

**Efeito agroeconômico de adubos formulados contendo zinco de diferentes marcas comerciais no cultivo da soja em um Latossolo vermelho**

NAVA, I. A.<sup>1</sup>; GONÇALVES Jr., A. C.<sup>2\*</sup>; VALDIR LUIZ GUERINI, V. L.<sup>3</sup>; NACKE, H.<sup>4</sup>; SCHWANTES, D.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo. UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Caixa Postal 91, CEP 85960-000, Rua Pernambuco, 1777. Marechal Cândido Rondon – PR. e-mail: eaivair@yahoo.com.br

<sup>2\*</sup>Químico Industrial. Pós-Doutor em Ciências Ambientais. UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Caixa Postal 91, CEP 85960-000, Rua Pernambuco, 1777. Marechal Cândido Rondon – PR. E-mail: affonso133@hotmail.com

<sup>3</sup>Técnico Agropecuário. IAPAR – Instituto Agronômico do Paraná. Caixa Postal 69, CEP 85950-000. Palotina – PR. e-mail: valdiguer@ibest.com.br

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo. UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Caixa Postal 91, CEP 85960-000, Rua Pernambuco, 1777. Marechal Cândido Rondon – PR. e-mail: herbertnacke@hotmail.com

<sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo. UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Caixa Postal 91, CEP 85960-000, Rua Pernambuco, 1777. Marechal Cândido Rondon – PR. e-mail: daniel\_schwantes@hotmail.com

## RESUMO

Para o aumento da produtividade de grãos de soja e redução de seus custos, o uso de micronutrientes tem se intensificado nos últimos anos. O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade e componentes de produção da soja, com a aplicação de adubo químico formulado com diferentes fontes de NPK+Zn e marcas comerciais, bem como a análise econômica de duas doses de aplicação. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições e esquema fatorial 5x2, constituído por 5 fontes de fertilizantes (4 com Zn e 1 sem Zn) e duas doses de adubação (300 e 600 kg ha<sup>-1</sup>). Os fertilizantes possuem a fórmula de NPK (2 - 20 - 18 e 0,3% de Zn quando presente), aplicados na base. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. A aplicação da dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> proporcionou aumento em relação à utilização do dobro da dose, para aos teores foliares de Zn. A aplicação do dobro da dose de adubação (600 kg ha<sup>-1</sup>) proporcionou aumento dos parâmetros componentes da produção e produtividade da soja, bem como dos teores de P, K e Zn no solo como efeito residual da adubação. A análise econômica mostrou viabilidade no uso do dobro da dose de adubação.

Palavras-chave: fertilizante, manejo de adubação, micronutriente.

## ABSTRACT

**Agroeconomic effect of zinc containing fertilizers formulates of different trademarks of soybean cultivation in Oxisol**

To increase the productivity of soybeans and reducing its costs, the use of micronutrients has been intensified in recent years. The objective was to evaluate productivity and yield components of soybeans, with the application of chemical fertilizer formulated with different sources of NPK+Zn and trademarks, as well the

economic analysis of two application doses. The experimental design was a randomized block design (RBD) with three replications and a factorial 5x2, consisting by five fertilizer sources (4 with and 1 without Zn), and two fertilizer doses (300 and 600 kg ha<sup>-1</sup>). The fertilizers have the formula of NPK (2 - 20 - 18 and 0.3% Zn when present), applied in the base. The data were submitted to a variance analysis and the averages compared by the Tukey test at 5% probability. The application of the 300 kg ha<sup>-1</sup> dose provided increase in relation to the use of the double dose, for the Zn levels in the leaf tissue. The application of the double dose of fertilization (600 kg ha<sup>-1</sup>) provided increase of the parameters yield components and productivity of soybeans, as well the levels of P, K and Zn in the soil as residual effect of fertilization. The economic analysis showed the viability of using double fertilizer dose.

**Keywords:** fertilizer, fertilizer management, micronutrient.

## INTRODUÇÃO

O cultivo da soja (*Glycine max* L.) é uma atividade de destaque para a economia brasileira e responsável por mais de 4 milhões de empregos diretos e indiretos. O mercado da soja é altamente competitivo, e o agricultor brasileiro necessita aumentar sua produtividade e reduzir seus custos, adotando práticas entre elas o uso de micronutrientes.

Dentre as principais oleaginosas cultivadas no mundo, a soja participa com pouco mais de 50% da produção total. Com o aumento da população mundial, o consumo de soja e seus subprodutos deverá incrementar a participação deste no mercado internacional (EMBRAPA SOJA, 2006; OLIC, 2007).

A produção agrícola depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de nutrientes de forma equilibrada e este é um problema enfrentado pela ciência agrônômica, já que grande parte dos nutrientes é aplicada no momento do plantio (LANA, 2010).

Assim, o manejo da cultura, tem-se tornado um dos principais fatores de produtividade da soja nos sistemas tecnificados, em que é comum o desbalanceamento nutricional no solo, principalmente dos micronutrientes; este fator vem aumentando o interesse por maiores estudos sobre doses e fontes de fertilizantes com micronutrientes (OLIVEIRA et al., 2001).

A composição básica do adubo ou fertilizante é conhecida como NPK (nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente). O N é o responsável pelo crescimento; o P é o elemento que aumenta a massa pela produção de energia e o K pelo fornecimento do açúcar necessário para o bom desenvolvimento da planta; por sua vez o micronutriente garante outros aspectos no crescimento das culturas, e sua importância para a produtividade está na atuação como chaves, que ligam enzimas nas plantas, desencadeando os processos metabólicos (FAVARIN e MARINI, 2008).

As quantidades de micronutrientes exigidas pelas culturas são pequenas, o que dificulta sua aplicação uniforme no campo e, desta forma, os fertilizantes, aplicados em grande quantidade (NPK), são utilizados como veículos para se adicionar micronutrientes ao solo, estando esses elementos presentes em baixas concentrações (ALCARDE e VALE, 2003).

Martens e Westermann (1991), relatam que o zinco (Zn) exerce funções importantes no metabolismo de carboidratos, proteínas e auxinas, e verificaram que a exportação dos micronutrientes do solo pelos grãos, constitui um dos principais meios de seu esgotamento do solo, assim a adoção de novas tecnologias de fornecimento de

nutrientes se faz necessário. Com isso, a correção da fertilidade e o manejo adequado do solo têm sido os meios usados para manter a produtividade de grãos (OLIVEIRA et al., 2001; GONÇALVES Jr. e PESSOA, 2002).

Nos últimos anos tem se intensificado o uso de micronutrientes na agricultura brasileira, tendo contribuído para isso, dentre outros fatores, o desenvolvimento de variedades com elevado potencial produtivo, as perdas anuais de 800 milhões de toneladas de solo com a erosão, o uso de fórmulas de fertilizantes de alta concentração, avanço da fronteira agrícola para os solos ácidos e pobres dos cerrados e correção de acidez; o que faz os micronutrientes estarem em evidência no mercado da soja sendo que o desafio está em como utilizá-los racionalmente (FAVARIN e MARINI, 2008).

Diante desse fato, atualmente empresas formuladoras de fertilizantes cada vez mais fornecem ao mercado brasileiro produtos com micronutrientes, principalmente o Zn em sua mistura. A maioria desses produtos lançados usa da estratégia de Marketing empresarial, usando nomes comerciais sugestivos e extravagantes, como “Extra”, “Top”, “Força Total”, “Turbo”, “Premium” e outros, com o intuito de diferenciação em termo de desempenho a campo e com os preços consequentemente maiores (HABERLI Jr. et al., 2010).

Ademais, na legislação brasileira a garantia e os métodos oficiais de análise referem-se ao teor total dos micronutrientes (BRASIL, 1983). Isto possibilita comercializar diversos coprodutos industriais que contenham micronutrientes com teores totais exigidos pela legislação, mas que podem ter baixa solubilidade. Um exemplo é a comercialização de Zn metálico sob o rótulo de óxido de Zn (ALCARDE e VALE, 2003).

Contudo, a discussão sobre o uso de micronutrientes deve ser avaliada regionalmente, considerando-se o tipo e manejo do solo, clima e culturas implantadas (PAULETTI, 1999).

O atual modelo produtivo empregado na agricultura também enfrenta desafios principalmente em relação à sustentabilidade do sistema de manejo que a partir da adoção de práticas oriundas da Revolução Verde conduziram a um desequilíbrio ambiental (MARTINS et al., 2004 citado por NACKE et al., 2009).

Baseado na hipótese de que o adubo com Zn comprado pelo agricultor não seja agro economicamente viável, por meio de estudos que esclareçam, como esses adubos químicos comerciais atuam no sistema solo-planta e como as empresas formuladoras tratam essa questão, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar a produtividade, componentes de produção da soja, e a viabilidade econômica da aplicação de adubos de diferentes marcas comerciais em duas doses de NPK+Zn.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2007/2008, safra de verão, no município de Palotina - PR (latitude 24° 18' 58" S, longitude 53° 55' 18" W e altitude de 310 m). O local de condução foi a campo, em área de lavoura comercial com sistema de plantio direto na palha (SPDP). O Solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006) de textura argilosa. O clima local é tropical quente úmido (Cfa) (KÖPPEN, 1931). Os dados das condições climáticas, no município, durante o experimento, estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Médias da precipitação pluvial, temperatura máxima (MAX), mínima (MIN) e umidade relativa (UR), no período de novembro/2007 a fevereiro/2008.

Mês	Precipitação pluvial (mm)	Temperaturas (°C)		UR (%)
		MAX	MIN	
Nov	163	30,9	20,8	71
Dez	168	35,8	18,1	77
Jan	190	30,3	19,7	72
Fev	176	32,3	19,5	71

Fonte: IAPAR, Palotina - PR.

Os resultados da análise química do solo, profundidade de 0-20 cm, antes da instalação do experimento, estão demonstrados na Tabela 2, análise essa realizada segundo a metodologia oficial do Paraná (PAVAN et al., 1992).

**Tabela 2.** Características químicas do solo no início do experimento.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	V	Zn
CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-----%-----		μg g <sup>-1</sup>
4,90	23,59	12,00	0,85	3,57	1,32	0,18	47,00	3,65

O delineamento estatístico foi em blocos ao acaso (DBC) com 3 repetições e esquema fatorial (5x2), envolvendo 5 adubos comerciais, sendo 4 com Zn e 1 sem Zn e duas doses de aplicação. As parcelas foram constituídas de cinco linhas de plantas de soja com 4 m de comprimento, espaçamento entre-linhas de 0,45 m e 18 plantas por metro linear. Utilizou-se como parcela útil as três linhas centrais, desprezando como bordadura 1 m de cada extremidade, com uma área útil de 2,7 m<sup>2</sup>.

Os adubos comerciais, foram adquiridos de empresas diferentes, ilustrados apenas por A, B, C, D e E, possuindo a fórmula na etiqueta de NPK/Zn, 2-20-18 com Zn a 0,3%, quando presente, na forma física de mistura de grânulos e aplicados na base. Como não são divulgados os tipos de fontes utilizadas na formulação dos adubos, foi realizado análise química dos mesmos, em triplicata, segundo metodologia da AOAC (2005), suas médias são apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3.** Análise química dos adubos utilizados.

Marca	Fórmula (NPK-Zn)	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	
		-----g kg <sup>-1</sup> -----						mg kg <sup>-1</sup>
A	02-20-18+0,3% Zn	14,79	12,83	68,33	5,09	1185,58	1349,68	
B	02-20-18+0,3% Zn	14,55	12,97	68,00	5,37	1430,57	1321,80	
C	02-20-18+0,3% Zn	14,76	12,95	67,58	4,96	1356,38	1302,41	
D	02-20-18+0,3% Zn	14,50	12,17	56,13	5,07	1700,00	2313,33	
E	02-20-18+0,0% Zn	15,23	12,72	69,82	4,80	892,02	1206,82	

Foram testadas duas doses de fertilizantes, calculadas conforme objetivos de produtividade pela Embrapa Soja (2006) levando em consideração a análise de solo, cuja aplicação foi de 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado (D1) e o seu dobro (D2) com 600 kg ha<sup>-1</sup>. Utilizou-se a cultivar de soja NK-412113, pertencente ao grupo de maturação precoce (5.9), com ciclo médio de 125 dias, semeada em novembro de 2007.

Foram coletadas amostras de folhas de soja 53 dias após a emergência no estágio fenológico R2 (floração plena com maioria dos racemos com flores abertas). Em cada

parcela útil retirou-se 20 folhas trifoliadas (folíolos + pecíolo) do terço médio da planta (EMBRAPA SOJA, 2006).

Para determinação do teor foliar dos nutrientes (K, Ca, Mg e Zn), foi utilizado o método de digestão nitro-perclórica (AOAC, 2005) e a determinação realizada por meio de espectrometria de absorção atômica (EAA), modalidade chama (WELZ e SPERLING, 1999). O P foi determinado por meio de digestão sulfúrica (AOAC, 2005) e uso da técnica de espectroscopia de ultra-violeta/visível (UV-VIS).

A colheita manual ocorreu aos 125 dias após emergência, recolhendo-se todas as plantas na parcela útil. Foram avaliados os seguintes componentes de produção: número de legumes por planta, número de grãos por legume, número de grãos por planta, massa de 100 grãos (13% de umidade) e a produtividade de grãos.

Após a colheita do experimento, coletou-se uma amostra composta de solo (0-20 cm) dentro de cada parcela útil, para fins de representar todos os tratamentos individualmente. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos adubos comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, e as médias de doses, comparadas pelo teste F (Fisher). O programa estatístico utilizado foi o SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância, para os teores de nutrientes no tecido foliar da soja, demonstrou efeito significativo na fonte de variação dose, para o micronutriente Zn. Já para a fonte de variação adubo, não houve efeito significativo para os elementos (Tabela 4). Mesmo caso para a interação entre dose versus adubo, na qual não se obteve resultado significativo ( $P > 0,05$ ).

**Tabela 4.** Análise de variância dos teores de nutrientes no tecido vegetal.

FV	GL	QM				
		P	K	Ca	Mg	Zn
Dose	1	0,047 <sup>ns</sup>	5,20 <sup>ns</sup>	61,34 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	45,63*
Adubo	4	0,024 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	17,33 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	12,46 <sup>ns</sup>
D. X A.	4	0,020 <sup>ns</sup>	2,35 <sup>ns</sup>	16,91 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	4,46 <sup>ns</sup>
Erro	18	0,024	2,42	14,44	0,33	7,28
CV (%)		10,41	4,12	28,59	11,44	7,08

FV = fonte de variação; QM = quadrado médio; GL = grau de liberdade; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Zn = zinco; D. X A. = fatorial dose versus adubo; \* = significativo teste F (Fisher 5%); ns = não significativo.

Na Tabela 5, encontra-se a análise do tratamento dose para os teores de macro e micronutrientes no tecido foliar. Para o teor de Zn, quando se utilizou uma vez a dose, as médias obtidas foram superiores significativamente quando comparadas ao dobro da dose, indicando desta maneira que o aumento da dose não contribuiu para o aumento do teor foliar de Zn.

**Tabela 5.** Médias dos teores foliares da soja em função das doses de adubos.

Dose	P	K	Ca	Mg	Zn*
	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>
D1	1,56	37,45	14,53	4,97	39,61
D2	1,46	38,23	11,97	5,10	36,72

\*= significativo ao teste F (Fisher 5%); D1 = dose aplicada; D2 = dobro da dose aplicada.

No caso do Zn, Olsen (1972) explica que as exigências das raízes são atendidas em primeiro lugar e depois ocorre um significativo transporte para a parte aérea. Também pode ocorrer uma possível insolubilização do Zn pelo fosfato na superfície das raízes, o que ocasiona a redução da absorção, ou inibição não competitiva da absorção de Zn pelo P (MALAVOLTA et al., 1997). Essas afirmações poderiam explicar os menores teores de Zn nas folhas, para o D2, ocasionando uma indisponibilidade temporária de Zn, contudo sem afetar a produtividade da soja.

Para o fato de que na aplicação do dobro da dose a média de Zn foi menor, segundo Lopes (1999), deficiências de Zn podem ocorrer quando se usam altas doses de fertilizantes fosfatados. Várias culturas comerciais já mostraram os efeitos da interação Zn/P, com grandes quantidades de Zn podendo ser fixadas pela fração orgânica do solo induzindo a deficiências, sendo que o solo do experimento (Tabela 2), tem classificação média (2,01 – 4,00 dag kg<sup>-1</sup>) contribuindo para essa indução (LOPES e GUILHERME, 2010).

A respeito da adição de P, diversos autores relatam que esse elemento pode promover um aumento da taxa de crescimento, suficiente para diminuir a concentração de Zn nas plantas ao nível de deficiência, pois a taxa de absorção de zinco não aumenta de forma rápida o suficiente para manter a concentração necessária na parte aérea, caracterizando o efeito de diluição (OLSEN, 1972; LONERAGAN e WEBB, 1993).

Também, desta maneira, entre o P e o Zn parece existir um antagonismo mútuo (CARNEIRO et al., 2008). Esse efeito comentado pelos autores pode ser uma explicação para o fato que o dobro da dose (D2) pode ter diminuído o teor de Zn no tecido foliar.

Na análise de variância, para os componentes da produção e produtividade da soja, Tabela 6, verificou-se efeito significativo (P<0,05) para a fonte de variação, dose, nos componentes número de legumes por planta, número de grãos por planta, massa de 100 grãos e produtividade.

**Tabela 6.** Análise de variância para os componentes de produção e produtividade.

FV	GL	QM				
		LeP	GLe	GP	M100	PROD
Dose	1	109,06*	0,008 <sup>ns</sup>	678,7*	10,52*	2925201**
Adubo	4	18,99 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	89,38 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	62344 <sup>ns</sup>
D. X A.	4	2,58 <sup>ns</sup>	0,018 <sup>ns</sup>	22,50 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	129635 <sup>ns</sup>
Erro	18	16,15	0,004	89,33	1,39	176224
CV (%)		13,66	3,20	14,55	7,47	14,68

LeP = legumes por planta; GLe = grãos por legumes; GP = grãos por planta; M100 = massa de 100 grãos (g); PROD = produtividade (kg ha<sup>-1</sup>); \* = significativo ao teste F (Fisher 5%); \*\* = significativo ao teste F (Fisher 1%); ns = não significativo.

Na Tabela 7, encontram-se as médias da fonte de variação dose, para os componentes de produção e produtividade, na qual observa-se que a aplicação do dobro da dose de adubo apresentou aumento significativo para legumes por planta, grãos por planta, massa de 100 grãos e produtividade.

**Tabela 7.** Médias dos componentes da produção e da produtividade, em função da dose de adubo.

Dose	LeP*	GLe	GP*	M100*	PROD**
	-----n-----			g	kg ha <sup>-1</sup>
D1	27,56	2,15	59,97	14,60	2337,21
D2	31,30	2,22	69,57	16,12	3016,85

n = número de contagem.

Resultados semelhantes encontraram os autores Gonçalves Jr. et al. (2010), em seu trabalho com uso de diferentes doses de P, K e Zn, demonstrando que houve um ganho significativo da produtividade e aumento do número de legumes por planta, com aumento das doses desses nutrientes no solo.

A ausência de resposta significativa dos adubos contendo Zn e sem Zn, pode ser atribuída ao seu alto teor no solo (Tabela 2) que, segundo Embrapa Soja (2010), encontra-se na faixa Alto de interpretação (1,5 - 10,0 mg dm<sup>-3</sup>), mas de acordo com o autor ainda é recomendado a aplicação de Zn, pois não encontra-se na faixa Muito Alto.

Resultado semelhante obteve Fageria e Stone (2004), cujo seu trabalho não encontrou efeito significativo na produção de feijão com a aplicação de Zn, em virtude de seu alto teor no solo. Assim, evidencia-se que as atuais recomendações de fertilização com micronutrientes, safra após safra, são errôneas. Pois o efeito residual de aplicações anteriores proporcionará, em muitos casos, níveis adequados destes elementos no solo, acarretando na não ocorrência de resposta a sua aplicação.

Também segundo Pauletti (1999), a cultura da soja, não tem apresentado resposta à adubação com Zn nas áreas tradicionais de cultivo. Isso pode ser atribuído à elevada disponibilidade de Zn nos solos argilosos. No decorrer dos anos, a elevação do Zn-trocável (Zn<sup>2+</sup>) nesses solos é consequência da adubação em quantidades superiores ao exportado pela soja, da reaplicação anual de Zn presente nas fórmulas de adubos e associada como contaminante, no calcário e no adubo fosfatado aplicado (BORKERT, 2002).

A análise de variância, para os teores de nutrientes no solo após a colheita da soja, demonstrou efeito significativo na fonte de variação dose, para os elementos P, K, Mg e Zn. Já para a fonte de variação adubo apenas o elemento Zn apresentou significância (Tabela 8).

**Tabela 8.** Análise de variância para os teores de nutrientes no solo após colheita.

FV	GL	QM				
		P	K	Ca	Mg	Zn
Dose	1	7958**	1,90**	0,14 <sup>ns</sup>	0,52*	70,22**
Adubo	4	333 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	9,36*
D. X A.	4	432 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	7,23*
Erro	18	285	0,06	0,18	0,04	1,30
CV (%)		44,91	22,50	15,60	17,26	21,22

As médias para a fonte de variação dose se encontram na Tabela 9.

**Tabela 9.** Teores de P, K, Ca e Mg no solo em função das doses de adubos.

Doses	P**	K**	Ca	Mg*
	mg dm <sup>-3</sup>		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	
D1	21,32	0,89	2,68	1,33
D2	53,89	1,40	2,82	1,07

\* = significativo ao teste F (Fisher 5%); \*\* = significativo ao teste F (Fisher 1%).

Observa-se que para os elementos P, K e Zn; com a aplicação do dobro da dose, houve acréscimo de seus teores no solo. Ao contrário do elemento Mg, que por sua vez, teve o efeito contrário, diminuindo seu teor com o uso do dobro da dose, fato esse que, segundo Gianello et al. (1995), explicam que menores teores de Mg no solo, está relacionado com adição de doses altas de K, devido a maior lixiviação do Mg em desequilíbrio com o K.

De fato, o aumento da dose de adubação favoreceu o efeito residual no campo (Tabela 9) do micronutriente Zn, em acordo com Lopes (1999); que para aumentar a uniformidade de distribuição e visando uma maior eficiência dos micronutrientes, para as mais diversas culturas, uma alternativa de manejo é o aumento das doses, sem ou com incorporação, para facilitar a distribuição uniforme, se utilizando das vantagens do efeito residual de alguns fertilizantes, principalmente aqueles que fornecem cobre e zinco.

A Tabela 6 indica que não houve diferença estatística entre os adubos avaliados, ou seja, o uso do fertilizante contendo Zn e sem o Zn são semelhantes. No entanto, pode-se destacar o residual que o fertilizante contendo Zn proporcionou ao solo (Tabela 9), sendo de grande importância para a cultura subsequente e proporcionando uma reserva do micronutriente no solo que, segundo Embrapa Soja, (2010) as concentrações se enquadram na faixa Alta para esse elemento.

A interação dose versus adubo foi significativa para o Zn e sua análise de médias está apresentado na Tabela 10.

**Tabela 10.** Desdobramento da interação dose versus adubo para o elemento Zn.

ADUBOS	DOSES	
	D1	D2
A	3,7 Ab	6,40 Ba
B	4,0 Ab	10,70 Aa
C	3,5 Ab	6,56 Ba
D	5,1 Aa	5,80 Ba
E	2,8 Ab	5,10 Ba

Letras iguais minúsculas na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letra maiúscula referente a adubos para cada dose e letra minúscula referente as doses para cada adubo.

Para D1 observa-se que todas as fontes de adubos tiveram resultados semelhantes e para D2 a fonte B apresentou melhores médias. Para os adubos A, B, C e E a D2 apresentou melhores médias em comparação ao adubo D que não apresentou

diferença entre as doses, provavelmente por conter grandes quantidades de Zn em sua formulação (Tabela 3) comparada aos demais.

Mesmo não tendo Zn na sua formulação (Tabela 3), o adubo E apresentou quantidades do elemento, provavelmente como um contaminante, que fizeram com que seu resultado fosse semelhante às demais fontes, efeito já encontrado por Borkert (2002), em suas pesquisas.

Doses relativamente altas de Zn (25 à 30 kg de Zn ha<sup>-1</sup>) podem corrigir deficiências por vários anos, por causa da lenta reversão do Zn para formas não disponíveis para as plantas. Assim o conhecimento do efeito residual de fertilizantes contendo micronutrientes é de fundamental importância para definição de doses e do intervalo de reaplicação dos mesmos (LOPES, 1999).

A análise econômica para as doses, no experimento (safra 2007/2008), foi realizada levando em conta o custo da adubação e a produtividade de grãos (Tabela 07), uma vez que os demais custos de insumos e manejo foram iguais para todos os tratamentos. Os valores apresentados foram convertidos em Dólar (US\$) com cotação do mesmo ano agrícola e os resultados são apresentados na Tabela 11.

**Tabela 11.** Análise econômica da aplicação das doses de adubos no experimento.

	DOSES	
	D1	D2
<b>ADUBO</b>		
Quantidade adubo (kg ha <sup>-1</sup> )	300	600
Preço adubo (US\$ saca 50 kg)*	24,46	
Custo Adubo (US\$ ha <sup>-1</sup> )	146,76	293,52
<b>SOJA</b>		
Produtividade soja (sacas 60 kg ha <sup>-1</sup> )	39	50
Preço soja (US\$ saca 60 kg)**	24,70	
Valor venda grãos soja (US\$ ha <sup>-1</sup> )	962,07	1.241,92
<b>ANÁLISE</b>		
Diferença entre produtividade D2-D1 (sacas 60 kg ha <sup>-1</sup> )	11	
Diferença entre produtividade D2-D1 (US\$ ha <sup>-1</sup> )	279,85	
Acréscimo valor da adubação com D2 (US\$)	146,76	
Saldo com o uso da D2 (US\$)	133,09	

\*= cotação Dólar para compra dos adubos mês novembro de 2007 (1,00 US\$ = R\$1,75);

\*\*= cotação Dólar para venda soja mês maio de 2008 (1,00 US\$ = R\$1,66).

O uso do dobro da dose (D2) aumentou em US\$ 146,76 o custo final da adubação no sistema, comparado a uma vez a dose (D1) e proporcionou o incremento de 11 sacas a mais de produtividade da soja, rendendo US\$ 279,85 no lucro final, sendo que D2 forneceu um acréscimo de US\$ 133,09. Portanto, D2 demonstrou viabilidade econômica em seu uso.

Para fins econômicos o uso do adubo contendo Zn não acarreta em lucro imediato, uma vez que não apresentou resultados de produtividade entre os adubos (Tabela 6), sendo seu uso indicado para situações nas quais se almeja o efeito residual desse micronutriente no solo (Tabela 9 e 10).

Os conhecimentos obtidos nesta pesquisa limitam-se a questões ligadas a recomendação de adubação com Zn, visando avaliar os adubos comerciais, no propósito de levantar questões sobre a melhoraria e qualidade dos produtos comercializados pelo agricultor brasileiro.

Neste sentido, estudos deste caráter são importantes no que tange a recomendação de adubação com Zn e sem Zn, o seu custo-benefício e a preocupação ambiental quanto aos efeitos da elevação exagerada das doses de adubação.

Portanto, são necessárias mais pesquisas em relação a fontes de micronutrientes encontradas nos adubos comerciais, pois os mesmos apresentam grandes diferenças e contaminantes que podem refletir na produção de forma antagônica ou sinérgica.

## CONCLUSÕES

A aplicação da dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> proporcionou elevação em relação à utilização do dobro da dose, dos teores foliares de Zn e no teor de Mg no solo.

O dobro da dose proporcionou elevação do número de legumes por planta, grãos por planta, massa de 100 grãos e produtividade, bem como dos teores de P, K e Zn no solo como efeito residual da adubação.

As marcas A, B, C e E de adubos, apresentaram melhores resultados quando utilizados com o dobro da dose.

A análise econômica demonstrou viabilidade no uso do dobro da dose de adubação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J.C.; VALE, F. Solubilidade de micronutrientes contidos em formulações de fertilizantes, em extratores químicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.2, p.363–372. 2003.

AOAC, **Official methods of analysis**. 18 ed. Maryland: AOAC, 2005. 3000p.

BORKERT, C.M. Ganhos em produtividade de culturas anuais com micronutrientes na Região Sul. In: **Curso de fertilidade do solo em plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2002. p.81-96.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Análises de corretivos, fertilizantes e inoculantes - Métodos oficiais**. Brasília, Laboratório Nacional de Referência Vegetal (LANARV). Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 1983. 104p.

CARNEIRO, L.F.; FURTINI, A.E.N.; RESENDE, Á.V.; CURI, N.; SANTO, J.Z.L.; LAGO, F.J. Fonte, doses e modos de aplicação de fósforo na interação fósforo-zinco em milho. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.4, p.1133-1141. 2008.

EMBRAPA; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro. 2006. 306p.

EMPRAPA SOJA. **Tecnologias de Produção de Soja 2007**. Londrina. Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 1677-8499. 2006. 225p.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2011**. Londrina. Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 2176-2902; n.14. 2010. 255p.

FAGERIA, N.K.; STONE L.F. Produtividade de feijão no sistema plantio direto com aplicação de calcário e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p.73-78. 2004.

FAVARIN, J.L; MARINI, J.P. **Importância dos micronutrientes para a produção dos grãos**. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.snagricultura.org.br>>. Acesso em: 20 Jun. 2008.

FERREIRA. D. F. **SISVAR: Sistemas de análises estatísticas**. Lavras: UFLA. 2003.

GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; TEDESCO, M.J. **Princípios de fertilidade de solo**. Porto Alegre, Departamento de Solos da UFRGS. 1995. 276p.

GONÇALVES Jr., A.C.; PESSOA, A.C.S. Fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e crômio, em soja cultivada em argilossolo vermelho eutrófico a partir de adubos comerciais. **Scientia Agraria**, v.3, n.1-2, p.19-23. 2002.

GONÇALVES Jr. A.C.; NACKE, H.; MARENGONI, N.G.; CARVALHO, E.A.; COELHO, G.F. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, vol.34 n.3, p.660-666, maio/jun. 2010.

HABERLI Jr., C.; GODOY, J.T.B.; ARIENTE, M.; GIULIANI, A.C.; SPERS, E.E. **O marketing lateral como ferramenta de inovação em um ambiente competitivo: estudo de caso da Bunge Fertilizantes**. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural – SOBER, 2010. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/437.pdf>>. Acesso em: 10 Jan. 2010.

KOPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**. Berlin, Walter de Gruyter, 1931. 390p.

LANA, M.C.; LUCHESE, A.V.; BRACCINI, A.L. Disponibilidade de nutrientes pelo fertilizante de liberação controlada Osmocote e composição do substrato para produção

de mudas de *Eucalyptus saligna*. **Scientia Agraria Paranaensis**. Vol.9, n.1, p.68–81. 2010.

LONERAGAN, J.F.; WEBB, M.J. Interactions between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. In: ROBSON, A. D. (Ed.). **Zinc in soil and plants**. Madison: Kluwer Academic, 1993. p.119-134.

LOPES, A.S. **Micronutrientes: Filosofias de aplicação e eficiência agronômica**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos - ANDA, n.8, 1999. 58p.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Interpretação de análise de solo – conceitos e aplicações**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA, Boletim Técnico n.2, 2010. Disponível em: <[http://www.anda.org.br/boletins/Boletim\\_02.pdf](http://www.anda.org.br/boletins/Boletim_02.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 2.ed., 1997. 319p.

MARTENS, D.C.; WESTERMANN, D.T. Fertilizers applications for correcting micronutrient deficiencies. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M. (Ed.) **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p.549-592.

NACKE, H.; GONÇALVES Jr., A.C.; NASU, É.G.C.; REOLON, C.A.; GUENTHER, M. Interações entre agroecossistemas e desenvolvimento sustentável. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.8, n.1-2, p.72-84. 2009.

OLIC, N.B. **Os caminhos percorridos pela soja no Brasil**. São Paulo: Revista Pangea - Quinzenário de Política, Economia e Cultura, 2007. Disponível em: <<http://www.clubemundo.com.br>>. Acesso em: 10 jan. 2007.

OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J.; SANTOS, R.S.M.; FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D.; FARIA, C.D. Concentrações residuais de cobre, ferro, manganês e zinco em Latossolo Roxo eutrófico sob diferentes tipos de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.31, n.2, p.97-103, jul./dez. 2001.

OLSEN, S.R. Micronutrients interactions. In: MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (Ed.) **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p.243-264.

PAULETTI, V. Disponibilidade e resposta de culturas a micronutrientes no sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**. Castro: Fundação Cargill, Fundação ABC, p. 71-95, 1999.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.D.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análises químicas de solo e controle de qualidade**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR (Circular 76), 1992. 40p.

WELZ, B.; SPERLING, M. **Atomic Absorption Spectrometry**. 2ed. Weinheim: Wiley-VCH, 1999. 941p.