabosco e Márcia Tereza Vieira Scarpati

EMBRAPA-CNPAF
Santo Antônio de Goiás, GO
1998

EMBRAPA-CNPAF. Circular Técnica, 30.

Comitê de Publicações

Ricardo Silva Araujo (Presidente)

Nand Kumar Fageria

Luiz Roberto Rocha (Secretário)

Supervisão Gráfica

Ronaldo Reis

Editoração

Marina Biava

Digitação/Diagramação

Fabiano Severino

Sinábio de Sena Ferreira

Capa

Ronaldo Reis

Normalização Bibliográfica

Marina Biava

Catálogo na Fonte

Ana Lúcia Delalibera de Faria

Tiragem: 1.000 exemplares.

OLIVEIRA, I.P. de; KLUTHCOUSKI, J.; BALBINO, L.C.; BUSO, L.H.;
YOKOYAMA, L.P.; MAGNABOSCO, C. de U.; SCARPATI, M.T.V.
Sistema Barreirão: emprego de micronutrientes na recuperação de
pastagens. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAF, 1998. 36p.
(EMBRAPA-CNPAF. Circular Técnica, 30).

ISSN 0100-8382

1. Pastagem - Consorciada. 2. Pastagem - Recuperação. 3. Pastagem -
Microelemento. 4. Sistema Barreirão. I. KLUTHCOUSKI, J., colab.
II. BALBINO, L.C., colab. III. BUSO, L.H., colab.
IV. YOKOYAMA, L.P., colab. V. MAGNABOSCO, C. de U., colab.
VI. SCARPATI, M.T.V., colab. VII. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa
de Arroz e Feijão (Santo Antônio de Goiás, GO). V. Título. VI. Série.

CDD 633.200981

© Embrapa, 1998.

APRESENTAÇÃO

As necessidades nutricionais das plantas vêm mostrando ao pesquisador, ao longo do tempo, a importância de aumentar seus conhecimentos sobre o papel dos micronutrientes nos processos fisiológicos dos vegetais. A pouca tradição no acompanhamento dos níveis de fertilidade do solo leva até mesmo os profissionais do ramo a depararem, muitas vezes, com reduções bruscas de produção em culturas tecnicamente perfeitas, sem indicações diretas sobre os sintomas de deficiência mineral. Quando os sintomas se exteriorizam, é possível conhecer os traços comuns de deficiências entre os nutrientes e chegar mais facilmente ao diagnóstico correto sobre o problema. Ao contrário, quando os sintomas iniciais não são bem definidos ou tardiamente caracterizados, o problema, ao ser diagnosticado, pode não ter mais solução. Neste caso, a correção, via aplicação de fertilizantes, pode eliminar os sintomas de deficiência na planta, mas a produção já terá sido afetada. Este fato tem levado os profissionais a fazerem a ligação direta entre a saúde da planta e o meio ambiente. Daí, a importância do conhecimento do trinômio solo/planta/atmosfera, em equilíbrio, em favor de cada planta no consórcio, ocupando objetivamente seu espaço e sendo satisfeitas suas necessidades e suas carências. Quando o ambiente encontra-se em equilíbrio, oferecendo condições favoráveis à planta, isto é, com bons teores de água, arejamento e nutrientes, em concentrações próximas àsquelas necessárias ao vegetal, a cultura bem adaptada responde em produção aos insumos aplicados, com resultados economicamente satisfatórios e sem afetar o meio ambiente. Adubações complementares corrigem a fração que a cultura retira para a sua subexistência.

Quando se trabalha com sistema no bioma cerrado, vários fatores devem ser levados em consideração ao mesmo tempo: (a) o cerrado que apresenta deficiências diversas nas características de solo e clima que precisam ser pesquisadas; (b) as culturas provenientes de diferentes solos e clima que não se apresentam totalmente adaptadas ao bioma; (c) tipos de plantas

com diferentes necessidades e ciclos convivendo no mesmo ambiente; e (d) pouca habilidade humana para manter o cerrado original ou modificado em condições auto-sustentáveis por longo período de tempo.

No presente trabalho são discutidos alguns princípios de nutrição mineral de plantas, enfatizando-se a importância dos micronutrientes no sistema cultura/forrageira e a influência do meio na disponibilidade dos mesmos.

Pedro Antonio Arraes Pereira
Chefe da Embrapa Arroz e Feijão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	ACIDEZ DO SOLO E DISPONIBILIDADE DE MICRONUTRIENTES 10	
3	MATÉRIA ORGÂNICA	11
4	OPERAÇÕES QUE CARACTERIZAM O SISTEMA BARREIRÃO	13
5	A ÁGUA COMO FATOR CONTROLADOR FUNDAMENTAL DA DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES	14
6	ORIGEM DOS SOLOS DEFICIENTES EM MICRONUTRIENTES	16
7	CONDIÇÕES DE OCORRÊNCIA DE DEFICIÊNCIA DE MICRONUTRIENTES	19
8	NÍVEIS CRÍTICOS	23
9	MICRONUTRIENTES NA RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM	25
10	CAMPOS DEMONSTRATIVOS	27
11	APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES EM CAMPO	29
	11.1 Doses Crescentes de FTE e Zinco	29
	11.2 Interação Fósforo, Cálcio e Zinco	32
12	CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
13	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

SISTEMA BARREIRÃO: EMPREGO DE MICRONUTRIENTES NA RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS

Itamar Pereira de Oliveira¹, João Kluthcouski²,
Luiz Carlos Balbino³, Lúcia Helena Buso⁴, Lidia Pacheco Yokoyama²,
Cláudio de Ulhôa Magnabosco⁵ e Márcia Tereza Vieira Scarpati⁶

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de diversificação de atividades nas propriedades rurais tem levado os agricultores e pecuaristas à prática de reforma de pastagens. Estes usuários, conhecedores de que a qualidade e a longevidade das pastagens (Figura 1) dependem da fertilidade dos solos, intensificaram a aplicação dos micronutrientes visando atender a uma preocupação adicional no processo de correção das áreas degradadas.

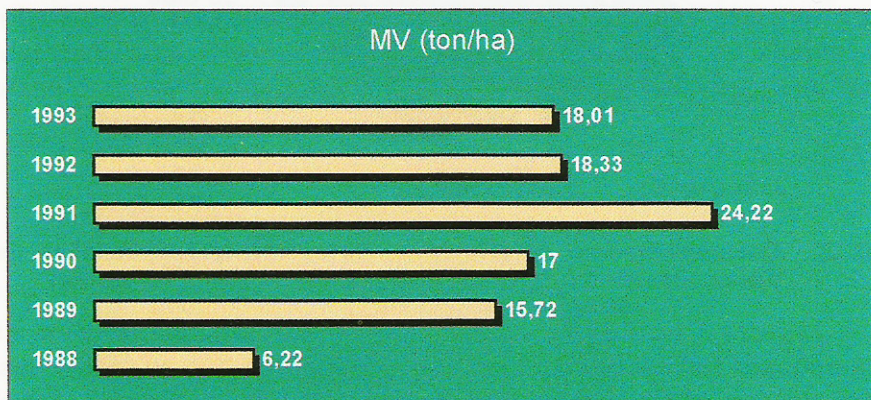


FIG. 1 Produção de massa verde de *Brachiaria brizantha*, do primeiro (1988) ao sexto ano (1993), em pasto recuperado pelo Sistema Barreirão.

¹ Pesquisador, Ph.D., Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO.

² Pesquisador, M.Sc., Embrapa Arroz e Feijão.

³ Técnico Especializado, Embrapa Arroz e Feijão.

⁴ Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

⁵ Pesquisador, Ph.D., Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, atualmente à disposição da Embrapa Arroz e Feijão.

⁶ Pesquisadora, M.Sc., Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/Recursos Humanos para Áreas Estratégicas (CNPq/RHAE).

Por muitos anos, a recomendação básica restringia-se à aplicação de calcário, fosfatos e nitrogênio em cobertura. Mattos & Colozza (1986) relatam que, à medida que as necessidades de alguns nutrientes são satisfeitas, sintomas de deficiências de outros começam a se manifestar, principalmente no caso de pastagens consorciadas, devido à diferença das necessidades nutricionais de cada espécie (Figura 2).

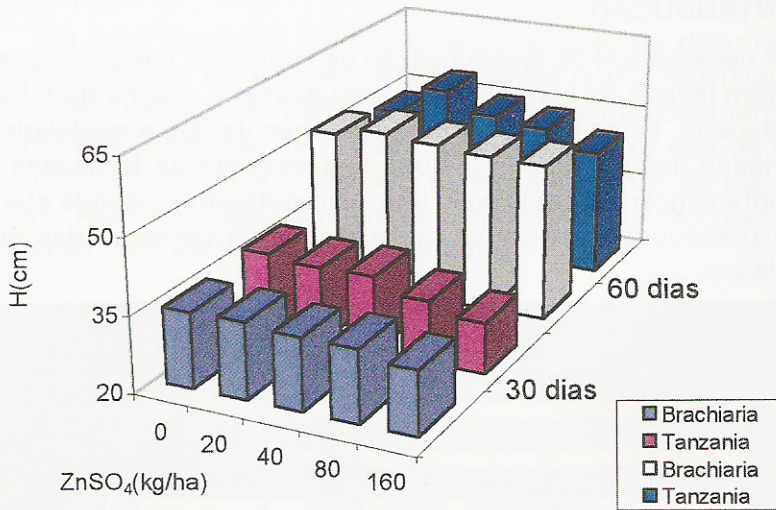


FIG. 2 Desenvolvimento de diferentes forrageiras sob aplicações de doses crescentes de sulfato de zinco (H = altura de planta).

Maiores cuidados na adubação devem ser dados às leguminosas forrageiras, que são mais exigentes que as gramíneas, além de que alguns nutrientes, como molibdênio, cobalto, ferro, fósforo e magnésio, e os demais elementos básicos são importantes para a fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico realizada pelos nódulos do sistema radicular, portadores de bactérias do gênero *Rhizobium*.

Deficiências de zinco em forrageiras desenvolvidas em pastagens recuperadas constituíram as primeiras indicações de que novos cuidados com a nutrição mineral dessas plantas deveriam ser considerados, principalmente quando se utilizam as práticas de calagem e fosfatagem. Além dessas, a maior ou menor

disponibilidade de nutrientes é influenciada, dentre vários fatores, pela acidez e umidade do solo, pelo teor de matéria orgânica e pelas práticas de adubação e correção do solo.

Quando se trabalha com sistemas agropastoris, devem-se levar em consideração o efeito dos micronutrientes no desenvolvimento e na produção de forragem e a sua importância na nutrição animal, embora nem todos os nutrientes de interesse para a nutrição das plantas (Tabela 1) sejam relevantes na nutrição animal.

TABELA 1 Função dos nutrientes na planta.

Nutriente	Função
Boro (B)	Absorção iônica Transporte de açúcares Metabolismo de fenóis e de RNA Síntese de proteínas Formação de calulose Atividade de amilase
Cloro (Cl)	Decomposição fotoquímica da água Abertura de estômatos
Molibdênio(Mo)	Redução de nitratos Fixação de nitrogênio do ar Absorção e transporte de Ferro
Cobre (Cu)	Oxidase e Respiração Transporte eletrônico na fotossíntese Fixação de nitrogênio
Ferro (Fe)	Componente estrutural de porfirinas Reações de óxido-redução na respiração, fotossíntese e fixação de nitrogênio Sistemas enzimáticos da síntese de clorofila Fixação de nitrogênio
Manganês (Mn)	Fotossíntese Parte da manganina Sistemas enzimáticos - síntese do RNA Acúmulo de fósforo Inativação de protetores do AIA Fixação de óxido de carbono
Zinco (Zn)	Metabolismo do AIA Respiração Anidrose carbônica Síntese de proteínas
Cobalto (Co)	Fixação de nitrogênio do ar Metabolismo de leghemoglobina Parte da vitamina B ₁₂ Regulação hormonal de senescência

Fonte: Mortvedt et al. (1972), Malavolta et al. (1989).

2 ACIDEZ DO SOLO E DISPONIBILIDADE DE MICRONUTRIENTES

A disponibilidade de micronutrientes está diretamente associada à acidez do solo, a qual, por sua vez, tem como principais fontes o húmus ou matéria orgânica, argilas aluminossilicatadas, óxidos hidratados de ferro e alumínio, alumínio trocável, sais solúveis e dióxido de carbono. O húmus e a matéria orgânica, ao se dissociarem, produzem óxido de carbono e hidrogênio, acidificando ora diretamente o solo e ora formando ácidos, com conseqüente abaixamento do pH. As argilas e os óxidos sob a ação do intemperismo liberam alumínio e ferro que, ao se hidrolizarem, produzem hidrogênio e abaixam o pH do solo. Neste processo de intemperização, esses minerais liberam nutrientes como cálcio, magnésio, potássio e alguns micronutrientes, que são lixiviados e/ou removidos pelas culturas. Como resíduo desses minerais, permanecem no solo o alumínio, o ferro e o manganês, os quais, por um processo de hidrólise com a água, produzem hidrogênio, com o conseqüente aumento da acidez e abaixamento do pH. A maior ou menor concentração desses tóxicos no solo depende do pH e, por isto, é chamado de pH-dependente.

Os sais solúveis, a maioria originária dos fertilizantes e corretivos aplicados, dependendo da sua alcalinidade ou acidez, podem baixar ou elevar os valores do pH. Embora cada nutriente esteja mais disponível em determinada faixa, existe uma faixa de pH, entre 5,7 e 6,2, em que a maioria dos micronutrientes encontra-se em disponibilidade razoavelmente equilibrada (Figura 3).

O boro encontra-se mais disponível em pH entre 5,5 e 7,0; o cobre e o zinco, em pH acima de 5,0; o ferro, em pH entre 4,5 e 6,0; e o manganês, entre 5,0 e 6,5. A disponibilidade do molibdênio aumenta à medida que o pH cresce dentro da faixa razoável de desenvolvimento da maioria dos vegetais.

% DISPONIBILIDADE

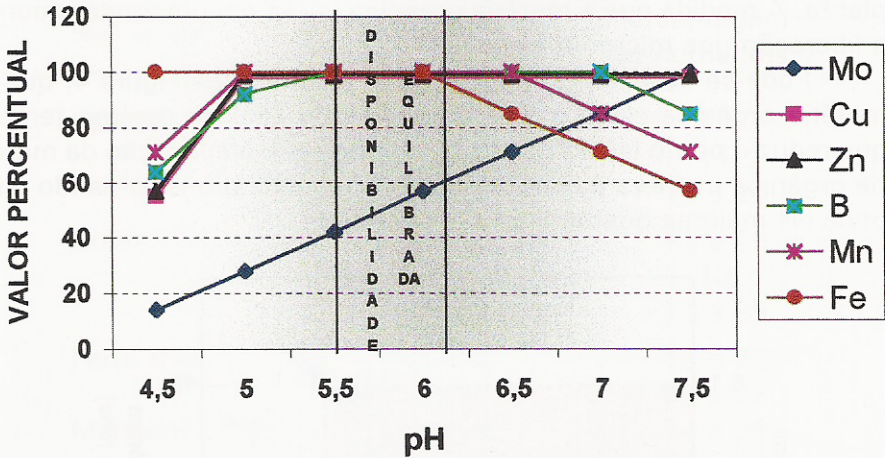


FIG. 3 Disponibilidade de nutrientes em função do pH.
Adaptado de Dennis (1987).

3 MATÉRIA ORGÂNICA

A matéria orgânica tem efeitos múltiplos sobre as propriedades biológicas, físicas e químicas do solo. Constitui fonte de energia para a maioria dos organismos heterotróficos. São criadas condições para aqueles que utilizam oxigênio (aeróbios), para outros que utilizam o oxigênio combinado (anaeróbios) e para os facultativos. Propicia relações ótimas de umidade para as plantas e para a maioria dos microrganismos por períodos alongados, após o término das chuvas. O teor de umidade, ao afetar o arejamento e a temperatura, controla naturalmente a fauna do ambiente. Os extremos de temperatura nos processos de fermentação e decomposição da matéria orgânica raramente matam os microrganismos importantes do solo.

Deficiências de ferro, cobre, manganês e/ou zinco têm sido verificadas em solos com alto teor de matéria orgânica, devido à ação quelante da matéria orgânica sobre esses íons, resultando

em complexos organominerais que aprisionam os íons, impedindo-os, por períodos relativamente longos, de serem absorvidos pela planta. À medida que a matéria orgânica vai se decompondo, ocorre a liberação dos micronutrientes.

Pode-se observar, pelo gráfico apresentado na Figura 4, que a matéria orgânica eleva o pH da solução do solo ao mesmo tempo que reduz o ponto isoelétrico. Isto significa que a aplicação de matéria orgânica melhora a capacidade de troca de cátions tornando disponíveis maiores quantidades de nutrientes.

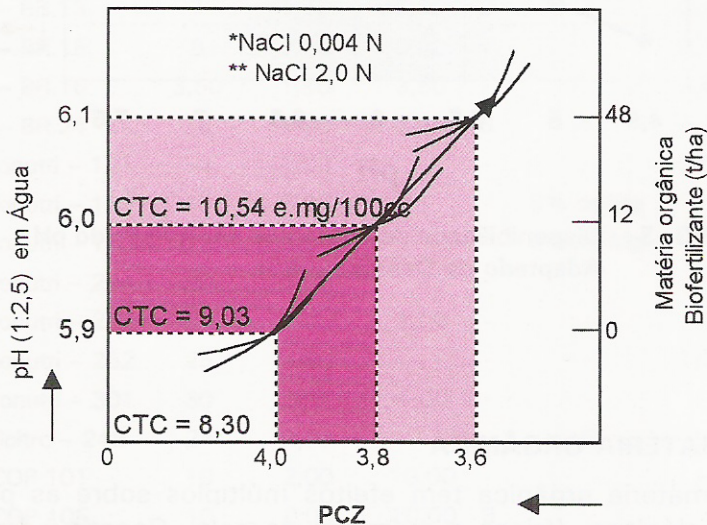


FIG. 4 Relação entre matéria orgânica (biofertilizante bovino com 60% de umidade), pH do solo e ponto isoelétrico (PIE).

PIE, também chamada pH carga zero (PCZ), é o pH no qual as cargas positivas do solo se equivalem às negativas. Isto equivale a dizer que o solo, naquela condição, está retendo cátions (cargas positivas) e ânions (cargas negativas) em quantidades iguais. Considerando os fertilizantes e os corretivos como sais solúveis, contendo ambos os tipos de cargas, uma vez conhecido o PIE, pode-se aplicá-los em quantidades necessárias para suprir a equivalência de saturação do solo, sem receio de perder nutrientes sob a ação de chuvas pesadas ou irrigação prolongada em solos de diferentes texturas.

$CTC = T = Al + H + S$ em e.mg/100cc

$S = Ca + Mg + K =$ soma de bases em e.mg/100cc

$V = S/T =$ saturação de bases

4 OPERAÇÕES QUE CARACTERIZAM O SISTEMA BARREIRÃO

O Sistema Barreirão é uma tecnologia que visa a recuperação de pastagens degradadas e pela qual o semeio de uma cultura é feito juntamente com uma ou mais forrageiras. A finalidade da cultura é cobrir, pelo menos em parte, o custo da implantação (Yokoyama et al., 1992) e, ao mesmo tempo, recuperar as características físicas, químico-físicas e biológicas do solo. A forrageira principal, geralmente uma gramínea, constitui a base fundamental para o consumo do rebanho, enquanto a forrageira complementar, uma ou mais leguminosas, além de ser utilizada como alimento para o gado, vai enriquecer o solo com o nitrogênio fixado biologicamente. As etapas de sua execução podem ser ordenadas em:

- . Reconhecimento das características físicas e químicas do solo, por meio de análises laboratoriais realizadas a partir do mês de maio.
- . Correção do solo, feita com calcário dolomítico, de acordo com a necessidade da cultura, em aplicação sobre a pastagem, imediatamente após o conhecimento da carência da área em cálcio e magnésio e a presença de alumínio trocável.
- . Gradagem realizada com grade Rome, ainda no período seco, para eliminar, pelo menos parte, das forrageiras e invasoras velhas, picar os restos vegetais e incorporar superficialmente a matéria seca.
- . Aração profunda (30-40 cm de profundidade) com arado de aiveca, entre 10 e 15 dias após a calagem, após as primeiras chuvas, com o objetivo de revolver a terra, enterrar restos vegetais superficiais e quebrar adensamentos do solo.
- . Gradagem de nivelamento, realizada por grade leve, entre sete a dez dias após a aração, para facilitar a operação de plantio.
- . Tratamento da semente da cultura com produtos à base de carbofuran ou carbosulfan, com 1 L a 1,5 L/100 kg de sementes, no dia do plantio, prevenindo o ataque de pragas às plantas jovens.

- . Aplicação de adubação básica (15-90-45 kg de $N-P_2O_5-K_2O$ /ha, respectivamente) e adubação de cobertura em torno de 150 kg de 20-0-20 ($N-P_2O_5-K_2O$ /ha). Adubações adicionais são realizadas conforme acompanhamento das análises de solo. Geralmente, têm sido recomendados 20 kg de $ZnSO_4$ /ha e 30 de FTE (BR12).
- . Plantio da cultura logo após o preparo do solo, colocando-se as sementes das culturas entre 3 cm e 5 cm, e a das forrageiras, misturadas com o fertilizante entre 8 cm e 12 cm de profundidade.

5 A ÁGUA COMO FATOR CONTROLADOR FUNDAMENTAL DA DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES

A água é o veículo natural para o transporte dos íons (nutrientes), mas a velocidade de absorção do nutriente pode ser maior, igual ou menor que a absorção da água. Os nutrientes podem ser absorvidos pelo processo de interceptação radicular (Qir), que consiste no resultado do crescimento da raiz, colocando-se em contato com as fontes de nutrientes no solo. A absorção por este processo é favorecida pelo volume de raiz, teor de umidade e preparo de solo e localização do fertilizante em relação ao sistema radicular.

No sistema radicular encontra-se grande quantidade de pêlos absorventes que, em contato com a solução do solo, realiza a absorção de água e de nutrientes. A rizosfera, em contato com o solo úmido, supre a sua demanda em água e a capacidade evaporava da parte aérea. As raízes naturalmente se expandem ao longo do gradiente de água, aumentando a capacidade de absorção de água de qualquer parte do solo, mesmo que previamente esgotada, desde que esta seja remolhada (Winter, 1976).

Na prática, procura-se fazer o melhor aproveitamento de água e de nutrientes cultivando-se o solo com umidade entre a capacidade de campo e o ponto de murcha, quando o teor de água está próximo do ponto desejável para a planta, com a umidade e o arejamento necessários para o seu melhor desenvolvimento. Nas condições de cerrado, o fertilizante deve ser aplicado em solo bem preparado, à profundidade de

aproximadamente 10 cm, entre 5 cm e 7 cm abaixo da semente, para facilitar a absorção pelo contato com o sistema radicular.

$$Q_{ir} = Q \cdot K$$

Onde: Q_{ir} = concentração do íon em contato com a raiz, também caracterizado como atividade ou quantidade de nutriente disponível para as plantas; Q = concentração total do nutriente no solo; e K = relação superfície da raiz/superfície do solo ($2 \cdot 10^{-5}$).

Outro processo de absorção ocorre pelo fluxo de massa, que consiste no caminhamento do nutriente na fase aquosa, móvel, em direção ao sistema radicular, tal como uma torneira; maior volume de água, maior é a quantidade de nutrientes em contato com o sistema radicular, e melhor é a absorção dos nutrientes provenientes dos corretivos e dos fertilizantes aplicados.

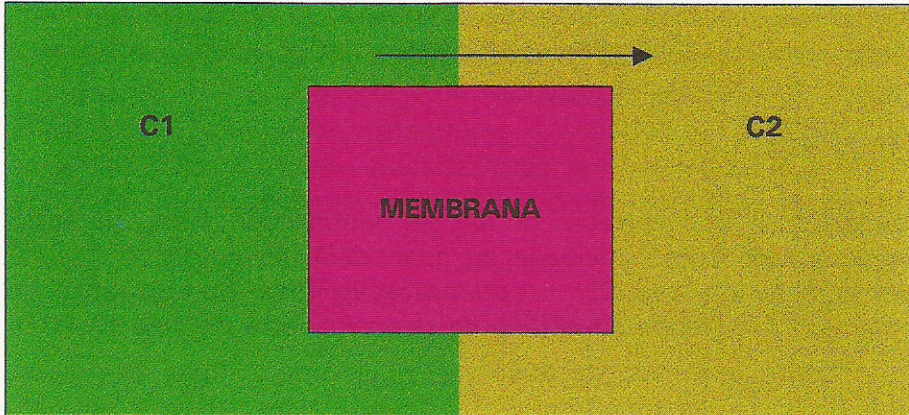
$$Q = V [M]$$

Onde: Q = quantidade de nutrientes contactados no fluxo de massa; V = volume de água por hectare; e $[M]$ = concentração do íon (nutriente).

A absorção pelo processo de difusão consiste no caminhamento do íon (nutriente), à longa distância, por intermédio da fase aquosa estacionária, explicada pela lei de Fick. O nutriente caminha do meio mais concentrado para o mais diluído (Figura 5), até equilibrar as concentrações e ficar em contato com o sistema radicular.

$$S/t = D \cdot a (C_1 - C_2) / x$$

Onde: S = moles do nutriente difundido; t = tempo em segundos; D = coeficiente de difusão; a = área da raiz em cm^2 ; C_1 = concentração maior; C_2 = concentração menor; e x = espessura da membrana em cm.



C1 – Solução aquosa de maior concentração de micronutrientes.
 C2 - Solução aquosa de menor concentração de micronutrientes.

FIG. 5 Esquema de uma raiz com o processo de difusão, no qual: C1 = Solução aquosa de maior concentração de micronutrientes e C2 = Solução aquosa de menor concentração de micronutrientes.

6 ORIGEM DOS SOLOS DEFICIENTES EM MICRONUTRIENTES

Os micronutrientes presentes nos solos podem ser oriundos da rocha matriz, de resíduos animais e vegetais, de águas naturais, de materiais da atmosfera, de fertilizantes, de inseticidas e de fungicidas. Alguns deles são provenientes do próprio local, como é o caso dos solos autóctones, enquanto outros são trazidos de locais distantes, como, por exemplo, dos solos alóctones.

Os solos brasileiros estão classificados entre os mais velhos do mundo. Estimam-se que os solos de cerrado têm em torno de cem milhões de anos; assim, houve tempo suficiente para que a lixiviação e a erosão se encarregassem de empobrecê-los. A maioria desses solos é constituída de oxissolos, distribuídos em, aproximadamente, 56% de latossolos, 20% de areias quartzosas, 20% de solos podzólicos + cambissolos + solos hidromórficos (Figura 6).

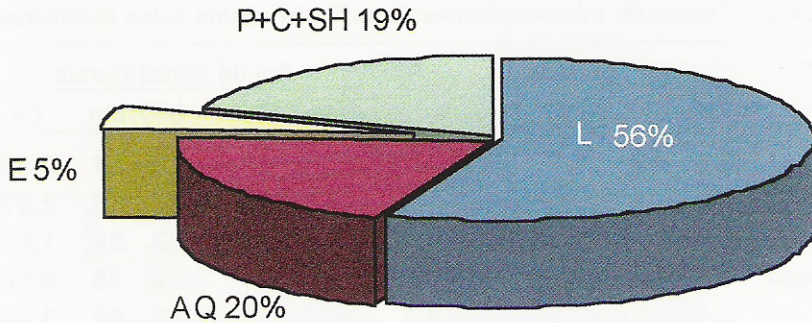


FIG. 6 Ocupação porcentual de solos de cerrado, onde: L = latossolos; AQ = areia quartzosas, P + C + SH = solos podzólicos + cambissolos + solos hidromórficos; e E = solos eutróficos.

Por outro lado, a situação de empobrecimento pode ter sido agravada a partir do material de origem desses solos, já pobres em nutrientes desde o início do processo de sua formação. Dentre os solos de cerrados, verificam-se diferentes teores de micronutrientes entre os solos formados no Sul de Minas e os situados em torno de Goiânia e Brasília. Por exemplo, os teores de zinco e boro, dos solos próximos de Goiânia, são menores que 1 ppm, enquanto os dos solos do Sul de Minas são maiores que 1 ppm (Tabela 2). Solos do Sul de Minas apresentam teores regulares (acima de 50 ppm) de manganês, e os solos próximos de Goiânia, altos teores de ferro. Discute-se, ainda, que os solos do Cerrado devem possuir nutrientes em níveis suficientes para as culturas, mas que se encontram bloqueados, isto é, em forma não disponível. Esta disponibilidade pode ser modificada por meio de práticas de manejo e conservação.

TABELA 2 Teores de micronutrientes (ppm*) em alguns solos brasileiros.

Solo**	Cerrado					Sul de Minas Gerais				
	Zn	Fe	B	Mn	Cu	Zn	Fe	B	Mn	Cu
LE	0,4	65	0,4	35	2,60	1,80	32	1,13	47	2,83
LV	0,5	81	0,6	16	1,30	1,82	47	0,97	58	2,67
PV	-	-	-	-	-	4,04	17	1,07	52	1,69
Cambissol	-	-	-	-	-	1,17	35	0,86	35	0,90
LR	0,4	41	0,3	33	5,40	1,20	23	0,88	52	3,40
AQ	0,2	130	0,2	5	0,20	-	-	-	-	-
TE	-	-	-	-	-	4,13	25	1,23	25	8,74

* mg.kg^{-1} = ppm.

** AQ = Areia Quartzosa; LE = Latossolo Vermelho-Escuro; LR = Latossolo Roxo; LV = Latossolo Vermelho-Amarelo; PV = Podzólico Vermelho-Amarelo e TE = Terra Roxa Estruturada.

Fonte: Malavolta et al. (1989), Carvalho (1991).

A fertilidade do solo é um fator importante na formação, na recuperação e na longevidade da pastagem (Figuras 7 e 8), enquanto o manejo do rebanho é essencial para a manutenção da qualidade da forragem produzida. Pastagem em que se produz forragem sem fazer adubação de manutenção, os solos apresentam quedas contínuas nos teores de nutrientes.

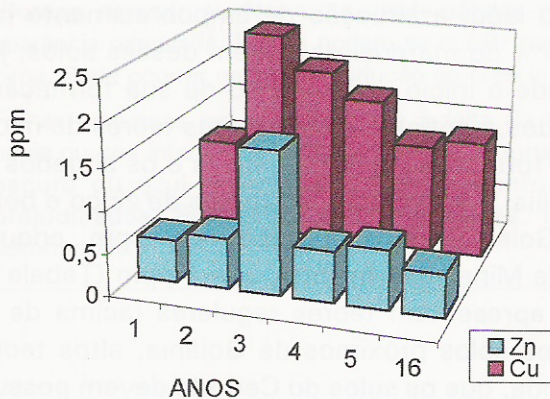


FIG. 7 Acompanhamento dos níveis de zinco (Zn) e cobre (Cu), em pastagem recuperada pelo Sistema Barreirão, formada há seis anos, em comparação com outra, superpastejada por 16 anos.

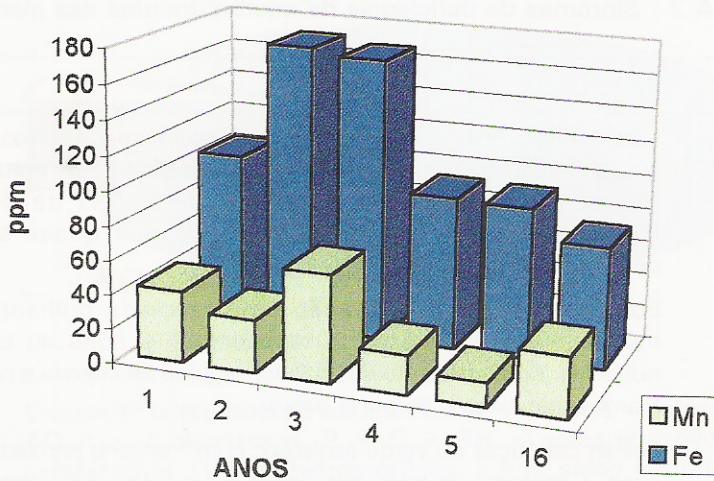


FIG. 8 Acompanhamento dos níveis de ferro (Fe) e manganês (Mn), em pastagem recuperada pelo Sistema Barreirão, formada há seis anos, em comparação com outra superpastejada por 16 anos.

7 CONDIÇÕES DE OCORRÊNCIA DE DEFICIÊNCIA DE MICRONUTRIENTES

A freqüência da deficiência de micronutrientes em plantas tem sido atribuída aos seguintes fatores:

- . Remoção pelas culturas, em solos de fertilidade baixa;
- . Altas produtividades de cultivares melhoradas precoces;
- . Uso de fontes de fertilizantes muito fracos, pobres em micronutrientes; e
- . Falta de conhecimento dos técnicos sobre sintomas de deficiência mineral (Tabela 3).

TABELA 3 Sintomas de deficiência de micronutrientes nas plantas.

Nutriente	Sintoma
Boro (B)	Paralisação e morte dos pontos de crescimento; tecidos duros, secos e quebradiços. Folhas deformadas, com caule enrugado e rachado, apresentando manchas ou estrias de cortiça. Florescimento muito prejudicado e frutos quase sempre deformados.
Cloro (Cl)	Folhas novas com coloração verde-azulada brilhante, que murcham em dias de calor, recuperando à noite ou em dias nublados. Bronzeamento das folhas, seguido de clorose e necrose. Plantas raquíticas e de porte baixo.
Cobre (Cu)	Folhas cloróticas ou verde-azuladas, com margens enroladas para cima. Casca das árvores enrugadas e fendidas, com exsudação de goma das fissuras. Plantas com aspecto de touceira, pelo encurtamento de nós. Florescimento e frutificação prejudicados.
Ferro (Fe)	Clorose geral das folhas novas. As nervuras podem permanecer verdes.
Manganês (Mn)	Folhas com clorose intra-nerval. Nervuras formam rede verde sobre fundo amarelo. Folhas podem se apresentar manchadas ou com faixas necróticas. Embrião ou superfície interna dos cotilédones necrosados. Crescimento paralisado.
Molibdênio (Mo)	Clorose internerval. Nervuras verde-pálidas mostrando uma aparência reticulada. Folhas podem se curvar para baixo ou para cima. Pode ocorrer necrose e redução de crescimento.
Zinco (Zn)	Folhas pequenas em roseta devido à falta de alongamento do caule ou dos internados. Folhas cloróticas e tortas, de cor verde-escuro ou azul-esverdeado. Florescimento e frutificação prejudicados. Folhas tortas e necróticas. Plantas anãs e deformadas.

Nos solos de cerrado, em lavouras e pastagens bem conduzidas e sob condições favoráveis de clima, ocorrem, esporadicamente, plantas que, embora aparentemente saudáveis, apresentam rendimentos aquém daqueles esperados, não condizentes com o nível de tecnologia empregado. De acordo com a correção de solo e com as adubações aplicadas, não deveriam existir plantas com crescimento irregular; contudo, análises foliares vêm revelando distúrbios nutricionais, ora abaixo, ora acima dos níveis críticos desejados.

Quando se observa uma planta com sintomas de deficiência, tem-se a noção de como cada nutriente tem sua função específica no mecanismo fisiológico da planta (Tabela 4). Logo, a adubação deve ser balanceada quantitativa e qualitativamente (Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás, 1988) com a finalidade de reduzir ao mínimo as propriedades de sinergismo e antagonismo (Lopes, 1986) entre dois ou mais nutrientes que ora facilitam, ora dificultam, a absorção de nutrientes (Malavolta et al., 1974).

A maioria das plantas cultivadas nos solos de cerrado responde às adubações com zinco, sendo comum a deficiência deste micronutriente já no primeiro ano de exploração da área. Com o decorrer do tempo, outros problemas de deficiência, notadamente de boro e cobre, podem também limitar as produções. Deficiências generalizadas de nutrientes são comumente observadas em solos que receberam terraplanagem ou nivelamento, devido à remoção da camada superficial, geralmente mais rica em matéria orgânica, principal fonte da maioria dos nutrientes. Diferentes condições de origem, clima, manejo e uso do solo influenciam a disponibilidade de cada nutriente (Tabela 4).

As práticas apropriadas para os solos degradados devem visar a preservação de matéria orgânica, pois, além de servir como reservatório de micronutrientes, a matéria orgânica influencia indiretamente a retenção de água no solo, a formação de agregados, a distribuição proporcional de macro e microporosidade, o arejamento, a presença de microrganismos e o crescimento das raízes (Buckman & Brady, 1968).

8 NÍVEIS CRÍTICOS

Para a maioria das culturas, são considerados adequados, no solo, os teores de 0,5-1,0 mg de B; 0,8-1,0 mg de Cu; 20-30 mg de Fe; 6-10 mg de Mn; e 0,8-1,0 mg.kg⁻¹ de Zn (Tabela 5); e na matéria seca das plantas, concentrações entre 10 mg e 200 mg de B; 3 mg a 50 mg de Cu; 50 mg a 1.000 mg de Fe; 5 mg a 600 mg de Mn; e 5 mg a 200 mg.kg⁻¹ de Zn (Malavolta et al., 1989). A quantidade de fertilizantes a ser aplicada depende dos níveis encontrados no solo (Tabelas 6 e 7).

TABELA 5 Níveis críticos de micronutrientes no solo.

Nutriente	Concentração (mg.kg ⁻¹) *	Extrator
Boro (B)	1	Água quente
Cobalto (Co)	0,25	Ácido acético 0,5 N
Cobre (Cu)	1	Acetato de amônio - pH 4,8 0,5 M EDTA
Ferro (Fe)	2,0	Acetato de amônio - pH 4,8
Manganês (Mn)	5	Carolina do Norte
Molibdênio (Mo)	0,15	Água quente Oxalato de amônio - pH 3,0
Zinco (Zn)	1,00	Carolina do Norte Cloreto de magnésio 2N Soluções ácidas fracas

* mg.kg⁻¹ = ppm

Fonte: Adaptado de Valadares (1975) e Oliveira & Thung (1988).

Existe um grande número de produtos químicos utilizados para correção de deficiências de solos e plantas (Tabela 8). Dependendo da gravidade das deficiências, as fontes mais solúveis devem ter preferência para aplicação. Os sulfatos e os cloretos são mais solúveis que os sulfetos, os carbonatos e os óxidos. Pelo fato de alguns cloretos aumentarem a condutividade dos solos, os sulfatos e os fosfatos devem ser os preferidos.

TABELA 6 Classificação dos níveis de micronutrientes nos solos.

Nível	Concentração de micronutrientes (ppm)						
	Boro ¹	Cobalto ²	Cobre ³	Ferro ³	Manganês ³	Molibdênio ⁴	Zinco ³
Muito baixo	<0,5	0,1	<0,3	<20	<2,5	<0,1	<2,0
Baixo	0,5 a 1,0	0,1 a 0,25	0,3 a 0,6	20 a 30	2,5 a 5,0	0,1 a 0,20	2,0 a 4,0
Crítico	1,0	0,25	0,6	30	5,0	0,20	4,0

¹ Extração por água quente.
² Extração por ácido acético 0,5N.
³ Extração rolíneira de Carolina do Norte.
⁴ Extração por oxalato de amônio.

TABELA 7 Recomendações de micronutrientes de acordo com os níveis dos solos.

Nível	Recomendação de micronutrientes (kg/ha)						
	Boro ^{1,6}	Cobalto ^{2,5,6}	Cobre ^{3,6}	Ferro ^{3,6}	Manganês ^{3,6}	Molibdênio ^{4,5,6}	Zinco ³
Muito baixo	1,00	0,075	3,00	2,00	2,00	0,045	4,00
Baixo	0,50	0,050	1,50	1,00	1,00	0,030	2,00
Crítico	0,25	0,025	0,75	0,50	0,50	0,015	1,00

¹ Extração por água quente.
² Extração por ácido acético 0,5N.
³ Extração rolíneira de Carolina do Norte.
⁴ Extração por oxalato de amônio.
⁵ Preferencialmente aplicado junto com as sementes.
⁶ Recomendado apenas em casos de observação de sintomas de deficiência.

TABELA 8 Sais mais usados como fonte de micronutrientes.

Nutriente	Fonte	Porcentagem de nutrientes
Boro (B)	Ácido bórico	17
	Bórax	11
	Tetraboratos	14 a 20
Cobre (Cu)	Sulfatos cúpricos	13 a 53
	Quelatos de cobre	13
	Óxidos	75 a 89
Ferro (Fe)	Sulfatos	19 a 23
	Óxidos	69 a 77
Manganês (Mn)	Sulfatos	24 a 36
	Óxidos	41 a 68
	Cloretos	17
	Carbonatos	31
Molibdênio (Mo)	Molibdatos	39 a 54
	Óxidos	66
	Sulfatos	60
Zinco (Zn)	Sulfatos	23 a 55
	Óxidos	20 a 78
	Carbonatos	52
	Sulfetos	67
	Fosfatos	51

9 MICRONUTRIENTES NA RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM

Aplicações de doses crescentes de fósforo, cálcio e zinco (este último, isoladamente e em combinação com outros micronutrientes) foram empregadas em campo, ao mesmo tempo que o boro, o cobalto, o cobre, o ferro, o manganês e o molibdênio foram estudados utilizando-se FTE BR12 (Tabela 9), com a finalidade de se conhecer o efeito dos micronutrientes em diferentes parâmetros de produção.

TABELA 9 Formulações comerciais mais comuns no mercado.

Produto	Concentração (%)						
	Zn	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Cu
FTE – BR.8	7	2,50	1,00	5	10	0,10	-
FTE BR.9	6	2,00	0,80	6	3	0,10	-
FTE BR.10	7	2,50	1,00	4	4	0,10	0,10
FTE – BR.12	9	1,80	0,80	3	2	0,10	-
BR EXTRA	15	2,50	1,00	3	3	0,10	-
FTE – BR.13	7	1,50	2,00	2	2	0,10	-
FTE – BR.15	8	2,80	0,80	-	-	0,10	-
FTE – BR.16	3,50	1,50	3,50	-	-	0,40	-
FTE – BR.24	18	3,60	1,60	6	4	0,20	-
Micronutri – 121	12	1,00	-	-	-	0,60	0,15
Micronutri – 155	15	5,00	-	-	6% de Mg	-	-
Micronutri – 183	18	3,00	-	-	6% de Mg	-	-
Micronutri – 204	20	4,00	-	-	-	-	-
Micronutri – 222	22	2,00	1,00	-	-	-	-
Micronutri – 252	25	2,50	-	-	-	1,30	0,30
Micronutri – 301	30	1,0	1,00	-	-	-	-
Nutricitro – 248	24	2,00	-	-	8	-	-
ZINCOP 101	10	2,00	10,00	-	-	-	-
ZINCOP 105	10	2,00	10,00	5	-	-	-
ZINCOP 110	10	-	10,00	-	-	-	-
ZINCOP 115	10	-	10,00	-	-	-	-
ZINCOP 201	20	1,00	10,00	5	-	-	-
ZINCOP 210	20	-	10,00	-	-	-	-
Zincogran	20	-	-	-	6% de S	-	-
Nutrizinco I	30	-	-	2	-	-	-
Nutrizinco II	20	-	-	2	-	-	-
Sulfato de Zinco	21	-	-	-	-	-	-
Nutriboro	-	9,00	-	-	-	-	-
Borogran	-	8,00	-	-	-	-	-
Nutrimag	-	4% de S	-	-	30% de Mg	-	-

10 CAMPOS DEMONSTRATIVOS

Os testes foram realizados em Latossolo Vermelho-Escuro (LVE), de textura arenosa, no município de Piracanjuba-GO. Em um dos testes foram utilizadas doses crescentes de Zn (0, 30 kg e 60 kg de $ZnSO_4$ /ha) e de FTE-BR12 (0, 30 kg, 60 kg, 90 kg e 120 kg/ha), e no outro teste, doses crescentes de P (0, 300 kg e 600 kg de P_2O_5 /ha), Ca (0, 3 t e 6 t de calcário calcítico/ha) e Zn (0, 40 kg e 80 kg de $ZnSO_4$ /ha). As características químicas do solo são apresentadas nas Tabelas 10 e 11.

TABELA 10 Resultados da análise química de macronutrientes de dois Latossolos Vermelho-Escuro (LE), textura arenosa, Piracanjuba-GO.

Área	pH*	Ca**	Mg***	Al***	P***	K***
1 LE-textura arenosa	5,8	0,9	0,3	1,3	1,9	37
2 LE-textura arenosa	5,3	1,4	0,8	0,8	0,5	53

* Leitura em H_2O (1:2,5 vol./vol.).

** meq/100cc extraída em KCl 1N.

*** ppm extraídos com H_2SO_4 0,025N + HCl 0,05N.

TABELA 11 Resultados da análise química de micronutrientes de dois Latossolos Vermelho-Escuro (LE), textura arenosa, Piracanjuba-GO.

Área	Zn*	Cu*	Mn*	Fe*	MO**
1 LE-textura arenosa	1,1	1,4	47	116	1,5
2 LE-textura arenosa	0,6	1,7	53	198	1,6

* ppm = $mg.kg^{-1}$ extraídos com H_2SO_4 0,025N + HCl 0,05N.

** Porcentagem pelo método de Walkley and Black (1934).

Como adubação básica, foram aplicados, conforme a necessidade dos solos, 300 kg de 4-30-16 de $N-P_2O_5-K_2O$ /ha, 20 kg de $ZnSO_4$ /ha e 30 kg de FTE (BR12)/ha, no plantio. Em cobertura, foram aplicados, para o arroz (cultivar Guarani), entre 30 e 35 dias após a germinação, 100 kg de sulfato de amônio/ha.

Com a finalidade de cortar as ervas daninhas e restos de pastagens e, assim, facilitar a incorporação de matéria orgânica e as operações subseqüentes, foi realizada uma gradagem com grade Rome, logo após as primeiras precipitações do período chuvoso. A aração foi realizada com arado de aiveca, 15 dias após a gradagem, atingindo uma profundidade entre 30 cm e 40 cm; dez dias após a aração, foi realizada uma gradagem de nivelamento para se conseguir um plantio com profundidade uniforme. A semente de *Brachiaria brizantha*, cultivar Marandu (5 kg/ha), foi misturada ao adubo e colocada a uma profundidade em torno de 10 cm. As sementes do arroz foram tratadas com produtos à base de Carbofuran (1,5 L/100 kg) e semeadas entre 3 cm a 5 cm de profundidade (Oliveira et al., 1993, 1996).

O calcário foi aplicado um pouco antes da primeira gradagem. A produção de grãos de arroz constituiu o parâmetro básico de avaliação dos tratamentos. O acamamento do arroz foi avaliado por três pessoas, independentemente, e as notas foram emitidas após a correção das discrepâncias de avaliação cometidas, conforme os critérios abaixo:

0 = nenhum acamamento	3 = >40 a 60%
1 = >0 a 20%	4 = >60 a 80%
2 = >20 a 40%	5 = >80 a 100% de acamamento

O capim foi avaliado conforme o desenvolvimento e o aspecto da planta, considerando-se a seguinte escala: 1 = péssimo, 2 = regular, 3 = bom, 4 = muito bom e 5 = excelente.

11 APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES EM CAMPO

11.1 Doses Crescentes de FTE e Zinco

Os resultados obtidos com a aplicação de zinco (ZnSO_4) e FTE (mistura de solícitas de micronutrientes) foram satisfatórios. As maiores produções de arroz foram obtidas nas parcelas que receberam 20 kg de FTE (BR12)/ha e 20 kg de ZnSO_4 (Figura 9).

Ao analisar isoladamente os resultados obtidos, observa-se que tanto o sulfato de zinco como o FTE influenciaram positivamente a produção de arroz, agindo diferentemente quando aplicados isolados ou em combinação. A produção de grãos teve um ligeiro aumento com a aplicação de até 40 kg de sulfato de zinco/ha, isoladamente; contudo, dado este aumento ser muito inexpressivo, é preferível utilizar 20 kg/ha (Figura 9). Quando aplicados em conjunto, a maior produção foi obtida com doses de 20 kg de sulfato de zinco/ha e 20 kg de FTE/ha. A produção obtida com a aplicação de FTE (BR12), isoladamente, foi proporcional à quantidade aplicada. Por outro lado, ambos os nutrientes aumentaram o acamamento da cultura, mostrando que tiveram efeito no desenvolvimento da planta, e aumentaram simultaneamente o peso da planta na parte aérea (grão).

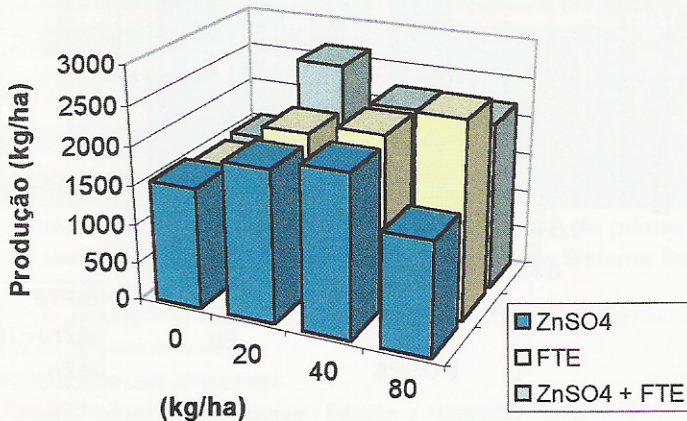


FIG. 9 Efeito de doses crescentes de Sulfato de Zinco (ZnSO_4) e FTE (S3), aplicados isoladamente e combinados, na produção média de arroz (cultivar Guarani).

O capim *Brachiaria brizantha*, cv. Marandu, apresentou melhor desenvolvimento nos tratamentos que receberam zinco e FTE (BR 12). Também houve melhor absorção de zinco quando se aplicaram doses crescentes deste nutriente e de FTE, tanto isoladamente como combinadas. Nas condições de solos degradados, a aplicação complementar de zinco é necessária, mesmo quando se aplicam misturas compostas de micronutrientes, como FTE. Aumentando as doses aplicadas tem-se maior concentração de nutrientes no solo (Figura 11).

As boas respostas obtidas com a aplicação de zinco na altura da planta (Figura 12) e no número de plantas produtivas (Figuras 10 e 13) vêm reforçar a teoria de que este é o micronutriente mais carente nas condições de cerrado, tanto pelo baixo teor de matéria orgânica de seus solos como pela carência em zinco do material de origem. Além do zinco, também há necessidade de complementar a adubação com vários outros micronutrientes E).

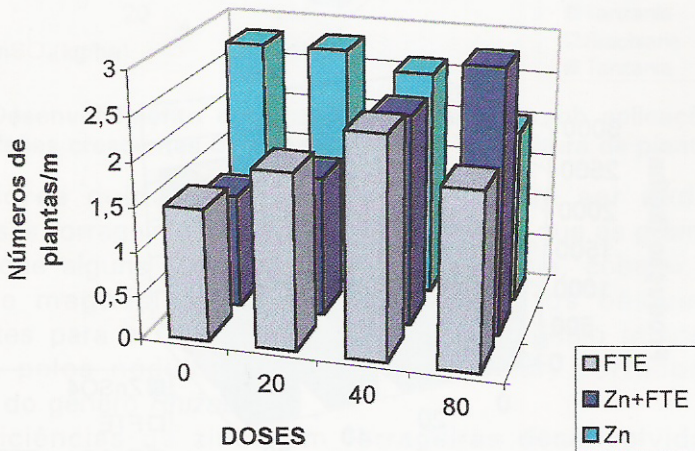


FIG. 10 Efeito de doses crescentes de Sulfato de Zinco ($ZnSO_4$) e FTE, aplicados isoladamente e combinados, no estande inicial de *Brachiaria*.

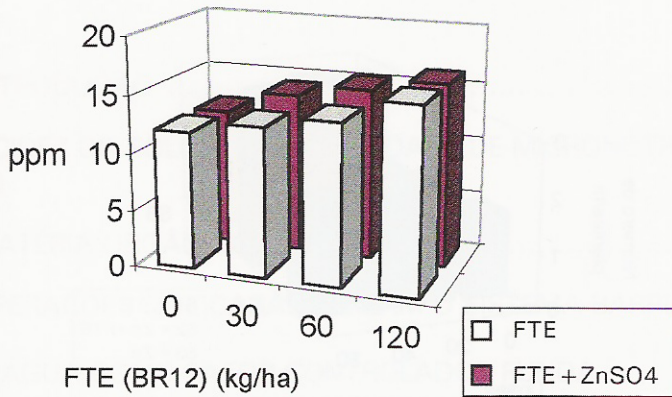


FIG. 11 Efeito residual da aplicação de doses crescentes de FTE, aplicado isoladamente e em combinação com Sulfato de Zinco, em solo de cerrado.

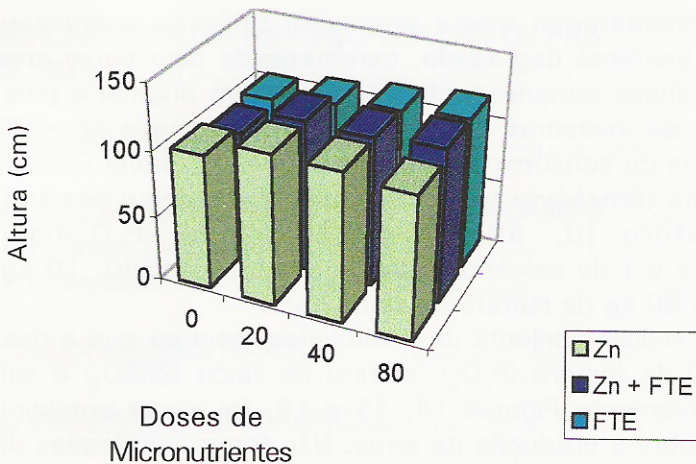


FIG. 12 Efeito de doses crescentes de Sulfato de Zinco ($ZnSO_4$) e FTE, aplicados isoladamente e combinados, na altura média de arroz.

Micronutrientes X Estande Inicial da Brachiaria

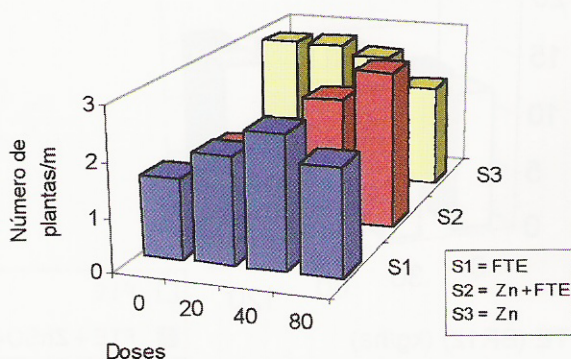


FIG. 13 Efeito de doses crescentes de Sulfato de Zinco (ZnSO₄) e FTE, aplicados isoladamente e combinados, no estande inicial da Brachiaria.

11.2 Interação Fósforo, Cálcio e Zinco

Considerando que a pastagem utilizada encontrava-se em estado bastante degradado, caracterizada pelo baixo crescimento de gramíneas remanescentes da pastagem original e pelo elevado número de invasoras arbustivas, especulou-se a possibilidade de respostas do consórcio da cultura de arroz (cultivar Guarani) com a forrageira (*Brachiaria brizantha*, cultivar Marandu) aos tratamentos de fósforo (0, 60 kg e 120 kg de P₂O₅/ha), cálcio (0, 3 t e 6 t de calcário dolomítico/ha) e zinco (0, 10 kg, 20 kg, 40 kg e 80 kg de sulfato de zinco/ha).

A análise conjunta dos resultados mostrou que a dosagem de 60:40:0 de fósforo (P₂O₅), sulfato de zinco (ZnSO₄) e calcário/ha, respectivamente Figuras 14, 15 e 16, foi a que propiciou melhor efeito sobre a produção de arroz. Não foram verificadas diferenças entre as dosagens crescentes de calcário. As dosagens de 120 kg de P₂O₅/ha e 80 kg de Zn/ha foram prejudiciais à produção de arroz. O número de plantas por hectare (estande) de braquiaria não foi afetado pelos tratamentos utilizados.

As análises das folhas de arroz colhidas aos 45 dias após o plantio e as análises de solo após a colheita mostraram que as concentrações de fósforo, cálcio e zinco, tanto na folha como no solo, aumentaram com o incremento das doses de fertilizantes ou corretivos aplicados.

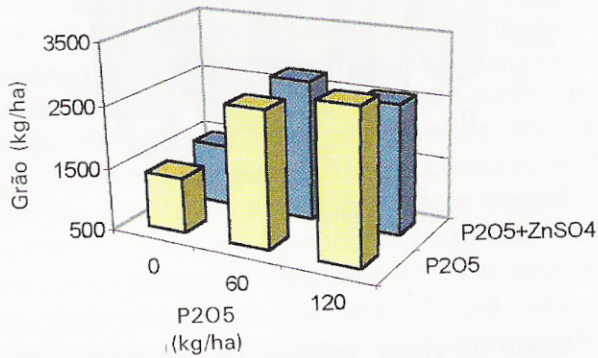


FIG. 14 Efeito do fósforo, aplicado isoladamente e em interação com o zinco, na produção de arroz.

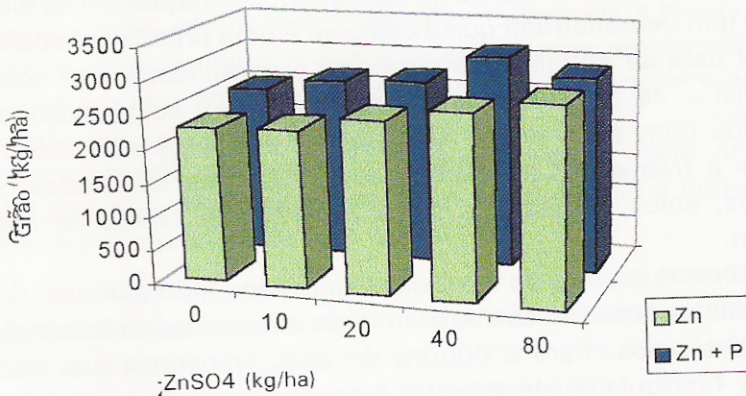


FIG. 15 Efeito do zinco, aplicado isoladamente e em interação com o fósforo, na produção de arroz.

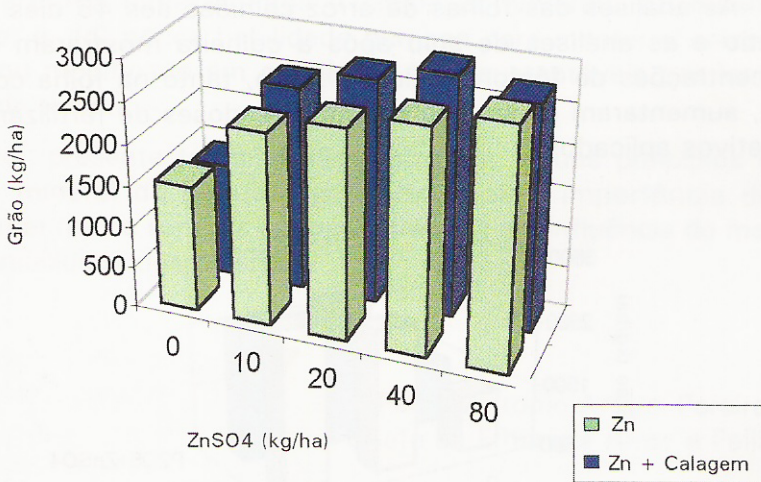


FIG. 16 Efeito do zinco, aplicado isoladamente e em interação com a calagem, na produção de arroz.

Apenas uma concentração muito pequena de fósforo do solo encontra-se na forma prontamente disponível para as plantas e, por isso, justifica-se a resposta das culturas à aplicação de fertilizantes fosfatados. Os baixos teores de cálcio, em consequência da elevada acidez, têm demonstrado que a calagem é uma prática indispensável e inicial para se atingir altos níveis de produtividade. Por sua vez, deficiências de zinco têm sido observadas em solos alcalinos ou corrigidos com altas doses de calcário, em solos que receberam pesadas e freqüentes aplicações de fertilizantes fosfatados, solos arenosos, solos lixiviados e solos com baixos teores de matéria orgânica.

Baixas respostas do arroz à calagem são muito comuns, devido às próprias características das gramíneas em se adaptar às condições ácidas dos solos. Para a cultura do arroz, devido a seu sistema radicular fasciculado, deve-se ter uma preocupação especial sobre aplicações de corretivos e fertilizantes em excesso, que fatalmente vêm prejudicar a absorção dos outros encontrados em menor concentração.

12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As respostas obtidas com micronutrientes demonstraram que as quantidades de 20 kg de FTE e 20 kg de sulfato de zinco ($ZnSO_4$)/ha são suficientes para se atingir os rendimentos máximos da produção de arroz. Quando se isolaram os efeitos de cada fonte de nutrientes, ficou evidenciado que tanto a mistura de micronutrientes (FTE BR12) quanto o zinco ($ZnSO_4$) influenciaram positivamente a produção de grãos.

O fósforo foi essencial para a produção de arroz. O maior rendimento foi obtido com a menor dosagem aplicada (300 kg de superfosfato simples/ha), enquanto o calcário não apresentou efeito nesta produção.

O desenvolvimento da forrageira (*Brachiaria brizantha*, cultivar Marandu) não apresentou grandes diferenças em curto espaço de tempo, isto porque o bom preparo do solo fez com que a pastagem tivesse condição de se desenvolver e fazer melhor aproveitamento dos nutrientes e da umidade em maior volume de solo.

13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUCKMAN, H.O.; BRADY, H.C. *Natureza e propriedade dos solos*. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos, 1968. 594p.
- CARVALHO, A.M. *Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de fósforo em solos de cerrados*. Piracicaba: USP-ESALQ, 1991. 103p. Dissertação Mestrado.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS (Goiânia, GO). *Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás; 5ª aproximação*. Goiânia: UFG/EMBRAPA, 1988. 101p. (Convênio. Informativo Técnico, 1).
- DENNIS, E.J. *Micronutrientes: o papel no solo*. In: FUNDAÇÃO CARGILL. *Micronutrientes*. 2.ed. São Paulo, 1987. p.4-20.
- LOPES, A.S. *Micronutrientes nos solos e culturas brasileiras*. In: SILVA, M. de C., coord. *Anais do Seminário P, Ca, Mg, S e Micronutrientes; situação atual e perspectiva na agricultura*. 2.ed. São Paulo: Manah, 1986. p.110-141.

- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo: Pioneira, 1974. 752p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.S. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Potafos, 1989. 201p.
- MATTOS, H.O.; COLOZZA, M.T. Micronutrientes em pastagem. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E., ed. **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba: Potafos, 1986. p.233-236.
- MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSEY, W.L. **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. 666p.
- OLIVEIRA, I.P. de; KLUTHCOUSKI, J.; DUTRA, L.G.; GUIMARÃES, C.M.; PORTES E CASTRO, T. de A. **Sistema Barreirão**: efeitos da aplicação de P, Ca e Zn na produção de arroz e na recuperação de pastagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993. p.63-64.
- OLIVEIRA, I.P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P.; DUTRA, L.G.; PORTES E CASTRO, T. de A.; SILVA, A.E.; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M.; GUIMARÃES, C.M.; GOMIDE, J. de C.; BALBINO, L.C. **Recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. 90p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 64).
- OLIVEIRA, I.P.; THUNG, M.D. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T., ed. **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos, 1988. p.175-212.
- VALADARES, J.M.A.S. Microelementos. In: MONIZ, A.C., ed. **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. p.199-208.
- YOKOYAMA, L.P.; KLUTHCOUSKI, J.; GOMIDE, J. de C.; SANTANA, E.P. de; OLIVEIRA, E.T. de; CANÓVAS, A.D.; OLIVEIRA, I.P. de.; GUIMARÃES, C.M. **Plantio de arroz consorciado com pastagens - Sistema Barreirão**; análise econômica. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1992. 11p. (EMBRAPA-CNPAP. Comunicado Técnico, 25).
- WINTER, E.J. **A água e a planta**. São Paulo: EPU Universidade de São Paulo, 1976. 170p.



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão
Ministério da Agricultura e do Abastecimento
Rod. Goiânia Nova Veneza km 12 Sto. Antônio de Goiás GO
Caixa Postal 179 75375-000 Sto. Antônio de Goiás GO
Telefone (062) 833 2110 Fax (062) 833 2100
E-mail cnpaf@cnpaf.embrapa.br*