

# NÍVEIS CRÍTICOS DE ZINCO PARA O MILHO CULTIVADO EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, FASE CERRADO<sup>(1)</sup>

E. Z. GALRÃO<sup>(2)</sup>

## RESUMO

Realizou-se, em Planaltina (DF), no ano agrícola 1991/92, um experimento num latossolo vermelho-amarelo, argiloso, usando o esquema fatorial, ou seja, três doses de calcário de acordo com a saturação por bases (35, 50 e 70%) e quatro doses de zinco (0, 1, 3 e 9 kg ha<sup>-1</sup>), dispostos em blocos ao acaso, com três repetições. O milho (var. BR 106) foi cultivado três anos após a aplicação dos tratamentos. As doses de zinco tiveram efeito significativo no rendimento de grãos, nos teores de zinco extraídos do solo e nos teores de zinco da folha. As doses de calcário tiveram efeito apenas nos teores de zinco da folha. Os níveis críticos de zinco no solo obtidos com os extratores HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>, Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>) e DTPA (ácido dietileno-triaminopentacético) foram 0,9; 0,7 e 0,4 mg dm<sup>-3</sup> respectivamente. O nível crítico de zinco na folha foi de 18,5 mg kg<sup>-1</sup>.

**Termos de indexação:** análise de solo, saturação por bases, extratores, zinco, milho.

## SUMMARY: CRITICAL LEVELS OF ZINC ON CORN GROWN IN A CERRADO TYPIC ACRUSTOX

A field experiment was carried out on a clayey Red Yellow Latosol, in Planaltina, Federal District, Brazil, in the cropping season of 1991/92. A 3 x 4 factorial lay-out was used with three levels of base saturation (35, 50 and 70%) and four rates of zinc (0, 1, 3 and 9 kg ha<sup>-1</sup>), arranged in randomized complete blocks with three replications. Corn (variety BR 106) was cultivated three years after the treatments were set. The rates of zinc, showed significant effect on grain yield, on the soil extracted zinc, and on the leaf zinc concentration. The rates of base saturation showed significant effect only on the leaf zinc concentration. The soil critical levels, determined by the 0.1 mol L<sup>-1</sup> HCl, Mehlich-1 (0.05 mol L<sup>-1</sup> HCl + 0.0125 mol L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) and DTPA (diethylenetriaminepentaacetic acid) extracting solutions, were 0.9, 0.7 and 0.4 mg dm<sup>-3</sup>, respectively. The critical leaf zinc concentration was 18.5 mg kg<sup>-1</sup>.

*Index terms:* soil analysis, base saturation, extractant solutions, zinc, corn.

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em abril de 1994 e aprovado em março de 1995.

<sup>(2)</sup> Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), EMBRAPA, Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina (DF).

## INTRODUÇÃO

Os solos sob vegetação de cerrado são, na sua maioria, deficientes em zinco (Lopes, 1975). Respostas do milho a esse micronutriente são relatadas por Galvão (1988). Com exceção dos trabalhos de Ritchey et al. (1986) e de Lins (1987), estudos de calibração de métodos de análise de solo para zinco, visando a sua recomendação para essa cultura, são praticamente inexistentes. Conforme Lindsay & Cox (1985), os extratores de Mehlich-1 e HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> são amplamente usados na determinação do zinco em solos ácidos. Alguns estudos têm mostrado a validade do DTPA em solos ácidos, apesar de ter sido desenvolvido para solos calcários. No Brasil, alguns estudos de seleção de extratores de análise de solo para zinco foram realizados. Assim, Lantmann & Meurer (1982), em dez amostras de solos e com o milho como planta-teste, constataram pequena vantagem do EDTA sobre o HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> e Mehlich-1. Da mesma forma, Muraoka et al. (1983), em seis amostras de solos observaram pequena superioridade do EDTA e do DTPA sobre o HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> na avaliação da disponibilidade do zinco para o feijoeiro. Ribeiro & Tucunango Sarabia (1984), em cinco amostras de latossolos e com o sorgo como planta-teste, verificaram superioridade do EDTA sobre o Mehlich-1. Por outro lado, Bataglia & Raij (1989), num estudo com 26 amostras de solos e que teve o sorgo e o girassol como plantas-teste, observaram que os extratores ácidos HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> e Mehlich-1 e os complexantes EDTA e DTPA foram igualmente eficientes na determinação do zinco do solo. Mais recentemente, Ferreira & Cruz (1992), em 30 amostras de solos, tendo o milho como planta-teste, constataram que os extratores salinos (CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O 0,5 mol L<sup>-1</sup>, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O 2,0 mol L<sup>-1</sup>, CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> 1 mol L<sup>-1</sup> a pH 4,8, CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> 1 mol L<sup>-1</sup> a pH 6,0) foram os menos eficientes, enquanto os extratores ácidos (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup>, HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol L<sup>-1</sup>) e os complexantes (DTPA em pH 7,3 e 6,0, Na<sub>2</sub> EDTA 10 g L<sup>-1</sup>, EDTA + (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> CO<sub>3</sub> em pH 8,6, EDTA + CH<sub>3</sub>COOH + CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> em pH 4,65), foram igualmente eficientes. Nos trabalhos de Bataglia & Raij (1989) e Ferreira & Cruz (1992), que empregaram o maior número de amostras de solo, 26 e 30 respectivamente, os extratores ácidos e os complexantes foram igualmente eficientes na avaliação da disponibilidade do zinco. Por outro lado, nos trabalhos que envolveram menor número de amostras de solo (Lantmann & Meurer, 1982; Ribeiro & Tucunango Sarabia, 1984; Muraoka et al., 1983), os extratores complexantes tiveram pequena vantagem sobre os ácidos. Conforme Bataglia & Raij (1989), quando se considera a determinação conjunta de Cu, Fe, Mn e Zn, o HCl, pela sua maior simplicidade, e o DTPA, pela sua maior discriminação em relação à acidez do solo, parecem mais indicados que o Mehlich-1, que é uma mistura de ácidos, e o EDTA, que extrai quantidades muito altas de Fe e Mn. Por outro lado, o extrator de Mehlich-1, por permitir a extração simultânea de Cu, Fe, Mn, Zn, P e K, é adotado pelos laboratórios de análise de solo da região dos Cerrados.

O objetivo do presente trabalho foi determinar os níveis críticos de zinco, num latossolo vermelho-amarelo, argiloso, para a cultura do milho, pelos extratores HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>, Mehlich-1 e DTPA.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi estabelecido num latossolo vermelho-amarelo, argiloso, fase cerrado (Brasil, 1966) do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina (DF), de novembro de 1988 a maio de 1992. No início, a análise do solo (0-20 cm) indicou 20 g de matéria orgânica kg<sup>-1</sup> de solo, pH 5,4 (1:2,5) em água; pH 4,4 (1:2,5) em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>; 3,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al<sup>3+</sup> trocável; 48,4% de saturação por Al<sup>3+</sup>; 3,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>; 0,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>; 62 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>; 65,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de CTC; 5,5% de saturação por bases (V%); 1,4 mg de P dm<sup>-3</sup>; 78 mg de Fe dm<sup>-3</sup>; 2,0 mg de Mn dm<sup>-3</sup>; 0,6 mg de Zn dm<sup>-3</sup>; traços de Cu; 0,14 mg de B dm<sup>-3</sup>; 490 g kg<sup>-1</sup> de argila; 60 g kg<sup>-1</sup> de silte; 270 g kg<sup>-1</sup> de areia fina e 180 g kg<sup>-1</sup> de areia grossa. As determinações do pH, Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>, P e K<sup>+</sup> foram feitas conforme Brasil (1966). Os teores de Fe, Mn, Zn e Cu foram extraídos pela solução de Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>), na relação solo:solução de 1:10 com cinco minutos de agitação, e determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O B foi extraído segundo Gupta (1967) e avaliado pelo método da azometina H. A matéria orgânica foi determinada conforme Jackson (1964) e a análise granulométrica feita de acordo com EMBRAPA (1979).

Foram realizados quatro cultivos (soja, milho, soja e milho) nas estações chuvosas dos anos agrícolas 1988/89, 1989/90, 1990/91 e 1991/92. No primeiro, não houve resposta da soja às doses de calcário e de zinco, provavelmente devido aos rendimentos relativamente baixos (2.000 kg ha<sup>-1</sup> de grãos). O segundo foi seriamente prejudicado por falta de chuvas, comprometendo totalmente os resultados. No terceiro, houve efeito significativo apenas do zinco: sua aplicação aumentou o rendimento de grãos, os teores de zinco do solo e da folha (Galvão, 1993). Assim sendo, no presente trabalho serão apresentados e discutidos somente os resultados do quarto cultivo.

O esquema experimental constou de um fatorial, sendo três doses de calcário: 1.809, 2.730 e 3.958 kg ha<sup>-1</sup> (PRNT 100%), respectivamente, para 35, 50 e 70% de saturação por bases, conforme Raij (1981), e quatro doses de zinco: 0, 1, 3 e 9 kg ha<sup>-1</sup>, em blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram aplicados por ocasião do primeiro cultivo de soja, ou seja, no ano agrícola 1988/89.

Em 21-6-1988, aplicaram-se as doses de calcário dolomítico, de acordo com os tratamentos. Metade da dose foi distribuída antes da aração, e o restante após, incorporado através de grade. Usou-se calcário com 214 g kg<sup>-1</sup> de Ca, 102 g kg<sup>-1</sup> de Mg, 19,0 mol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de PN (poder de neutralização) e 13,3 mol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de PNE (poder de neutralização efetivo). A adubação do primeiro cultivo, executada após 150 dias da aplicação

do calcário, constou da aplicação a lanço de 500 kg da fórmula 0-20-20 e 1.000 kg de superfosfato simples ( $210 \text{ g kg}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) em pó, por hectare. Os micronutrientes B ( $1 \text{ kg ha}^{-1}$ ), Cu ( $2 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e as doses de zinco correspondentes aos tratamentos (0, 1, 3 e  $9 \text{ kg ha}^{-1}$ ), foram misturadas e aplicadas juntamente com o superfosfato simples. A fonte de B foi o bórax e as de Cu e Zn, o sulfato. Os fertilizantes foram incorporados ao solo através de grade. A adubação do segundo cultivo constou da aplicação no sulco de semeadura de  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula 5-20-20 e de duas coberturas com nitrogênio, usando-se, em cada uma,  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (uréia). A adubação do terceiro cultivo constou da aplicação, no sulco de semeadura, de  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula 0-20-20. A adubação do quarto cultivo constou da aplicação no sulco de semeadura de  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula 5-20-20 e de duas aplicações de nitrogênio em cobertura, aos 24 e 56 dias após a semeadura, usando-se em cada uma  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (uréia).

O milho (quarto cultivo) var. BR 106 foi semeado em 36 parcelas constituídas de seis linhas com 10 m de comprimento, espaçadas de 0,8 m, deixando-se cinco plantas após o desbaste por metro de sulco. As parcelas eram separadas entre si por 2 m entre as cabeceiras e por 1 m no sentido longitudinal.

Aos 60 dias da semeadura, fez-se, aleatoriamente, a coleta de folhas de trinta plantas por parcela, retirando-se, de cada planta, a quarta folha a partir do ápice, cuja inserção da bainha com o colmo era visível, selecionando-se os 30 cm do terço basal, cuja nervura central foi excluída (Trani et al., 1983) para análise química. As amostras foram secas em estufa a  $65^\circ\text{C}$  por 72 horas e moídas. Na determinação do zinco, a digestão das amostras foi feita por via úmida com ácido sulfúrico e água oxigenada e a sua concentração, determinada por espectrofotometria de absorção atômica.

Aos 155 dias da semeadura, colheram-se as quatro fileiras centrais de cada parcela, deixando-se 2 m nas extremidades como bordadura, sendo a área útil

de cada parcela de  $19,2 \text{ m}^2$  ( $3,2 \times 6 \text{ m}$ ). Após a colheita, efetuou-se a amostragem do solo (0-20 cm), coletando-se vinte subamostras ao acaso por parcela. As determinações de pH,  $\text{Al}^{3+}$ , P, Fe, Mn, Cu e B, foram feitas conforme referido. Para a determinação do Zn, usaram-se: DTPA (ácido dietileno-triaminopentacético), na relação solo:solução de 1:2, com duas horas de agitação (Lindsay & Norvell, 1978); solução  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  de HCl e solução de Mehlich-1 ( $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ ), ambas na relação solo:solução de 1:10 e com cinco minutos de agitação. A determinação do Zn nos extratos das três soluções extratoras foi feita em espectrofotômetro de absorção atômica. Os dados foram submetidos à análise da variância e a comparação entre as médias, feitas pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística revelou que o efeito da interação calcário x zinco não foi significativo para os parâmetros medidos (rendimentos de grãos, teores de zinco, no solo e na folha). Por outro lado, as doses de zinco aplicadas por ocasião do primeiro cultivo de soja, tiveram efeito em todos eles e, as de calcário, só no teor de zinco da folha (Quadro 1).

Assim, em relação ao rendimento de grãos, os tratamentos que receberam zinco diferiram significativamente da testemunha, mas não entre si. A média deles foi de  $5.038 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos, ou seja,  $665 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos a mais do que a testemunha. Portanto, a menor dose de zinco,  $1 \text{ kg ha}^{-1}$ , aplicada no primeiro cultivo de soja, foi suficiente para o suprimento adequado da planta, o que evidencia o prolongado efeito residual desse micronutriente.

A relação entre os rendimentos de grãos e os teores de zinco extraídos do solo pelos extratores é mostrada na figura 1. Os níveis críticos determinados pelo critério de Cate Jr. & Nelson (1965) após o cultivo do milho foram 0,9; 0,7 e  $0,4 \text{ mg dm}^{-3}$  de zinco, respec-

**Quadro 1. Rendimento de grãos a  $0,13 \text{ kg kg}^{-1}$  de umidade, teores de zinco extraídos do solo por três extratores e teores de zinco da folha do milho (var. BR 106), cultivado num latossolo vermelho-amarelo, argiloso, sob cerrado, em função de doses de zinco e calcário aplicadas no primeiro cultivo de soja<sup>(1)</sup>**

| Zn aplicado | Rendimento de grãos              |        |        |        | Zn no solo                       |       |       |       |                                  |       |       |       |                                  |       |       |       | Zn na folha                      |       |       |       |
|-------------|----------------------------------|--------|--------|--------|----------------------------------|-------|-------|-------|----------------------------------|-------|-------|-------|----------------------------------|-------|-------|-------|----------------------------------|-------|-------|-------|
|             |                                  |        |        |        | HCl 0,1N                         |       |       |       | Mehlich-1                        |       |       |       | DTPA                             |       |       |       | Calcário ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |       |       |       |
|             | Calcário ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |        |        |        | Calcário ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |       |       |       | Calcário ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |       |       |       | Calcário ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |       |       |       |                                  |       |       |       |
|             | 1.809                            | 2.730  | 3.958  | Média  | 1.809                            | 2.730 | 3.958 | Média | 1.809                            | 2.730 | 3.958 | Média | 1.809                            | 2.730 | 3.958 | Média | 1.809                            | 2.730 | 3.958 | Média |
|             | $\text{kg ha}^{-1}$              |        |        |        | $\text{mg dm}^{-3}$              |       |       |       |                                  |       |       |       |                                  |       |       |       | $\text{mg kg}^{-1}$              |       |       |       |
| 0           | 4.320                            | 4.359  | 4.443  | 4.374a | 0,7                              | 0,5   | 0,6   | 0,6a  | 0,6                              | 0,6   | 0,3   | 0,5a  | 0,4                              | 0,3   | 0,3   | 0,3a  | 17                               | 15    | 16    | 16a   |
| 1           | 5.647                            | 5.084  | 4.955  | 5.228b | 1,0                              | 1,1   | 1,2   | 1,1b  | 0,8                              | 0,5   | 0,8   | 0,7ab | 0,5                              | 0,5   | 0,5   | 0,5b  | 21                               | 21    | 19    | 20b   |
| 3           | 4.968                            | 4.680  | 5.083  | 4.910b | 1,2                              | 1,1   | 1,3   | 1,2b  | 1,1                              | 1,0   | 0,9   | 1,0b  | 0,6                              | 0,6   | 0,7   | 0,6b  | 25                               | 20    | 22    | 22b   |
| 9           | 5.066                            | 5.150  | 4.716  | 4.977b | 2,6                              | 2,6   | 2,7   | 2,6c  | 2,1                              | 2,1   | 1,9   | 2,0c  | 1,0                              | 1,2   | 1,3   | 1,2c  | 34                               | 26    | 24    | 28c   |
| Média       | 5.000A                           | 4.818A | 4.799A |        | 1,3A                             | 1,3A  | 1,4A  | 1,3   | 1,1A                             | 1,0A  | 0,9A  | 1,0   | 0,6A                             | 0,6A  | 0,7A  | 0,6   | 24A                              | 20B   | 20B   |       |
| CV (%)      | 10                               |        |        |        | 29                               |       |       |       | 22                               |       |       |       | 21                               |       |       |       | 12                               |       |       |       |

<sup>(1)</sup> As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, sendo as letras minúsculas referentes às doses de zinco e as maiúsculas, às doses de calcário.

tivamente, para HCl, Mehlich-1 e DTPA, estando abaixo daqueles determinados por Ritchey et al. (1986) num LE argiloso ( $470 \text{ g kg}^{-1}$  de argila), para o milho: 1,4; 1,0 e  $0,7 \text{ mg dm}^{-3}$  de zinco, respectivamente, para HCl, Mehlich-1 e DTPA. A dose de calcário usada por Ritchey et al. (1986) foi de  $12 \text{ t ha}^{-1}$  (PRNT 100%), a qual, segundo Galvão (1994), é bastante elevada para esse tipo de solo e, provavelmente, tenha diminuído a disponibilidade de zinco para o milho e, conseqüentemente, elevado os teores dos níveis críticos. Pois, Lins (1987) determinou, num LE argiloso, que havia recebido, treze anos atrás, três doses muito elevadas de calcário (7,5; 15,0 e  $22,5 \text{ t ha}^{-1}$ , PRNT 100%) combinadas com quatro doses de zinco (0, 1, 3 e  $9 \text{ kg ha}^{-1}$ ), aplicadas a lanço, o nível crítico de zinco (Mehlich-1) para o milho, para cada dose de calcário. Observou-se uma tendência de o nível crítico aumentar de acordo com o pH, ou seja, 0,9; 1,5 e  $1,6 \text{ mg dm}^{-3}$  para os valores de pH (água) de 6,0; 6,4 e 6,7 respectivamente. Segundo o autor, o efeito do pH no nível crítico, especialmente nos dois valores mais elevados, teria sido mais pronunciado se sua variação não tivesse sido tão estreita (6,0 a 6,7). Avaliou também, em casa de vegetação, o efeito do pH e do teor de argila no nível crítico de zinco (Mehlich-1) para o milho. Foram utilizadas amostras (0-20 cm) de quatro latossolos com 210, 570, 630 e  $680 \text{ g kg}^{-1}$  de argila. Cada amostra foi dividida em três partes. Numa delas, o pH foi ajustado para 5,2; na outra, para 5,7 e, na última, para 6,2. O efeito do pH, ao contrário do teor de argila, foi significativo em relação ao nível crítico, ou seja, à medida que o pH aumentou, o nível crítico também aumentou. Assim, para os valores de pH (água) de 5,2, 5,7 e 6,2, os níveis críticos foram, respectivamente, de 1,0, 1,4 e  $2,0 \text{ mg dm}^{-3}$ . No presente estudo, essa tendência não pôde ser confirmada porque não houve efeito das doses de calcário no rendimento de grãos, como também nos teores de zinco extraídos do solo (Quadro 1).

Observa-se - Quadro 1 - que a média de extração pelo HCl foi ligeiramente superior à do Mehlich-1 e ambas, superiores à do DTPA. Resultados semelhan-

tes foram obtidos por Ritchey et al. (1986), ou seja, os extratores ácidos HCl e Mehlich-1 extraíram mais zinco de um LE argiloso do que o DTPA. Presume-se que a maior capacidade de extração do HCl e do Mehlich-1 seja devida à acidez elevada de suas soluções, 0,1 e  $0,0625 \text{ mol de H}^+ \text{ L}^{-1}$ , respectivamente, que solubilizaram formas de zinco no solo que o DTPA, por possuir solução alcalina (pH 7,3), não solubilizou. Galvão & Mesquita Filho (1981) também não encontraram efeito do calcário (1 e  $2,6 \text{ t ha}^{-1}$ ), nos teores de zinco extraídos pelo extrator de Mehlich-1 em um LV argiloso. Da mesma forma, Ritchey et al. (1986) não encontraram efeito significativo de doses de calcário (7,5, 15,0 e  $22,5 \text{ t ha}^{-1}$ , PRNT 100%) nos teores de zinco extraídos de um LE argiloso, pelos extratores HCl, Mehlich-1 e DTPA, o mesmo acontecendo com Lins (1987), para quem o aumento do pH de 5,2 para 6,2 não afetou os teores de zinco, extraídos de quatro solos sob vegetação de cerrado, pelo extrator de Mehlich-1.

Observa-se também - Quadro 1 - que, à medida que a dose de zinco aumentou, os teores de zinco extraídos do solo também aumentaram; o grau de associação (r) entre essas duas variáveis foi de 0,99\*, 0,98\* e 0,99\* para HCl, Mehlich-1 e DTPA respectivamente.

Amostras de solo (0-20 cm) coletadas antes da semeadura revelaram valores de saturação por bases de 41, 53 e 71% e, as coletadas após a colheita, de 33, 42 e 58%, respectivamente, para as doses de 1.809, 2.730 e  $3.958 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcário (PRNT 100%) aplicadas por ocasião do primeiro cultivo de soja. Como não houve efeito das doses de calcário no rendimento de grãos, conclui-se que uma saturação por bases ao redor de 37% (média de 41 e 33%) foi suficiente para o desenvolvimento do milho. Esse índice está dentro da faixa de 35 a 60%, a qual corresponde ao intervalo de 5,5 e 6,3 de pH (solo:água de 1:2,5) que, segundo Sousa et al. (1990), é a indicada para o cultivo do milho na maioria dos solos da região dos Cerrados.

Em relação aos teores de zinco na folha, observa-se ainda - Quadro 1 - que os tratamentos que receberam

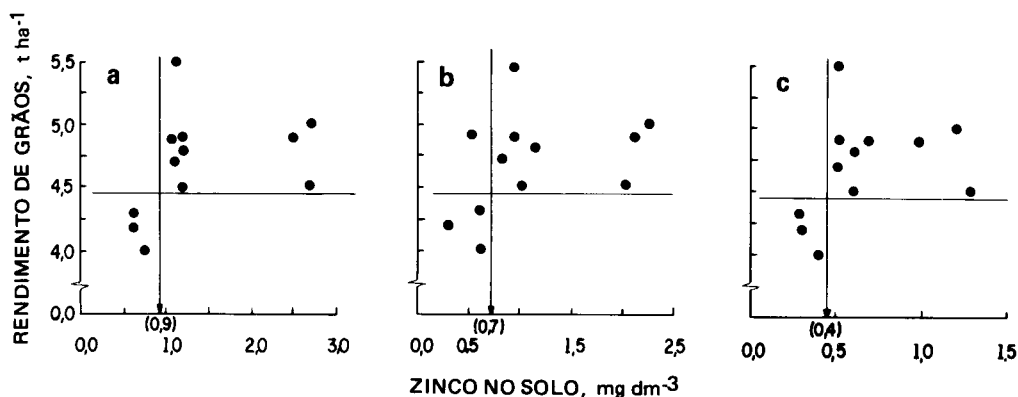


Figura 1. Relações entre rendimentos de grãos a  $0,13 \text{ kg kg}^{-1}$  de umidade do milho (var. BR 106) e teores de zinco extraídos do latossolo vermelho-amarelo, argiloso, sob cerrado, por três extratores: (a) HCl  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ; (b) Mehlich-1 (HCl  $0,05 \text{ mol L}^{-1}$  +  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ ) e (c) DTPA (ácido dietileno-triaminopentacético), em função de doses de zinco aplicadas no primeiro cultivo de soja.

zincos diferiram significativamente da testemunha. Trani et al. (1983) sugerem como nível crítico de zinco, na folha do milho, o valor de  $20 \text{ mg kg}^{-1}$ . Tomando-se por base esse índice, verifica-se que a testemunha está em nível de insuficiência e, os demais tratamentos, em níveis de suficiência. A relação entre os rendimentos de grãos e os teores de zinco na folha é mostrada na figura 2. O nível crítico de zinco na folha, determinado pelo critério de Cate Jr. & Nelson (1965), foi de  $18,5 \text{ mg kg}^{-1}$  e está entre os níveis críticos de 20 e  $17 \text{ mg kg}^{-1}$  sugeridos, respectivamente, por Trani et al. (1983) e Bataglia (1991). Na literatura, são raros os trabalhos específicos para determinar níveis críticos de zinco na folha do milho em solos sob vegetação de cerrado. Um dos poucos é o de Ritchey et al. (1986), num LE argiloso, cujo nível crítico foi de  $17,5 \text{ mg kg}^{-1}$  e que está bem próximo do encontrado no presente trabalho ( $18,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

Houve efeito significativo da saturação por bases e, conseqüentemente, do pH, nos teores de zinco da folha, isto é, à medida que o pH aumentou, os teores de zinco da folha diminuíram (Quadro 2), embora esse efeito não se tenha refletido no rendimento de grãos

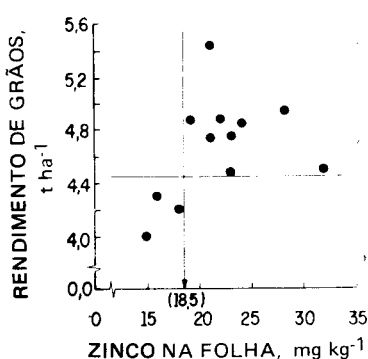


Figura 2. Relação entre rendimentos de grãos a  $0,13 \text{ kg kg}^{-1}$  de umidade do milho (var. BR 106) e teores de zinco da folha, em latossolo vermelho-amarelo, argiloso, sob cerrado, em função de doses de zinco aplicadas no primeiro cultivo de soja.

Quadro 2. Teores de zinco da folha do milho (var. BR 106) cultivado num latossolo vermelho-amarelo, argiloso, em função de níveis de saturação por bases e do pH do solo<sup>(1)</sup>

| Saturação por bases | pH (água) (1:2,5) | Teor na folha <sup>(2)</sup> |
|---------------------|-------------------|------------------------------|
| %                   |                   | $\text{mg kg}^{-1}$          |
| 33a                 | 5,5a              | 24a                          |
| 42b                 | 5,8b              | 20b                          |
| 58c                 | 6,3c              | 20b                          |
| CV(%)               | 9                 | 12                           |

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. <sup>(2)</sup> Média das quatro doses de zinco.

(Quadro 1). Por outro lado, Ritchey et al. (1986) obtiveram decréscimos significativos no rendimento de grãos de milho, num LE argiloso, pelo uso de doses muito elevadas de calcário (7,5, 15,0 e  $22,5 \text{ t ha}^{-1}$ , PRNT 100%), que fizeram com que o pH em água atingisse valores de 6,3, 7,0 e 7,1 e os teores de zinco na folha, 21, 17 e  $14 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente, com os dois últimos valores abaixo do nível crítico de  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  citado por Trani et al. (1983). Esses autores verificaram um decréscimo de  $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos tanto quando a dose de calcário foi aumentada de 7,5 para  $15,0 \text{ t ha}^{-1}$  como de 15,0 para  $22,5 \text{ t ha}^{-1}$ .

## CONCLUSÕES

1. A dose de  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de zinco, aplicada no primeiro cultivo da soja, foi suficiente para aumentar o rendimento de grãos, os teores de zinco do solo e da folha do milho no quarto cultivo, evidenciando o prolongado efeito residual da adubação com zinco.

2. Os níveis de saturação por bases afetaram apenas os teores de zinco da folha.

3. Os níveis críticos de zinco do solo, após o cultivo do milho, foram maiores quando determinados pelos extratores ácidos, HCl  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  e Mehlich-1, do que pelo DTPA: 0,9, 0,7 e  $0,4 \text{ mg dm}^{-3}$ , quando avaliados, respectivamente, pelos extratores HCl  $0,1 \text{N}$ , Mehlich-1 e DTPA.

4. O nível crítico de zinco na folha foi de  $18,5 \text{ mg kg}^{-1}$ .

## AGRADECIMENTO

Ao Laboratorista Nirceu W. Linhares, pela análise do solo, e ao Técnico Agrícola Deocleciano S. Lima, pelo auxílio na condução do experimento.

## LITERATURA CITADA

- BATAGLIA, O.C. Análise química de plantas. In: FERREIRA, M.E. & CRUZ, M.C.P. da, eds. Micronutrientes na agricultura. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1991. p. 289-308.
- BATAGLIA, O.C. & RAIJ, B. van. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise de solo. R.bras.Ci.Solo, Campinas, 13:205-212, 1989.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura do Distrito Federal. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1966. 135p. (Boletim técnico,8)
- CATE JR., R.B. & NELSON, L.A. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data. North Carolina, Agric. Exp. Sta., 1965. 13p. International Soil Testing Series. (Tech. Bull., 1)
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1979. 73p.

- FERREIRA, M.E. & CRUZ, M.C.P. da. Seleção de extratores químicos para avaliação da disponibilidade de zinco em solos do Estado de São Paulo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 27:293-304, 1992.
- GALRÃO, E.Z. Respostas das culturas aos micronutrientes boro e zinco. In: BORKET, C.M. & LANTMANN, A.F., eds. *SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA*, Londrina, 1988. Anais. Londrina, EMBRAPA/IAPAR, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.205-237.
- GALRÃO, E.Z. Níveis críticos de zinco em latossolo vermelho-amarelo argiloso sob Cerrado para a soja. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 1:83-87, 1993.
- GALRÃO, E.Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo do milho num latossolo vermelho-escuro argiloso sob Cerrado. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 18:229-233, 1994.
- GALRÃO, E.Z. & MESQUITA FILHO, M.V. de. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 5:167-170, 1981.
- GUPTA, U.C. A simplified method for determining hot-water-soluble boron in podzol soils. *Soil Sci.*, Baltimore, 103:424-427, 1967.
- JACKSON, M.L. Determinaciones de materia orgánica en los suelos. In: JACKSON, M.L., ed. *Análisis químico de suelos*. Barcelona, Omega, 1964. cap. 9, p.282-310.
- LANTMANN, A.F. & MEURER, E.J. Estudo da eficiência de extratores para avaliação do zinco disponível do solo para o milho. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 16:131-135, 1982.
- LINDSAY, W.L. & COX, F.R. Micronutrient soil testing for the tropics. In: VLEK, P.L.G., ed. *Micronutrients in tropical food crop production*. Dordrecht, Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk, 1985. cap. 7, p.169-200.
- LINDSAY, W.L. & NORVELL, W.A. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 42:424-428, 1978.
- LINS, I.D.G. Improvement of soil test interpretations for phosphorus and zinc. Raleigh, North Carolina State University, 1987. 317p. (Tese de Doutorado)
- LOPES, A.S. A survey of the fertility of soils under "cerrado" vegetation in Brazil. Raleigh, North Carolina State University, 1975. 138p. (Dissertação de Mestrado)
- MURAOKA, T.; NEPTUNE, A.M.L. & NASCIMENTO FILHO, V.F. Avaliação da disponibilidade de zinco e de manganês do solo para o feijoeiro. I. Zinco. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 7:167-175, 1983.
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1981. 142p.
- RIBEIRO, A.C. & TUCUNANGO SARABIA, W.A. Avaliação de extratores para zinco e boro disponíveis em latossolos do Triângulo Mineiro. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 8:85-89, 1984.
- RITCHEY, K.D.; COX, F.R.; GALRÃO, E.Z. & YOST, R.S. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em latossolo vermelho-escuro argiloso. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 21:215-225, 1986.
- SOUSA, D.M.G. de; MIRANDA, L.N. de & LOBATO, E. Avaliação dos métodos de determinação da necessidade de calcário em solos de Cerrado. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1990. 14p. (EMBRAPA-CPAC, Circular técnica, 27)
- TRANI, P.E.; HIROCE, R. & BATAGLIA, O.C. Análise foliar: amostragem e interpretação. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 18p.