

FONTES DE ZINCO E MODOS DE APLICAÇÃO SOBRE A PRODUÇÃO DE ARROZ EM SOLOS DE CERRADO¹

MOREL PEREIRA BARBOSA FILHO², NAND KUMAR
FAGERIA³ e JOSÉ RUY PORTO DE CARVALHO⁴

RESUMO - Em três experimentos, conduzidos em solo de Cerrado, foram estudados os efeitos de fontes e modos de aplicação de Zn sobre a produção de arroz (*Oryza sativa* L.). Em dois experimentos avaliaram-se as fontes ZnSO₄, ZnO e ZnCl₂ e quatro modos de aplicação; no sulco, a lanço, na semente e via foliar. Em um terceiro experimento, avaliaram-se, além daquelas, mais duas fontes: FTE BR-12 e Micronutri-222. Estas fontes adicionais foram aplicadas somente no sulco e a lanço. As três primeiras fontes foram estatisticamente superiores às fontes FTE BR-12 e Micronutri-222, não havendo, todavia, diferenças tanto entre estas como entre o ZnSO₄, ZnO e ZnCl₂. Em dois dos experimentos, não houve diferenças entre os modos de aplicação, porém, em um dos ensaios, as aplicações a lanço e no sulco propiciaram melhores resultados. O tratamento sem Zn apresentou a menor produção de grãos e diferiu significativamente dos demais em dois experimentos.

Termos para indexação: *Oryza sativa*, deficiência de zinco.

SOURCES AND APPLICATION OF ZINC ON RICE YIELD IN "CERRADO" SOILS

ABSTRACT - The effect of sources and zinc application on grain yield of rice was measured in three field experiments conducted in "cerrado" soils. In two of these experiments the treatments considered ZnSO₄, ZnO and ZnCl₂ sources and the following types of application: seed treatment, foliar spray, broadcast and banded applications. In the third experiment, two additional sources of zinc viz. FTE BR-12 and Micronutri-222 were included. The latter two sources were restricted to broadcast and banded applications. The first three sources were significantly superior to FTE BR-12 and micronutri-222. However, statistically significant differences were not evident within either the former three (ZnSO₄, ZnO and ZnCl₂) as the latter two sources. In one of the three experiments the broadcast and banded application showed better results than other modes of fertilizer application, whereas in the other two no significant difference can be obtained by different modes of fertilizer application. The grain yield decreased in treatment without zinc application, differing significantly from all other treatments in both the experiments.

Index terms: *Oryza sativa*, zinc deficiency.

INTRODUÇÃO

A maior área de produção de arroz, no Brasil, está localizada em solos de Cerrado, cuja produtividade está limitada por problemas de deficiências de alguns nutrientes, entre eles, o Zn.

O Zn atua como ativador ou inibidor de enzimas e sua deficiência resulta em menor crescimento. Sua importância, em arroz de sequeiro, está evidenciada em vários trabalhos (Souza & Hiroce 1970, Carvalho et al. 1975, Galvão et al. 1978, Fageria & Zimmermann 1979, Galvão & Lopes 1980, Barbosa Filho & Fageria 1980). Por outro lado, a maio-

ria desses estudos tem-se restringido mais à pesquisa de diagnose da deficiência e à avaliação de níveis e interações com outros nutrientes, especialmente P e calcário.

Considerando o aumento do problema, em decorrência do incremento da área plantada e dos solos carentes, e as diversas fontes disponíveis no mercado, torna-se essencial conhecer a eficiência agrônômica dessas fontes e o melhor modo de aplicação, do ponto de vista do máximo rendimento.

O objetivo deste trabalho foi determinar diferenças entre fontes e quatro modos de aplicação de Zn sobre a produção de arroz de sequeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Três experimentos envolvendo fontes de Zn e modos de aplicação foram conduzidos em dois locais, Goiânia e Anápolis, em solos deficientes em Zn, tendo sido instala-

¹ Aceito para publicação em 22 de março de 1982.

² Eng^o - Agr^o, M.Sc., Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP) - EMBRAPA, Caixa Postal 179, CEP 74000 - GOIÂNIA, GO.

³ Eng^o - Agr^o, Ph.D., CNPAP/EMBRAPA.

⁴ Estatístico, M.Sc., CNPAP/EMBRAPA.

dos nos anos agrícolas de 1978/79, 1979/80 e 1980/81. As condições de precipitação pluviométrica para os cultivos dos dois primeiros anos agrícolas podem ser considerados ideais para o cultivo de arroz, enquanto, no terceiro cultivo, houve escassez de chuvas (veranico) durante o florescimento da cultura. Os dados diários de chuva coletados durante o período de permanência dos experimentos no campo constam da Fig. 1.

Algumas características analíticas da camada de 20 cm de profundidade do solo são apresentadas na Tabela 1. Em relação ao suprimento de nutrientes, apresentam, na camada superficial, baixa disponibilidade, com um teor médio de matéria orgânica e teor de Zn considerado abaixo do nível crítico de 1 ppm por North Carolina State University (1974), quando extraído pelo H_2SO_4 0,025 N + HCl 0,005 N.

As fontes de Zn testadas nos dois primeiros experimentos foram $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (23% de Zn), ZnO (78% de Zn) e $ZnCl_2$ (45% de Zn). Os modos de aplicação foram: no sulco de plantio, sendo as fontes misturadas com a terra; a lanço, seguidas de incorporação; em pulverização, por ocasião do início do aparecimento dos sintomas de deficiência (aproximadamente 35 dias após

o plantio), na concentração de 0,5% de Zn, utilizando-se 300 l de água/ha e, na semente, em forma de solução de 1% de Zn. Neste caso, as sementes foram submersas em solução por 24 horas; em seguida, deixadas para secar à sombra, por três dias. Na solubilização do ZnO e $ZnCl_2$ para aplicação em pulverização e na semente, foi necessário adicionar 60 e 30 ml de HCl, respectivamente, para as duas fontes.

No terceiro ano agrícola, foram testadas, além das três fontes citadas, mais duas fontes de Zn, FTE BR-12 (9% de Zn) e Micronutri-222 (22% de Zn), aplicadas no sulco de plantio e a lanço, seguidas de incorporação. Para os tratamentos aplicados ao solo, foi usada uma dose única de 10 kg/ha de Zn. Em todos os tratamentos, utilizou-se uma adubação de 250 kg/ha de $(NH_4)SO_4$, sendo 1/3 no plantio e 2/3 em cobertura, por ocasião do início do primórdio floral, 500 kg/ha de superfosfato simples, 67 kg/ha de KCl aplicados no sulco de plantio e 2 t/ha de calcário calcítico com PRNT corrigido para 100%. A semeadura foi feita em 16.11.78, 26.11.79 e 29.11.80 para o primeiro, segundo e terceiro experimento, respectivamente, utilizando-se a cultivar IAC 47 na densidade de 70 sementes/m.

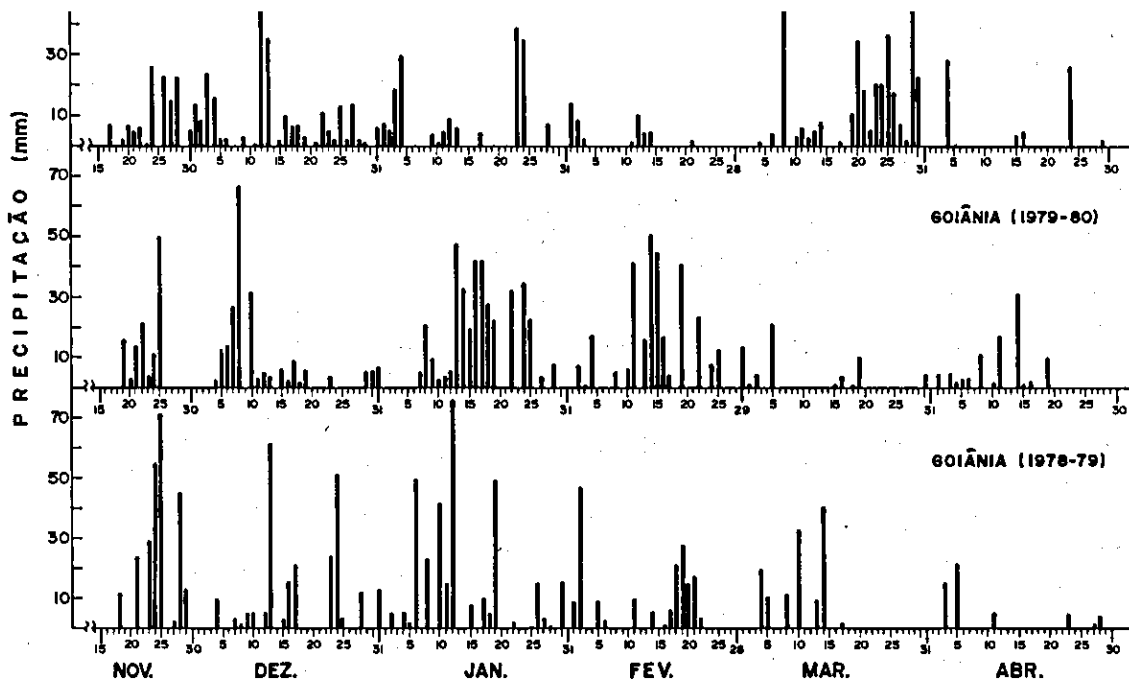


FIG. 1. Precipitação pluviométrica diária ocorrida durante o período de permanência dos experimentos no campo.

TABELA 1. Características químicas e texturais das amostras coletadas a 20 cm de profundidade, nas áreas dos experimentos. Média de três repetições¹.

Características	Experimento I	Experimento II	Experimento III
	Goiânia 1978/79	Goiânia 1979/80	Anápolis 1980/81
pH em água (1:2,5)	5,4	5,3	5,2
Al ⁺⁺⁺ - meq/100 cc ²	0,2	0,1	0,5
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ - meq/100 cc ²	2,0	3,0	0,4
K - ppm ³	44	52	20
P - ppm ³	0,3	0,6	0,6
Zn - ppm ³	0,7	0,7	0,3
M.O. - % ⁴	2,7	3,0	3,0
Areia - %	34,84	38,08	34,96
Limo - %	5,40	6,00	11,12
Argila - %	59,76	55,92	53,92
Classificação textural	argila	argila	argila

¹ Análises realizadas no Laboratório de Solos do CNPAF.

² Extrator: KCl 1 N.

³ Extrator: Mehlich (H₂SO₄ 0,025 N + HCl 0,05 N).

⁴ Processo: Walkley - Black (Jackson 1973).

Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela compreendia seis fileiras de 6 m de comprimento, espaçadas 0,50 m, em todos experimentos. O rendimento foi obtido colhendo-se as quatro fileiras centrais de cada parcela, desprezando-se 0,50 m em cada extremidade.

Foi feita análise de variância e esta desdobrada em duas partes: a primeira consistiu em comparar as médias dos tratamentos em relação à testemunha pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade. A segunda consistiu em estudar fontes, modos e interações, separadamente, através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento I e II

Nestes experimentos conduzidos no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), em Goiânia, menores produções de grãos foram obtidas no tratamento em que se omitiu o zinco em comparação com os tratamentos que incluíram esse elemento, principalmente, quando adicionado no sulco e a lanço (Tabela 2). O ZnO aplicado por via foliar teve efeito positivo e significativo em relação à testemunha no experimento I (1978/79), porém não se observou o mesmo efeito no ano seguinte (1979/80). Observa-se, também, maior percentagem de esterilidade de espiguetas ocorrida neste

ano e efeitos significativos, em relação à testemunha, dos tratamentos de Zn na semente e via foliar para o ZnCl, apenas na semente para o ZnO, e em pulverização para o ZnSO₄. É possível que o acamamento tenha mascarado o efeito dos tratamentos, uma vez que sua ocorrência foi independente dos tratamentos.

Não houve diferença significativa entre fontes (Tabela 3) e interação fontes x modos, em relação aos parâmetros estudados. Resultados semelhantes, obtidos por Yoshida et al. (1973), mostraram que ZnSO₄, ZnCl₂, ZnO e FTE são fontes igualmente efetivas na correção da deficiência de Zn. Diferença não-significativa entre ZnSO₄ e ZnO também foi encontrada por Galvão & Mesquita Filho (1981) para a cultura do milho.

A Tabela 4 mostra a influência dos modos de aplicação sobre a produção de grãos. Não houve diferença entre os modos no primeiro ano de condução do experimento, enquanto que, no segundo (1979/80), os melhores modos foram no sulco e a lanço. As produtividades alcançadas no segundo experimento foram sensivelmente menores que as do primeiro, provavelmente, devido à ocorrência de acamamento na maioria das parcelas, próximo à colheita.

Examinando ainda os dados da Tabela 4, cons-

TABELA 2. Efeito de fontes e modos de aplicação de zinco na produção de grãos de arroz e esterilidade, nos três experimentos.

Tratamentos	Produção de grãos kg/ha			Esterilidade %		
	Goiânia 1978/79	Goiânia 1979/80	Anápolis 1980/81	Goiânia 1978/79	Goiânia 1979/80	Anápolis 1980/81
ZnSO ₄ - semente	4.367	3.336	998	22,00	28,55	50,35
ZnSO ₄ - sulco	4.750*	3.705*	880	22,28	29,51	63,37
ZnSO ₄ - lanço	4.783*	3.568	401	22,97	29,25	55,13
ZnSO ₄ - pulverização	4.583	3.029	861	19,30	32,08*	50,80
ZnO - semente	4.317	3.222	880	20,02	32,03*	45,36
ZnO - sulco	4.500	3.561	563	21,32	27,68	61,28
ZnO - lanço	4.433	3.669*	813	23,74	26,10	50,22
ZnO - pulverização	4.700*	3.012	901	21,35	29,76	47,81
ZnCl ₂ - semente	4.400	3.077	879	21,43	32,41*	51,88
ZnCl ₂ - sulco	4.200	3.533	700	23,98	29,48	57,22
ZnCl ₂ - lanço	4.100	3.533	616	18,99	30,95	62,80
ZnCl ₂ - pulverização	4.633	3.185	915	18,06	32,58*	47,00
FTE BR-12						
sulco			576			50,42
lanço			670			58,22
Micronutri-222						
sulco			762			56,37
lanço			541			54,02
Testemunha	3.533	2.907	771	20,52	23,37	52,75
Dunnett (5%)	1.123	666	-	-	7,95	-
C.V. (%)	11,60	10,90	15,79	13,40	14,60	17,00

* Estatisticamente diferente pelo teste de Dunnett a 5%, em relação à testemunha.

tata-se que, apesar da superioridade dos tratamentos aplicados ao solo (sulco, lanço), no experimento II (1979/80), o tratamento de sementes apresentou comportamento igual ao tratamento do solo durante os três anos de experimentação. A eficiência do tratamento de semente pode ser explicada pela maior uniformidade da aplicação e pela colocação do Zn em contacto imediato com as primeiras raízes. Este resultado é altamente desejável, do ponto de vista econômico e para regiões sujeitas à ocorrência de veranico. A aplicação foliar pode ser um modo efetivo, porém a eficiência deste modo exige maior conhecimento técnico científico.

Experimento III

Estudando-se os dados da Tabela 2, notam-se, em relação aos dois primeiros experimentos, bai-

xas produtividades e altas percentagens de esterilidade obtidas em 1980/81. A Fig. 1 explica o fato, mostrando a variação de precipitação nos três anos de condução dos experimentos. Acha-se bem caracterizado, em 1980/81, um período de estiagem entre 25 de janeiro e 5 de março. Este período prolongou-se do início do primórdio floral ao fim da fase reprodutiva. Trabalho realizado por Fageria (1980), em condições semelhantes, demonstra que, quando há deficiência de água, a aplicação de fertilizantes não tem influência, e o rendimento é reduzido devido ao decréscimo no peso de grãos e ao aumento da esterilidade. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2, para o experimento conduzido em 1980/81, não houve diferença significativa dos tratamentos com Zn em relação à testemunha tanto para produção como

TABELA 3. Efeitos médios das fontes de zinco sobre a produção de grãos de arroz, nos três experimentos.

Fontes de zinco	Produção de grãos kg/ha		
	Goiânia 1978/79	Goiânia 1979/80	Anápolis 1980/81
ZnSO ₄	4.621	3.410	785
ZnO	4.488	3.366	789
ZnCl ₂	4.333	3.329	778
FTE BR-12	-	-	623
Micronutri-222	-	-	652
D.M.S. (Tukey 5%)	1.042	624	235
C.V. (%)	11,60	10,90	15,79

TABELA 4. Efeitos médios dos modos de aplicação de zinco sobre a produção de grãos de arroz, nos três experimentos.

Modo de aplicação	Produção de grãos kg/ha		
	Goiânia 1978/79	Goiânia 1979/80	Anápolis 1980/81
Semente	4.361 a	3.212 ab*	919 a
Sulco	4.483 a	3.599 a	714 a
Lanço	4.439 a	3.589 a	610 a
Pulverização	4.639 a	3.075 b	892 a
C.V. (%)	11,60	10,90	15,79

* Em cada coluna, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5%.

para percentagem de esterilidade, apesar de as plantas das parcelas testemunhas terem exibido deficiência acentuada de Zn e crescimento reduzido. Este resultado é explicado pela ocorrência de veranico. Tem-se observado que o aumento da produção de matéria seca, proporcionado pela adubação com macronutrientes, acarreta, em condições de déficit hídrico, produções muito baixas, decorrentes da maior exigência em água. No caso presente, os tratamentos com Zn não resultaram em maiores produções, dando a entender que o seu efeito foi mascarado pelos problemas hídricos.

Deve-se acrescentar, ainda, que o teor de Zn no solo encontrava-se bem abaixo do nível crítico de 1 ppm (Tabela 1), portanto, em condições de obter respostas à sua aplicação.

Neste experimento, foram incluídas mais duas fontes de Zn, o FTE BR-12 e Micronutri-222, aplicados de dois modos: no sulco de plantio e a lanço seguidos de incorporação. Para discussão, ZnSO₄, ZnO e ZnCl₂ foram considerados como grupo 1 e FTE BR-12 e Micronutri-222 como grupo 2. A análise de variância mostrou efeito significativo entre os dois grupos, mas não houve efeito de fontes dentro dos grupos 1 e 2 (Tabela 3).

Como se pode verificar na Tabela 4, os modos de aplicação do sulfato, óxido e cloreto de zinco também não influenciaram significativamente a produção, comprovando os resultados obtidos no experimento conduzido em 1978/79.

Quanto às duas fontes de Zn adicionais, observa-se, na Tabela 5, que o Micronutri-222, aplicado no sulco de plantio, foi significativamente mais eficiente comparado com sua aplicação a lanço. Considerando-se que esta diferença significativa foi obtida em apenas um ano de experimentação e que ocorreu deficiência hídrica durante toda a fase reprodutiva, faz-se necessário conduzir mais estudos para confirmação dos resultados.

O desdobramento dos graus de liberdade para os efeitos da interação fonte x modo (Tabela 6) indica que as fontes ZnSO₄ e ZnO mais usadas pelos produtores de arroz tiveram o mesmo efei-

TABELA 5. Interação entre duas fontes adicionais de zinco e dois modos de aplicação, Anápolis, 1980/81.

Modos	Produção de grãos kg/ha	
	Fonte FTE BR-12	Micronutri-222
Sulco	576 a*	762 a
Lanço	670 a	541 b
C.V. (%)	15,79	

* Em cada coluna, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5%.

TABELA 6. Interação entre fontes e modos de aplicação de zinco sobre a produção de grãos de arroz do experimento 3, Anápolis, 1980/81.

Modos	Produção de grãos (kg/ha)		
	ZnSO ₄	ZnCl ₂	ZnO
Semente	998 a*	880 a	879 a
Pulverização	861 a	901 a	915 a
Sulco	879 a	563 b	700 ab
Lanço	401 b	813 ab	616 b
C.V. (%)	15,79		

* Em cada coluna, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5%.

to quando aplicadas através da sementes, via foliar e no sulco de plantio. Por outro lado, a aplicação destas fontes a lanço, diminuíram a produção. Pode-se admitir que o desenvolvimento do sistema radicular, em condições de déficit hídrico, foi insuficiente para captar o Zn aplicado a lanço, uma vez que a dose utilizada foi igual à do sulco. Provavelmente este fato somente será melhor explicado com estudos de raiz. Já o ZnCl₂ foi estatisticamente inferior quando aplicado no sulco, em relação à semente, via foliar e a lanço. Não se conseguiu uma explicação para o fato.

Considerações gerais

No experimento conduzido em Anápolis (1980/81), as plantas das parcelas sem Zn mostraram nítido sintoma de deficiência a partir de 30-35 dias após o plantio, ou seja, menor desenvolvimento e coloração ferruginosa nas folhas mais velhas. Tal sintoma, entretanto, não foi observado nas plantas correspondentes ao tratamento sem Zn, nos experimentos realizados em Goiânia, embora a produção de grãos deste tratamento tenha sido estatisticamente inferior às obtidas nos tratamentos com Zn.

Comparando a eficiência das fontes testadas, conclui-se que não houve diferenças entre ZnSO₄, ZnO e ZnCl₂. Mas quando estas fontes são comparadas, em conjunto, com FTE BR-12 e Micronutri-222, as primeiras mostram ser mais eficientes nas condições experimentais deste trabalho. A fonte mais usada é o ZnSO₄ comercial, normalmente

recomendada para aplicações no sulco. Entretanto, este trabalho mostra que outras fontes, tais como ZnO e ZnCl₂, também podem ser usadas com bons resultados, mesmo como método preventivo (tratamento de sementes) ou quando a lavoura já está estabelecida, através de aplicações foliares, logo no início do aparecimento da deficiência. Deve-se ressaltar, entretanto, que o ZnO e ZnCl₂ apresentam baixa solubilidade em água. Por isso, nos tratamentos de semente e aplicações foliares, recomenda-se, até o momento, o ZnSO₄.

Considerando-se que o tratamento de sementes teve comportamento igual ao do solo, pode-se considerar este modo como uma alternativa para aplicação de Zn de suma importância para os produtores de arroz porque:

1. representa uma economia no custo de aplicação de Zn;
2. possibilita ao produtor adquirir a semente previamente tratada. Antes, porém, sugere-se intensificar os estudos no sentido de definir tempo de contato das sementes com a solução e adesivos mais eficazes.

Quando se decide corrigir a deficiência de Zn, deve-se considerar a quantidade, a fonte e os modos de aplicação. Porém variações na eficiência da correção podem ocorrer, devido principalmente à ocorrência de seca prolongada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. Homero Aidar, do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, pelas sugestões apresentadas na redação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA FILHO, M.P. & FAGERIA, N.K. A ocorrência, diagnose e correção da deficiência de zinco na cultura de arroz de sequeiro. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1980. 18p. (Circular Técnica, 4).
- CARVALHO, Y. de.; ALMEIDA NETO, J.X. de.; VALADARES, L.C.; BARBOSA, R.A.; RIBEIRO, C.A. & NEIVA, L.S. da S. Efeito de níveis de zinco sobre a cultura do arroz em solo de Cerrado. An. Esc. Agron. Vet., Goiânia, 5(1): 34-40, 1975.
- FAGERIA, N.K. Deficiência hídrica em arroz de Cerrado e resposta ao fósforo. Pesq. agropec. bras., Brasília, 15(3): 259-65, 1980.

- FAGERIA, N.K. & ZIMMERMANN, F.J.P. Interação entre fósforo, zinco e cálcio em arroz de sequeiro. *R. Bras. Ci. Solo*, 3: 88-92, 1979.
- GALRÃO, E.Z. & LOPES, A.S. Deficiências nutricionais em solos de Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO; USO E MANEJO. Brasília, 1979. Brasília, 1980. p.595-614.
- GALRÃO, E.Z. & MESQUITA FILHO, M.V. de. Efeito de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob Cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 5: 167-70, 1981.
- GALRÃO, E.Z.; SUHET, A.R. & SOUZA, D.M.G. Efeito de micronutrientes no rendimento e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) em solo de Cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 2(2): 129-32, 1978.
- NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY. Zinc fertilization. Annual Report 1973: 31-5, 1974.
- SOUZA, D.M. de & HIROCE, R. Diagnose e tratamento preventivo, no solo, de deficiência de zinco em cultura de arroz de sequeiro em solos com pH abaixo de 7. *Bragantia*, Campinas, 29(9): 91-103, 1970.
- YOSHIDA, S.; AHN, J.S. & FORNO, D.A. Occurrence, diagnosis, and correction of zinc deficiency of lowland rice. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 19(2): 83-93, 1973.