

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

MODOS DE APLICAÇÃO DE ZINCO NO CRESCIMENTO
INICIAL DE PLANTAS DE MILHO E DE SORGO EM CASA DE
VEGETAÇÃO.

Liliane Maria Romualdo
Zootecnista

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Setembro de 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

MODOS DE APLICAÇÃO DE ZINCO NO CRESCIMENTO
INICIAL DE PLANTAS DE MILHO E DE SORGO EM CASA DE
VEGETAÇÃO.

Liliane Maria Romualdo

Orientador: Prof. Dr. William Natale

Co-orientador: Renato de Mello Prado

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Setembro de 2008

R767m Romualdo, Liliane Maria
Modos de aplicação de zinco no crescimento inicial de plantas de milho e de sorgo em casa de vegetação / Liliane Maria Romualdo -- Jaboticabal, 2008
xiii, 54 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008

Orientador: William Natale

Banca examinadora: José Carlos Barbosa, José Ricardo Mantovani.

Bibliografia

1. *Zea mays*. 2. *Sorghum bicolor*. 3. Micronutriente. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.811:633.15

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Campus de Jaboticabal.

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: MODOS DE APLICAÇÃO DE ZINCO NO CRESCIMENTO INICIAL
DE PLANTAS DE MILHO E DE SORGO EM CASA DE VEGETAÇÃO

AUTORA: LILIANE MARIA ROMUALDO

ORIENTADOR: Dr. WILLIAM NATALE

Co-Orientador(a): Dr. RENATO DE MELLO PRADO


Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL) pela Comissão Examinadora:


Dr. WILLIAM NATALE


Dr. JOSÉ CARLOS BARBOSA


Dr. JOSÉ RICARDO MANTOVANI

Data da realização: 03 de setembro de 2008.


Presidente da Comissão Examinadora
Dr. WILLIAM NATALE

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

LILIANE MARIA ROMUALDO - nascida em Ribeirão Preto, SP, em 27 de maio de 1979, filha de Rubens Roberto Romualdo e Maria Natividade Ramos Romualdo. Em março de 1999, ingressou na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus de Jaboticabal (FCAV/Unesp) e concluiu em dezembro de 2003 o curso de Zootecnia. Durante o curso foi bolsista de iniciação científica da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), no período de abril de 2001 a abril de 2003. No período de agosto de 2004 a agosto de 2006 foi bolsista de apoio técnico à pesquisa do CNPq., na área de adubação e nutrição de plantas na FCAV/Unesp. Em agosto de 2006, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) na FCAV/Unesp, como bolsista do CNPq., com conclusão em setembro de 2008.

"Eu não posso mudar a direção do vento, mas eu posso ajustar as minhas velas para sempre alcançar o meu destino."

A DEUS

Por mais uma meta alcançada,

AGRADEÇO

Aos meus pais Rubens e Maria, pelo amor incondicional.

Aos meus irmãos Rossana, Luciano e Alisson pelo amor, carinho, apoio e conselhos.

DEDICO

Aos meus avós Luzia (*in memorian*) e Pedro (*in memorian*), Maria e Abadio (*in memorian*), pelo exemplo de força, dedicação e coragem.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. William Natale, que durante quatro anos com muita paciência e dedicação me orientou. Obrigada pelos valiosos ensinamentos, oportunidade e amizade.

Ao Professor Renato, pela oportunidade e colaboração na minha formação acadêmica.

À FCAV/Unesp pela oportunidade.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) pela oportunidade e pela bolsa de estudos durante o mestrado.

Às minhas queridas amigas Ana e Renata que me acompanham desde o período da graduação, obrigada pelo apoio, amizade, dedicação e conforto nas horas de dificuldade.

Aos meus amigos Danilo, Henrique e Amanda pela amizade, companheirismo e colaboração.

Aos amigos Cíntia, Dri, Marcus, Diego, Anelisa e Anarlete pela amizade e apoio nas horas de dificuldade.

À Ivana e Flávia pelo apoio durante a condução do experimento.

À Claudinha e ao Dejair, funcionários do departamento de solos e adubos, pela ajuda e apoio na condução dos nossos experimentos.

À Célia e Maria Inês, secretárias do departamento de solos e adubos, pela atenção e colaboração durante o período de mestrado.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Adubos, pelo auxílio.

Aos meus familiares que mesmo distantes fazem-se presentes e incentivando-me nos estudos e formação.

Aos amigos Joice, Carlos, Jacqueline, Luciane, Deise, Lívia, Carol, Camila, Claudia; Mara, Ana Paula pelo carinho, incentivo e principalmente o apoio nas horas de dificuldade.

À todos aqueles, que embora não mencionados contribuíram para minha formação.

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Importância do milho e sorgo no Brasil.....	3
2.1.1 Milho.....	3
2.1.2 Sorgo.....	3
2.2 Zn no solo.....	4
2.3 Importância do zinco para as plantas.....	5
2.4 Estudos sobre modos de aplicação de zinco nas culturas do milho e do sorgo.....	8
2.4.1 Milho.....	8
2.4.2 Sorgo.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Informações gerais sobre o experimento.....	11
3.2 Descrição dos tratamentos.....	12
3.3 Instalação e condução do experimento.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 Modos de aplicação de zinco no crescimento inicial do sorgo.....	17
4.1.1 Efeito dos tratamentos no solo.....	17
4.1.2 Efeito dos tratamentos na nutrição do sorgo.....	19
4.1.3 Efeito dos tratamentos sobre o crescimento e na produção de massa seca do sorgo.....	25
4.2 Modos de aplicação de zinco no crescimento inicial do milho.....	29
4.2.1 Efeito dos tratamentos no solo.....	29
4.2.2 Efeito dos tratamentos na nutrição do milho.....	30

4.2.3 Efeito dos tratamentos sobre o crescimento e na produção de massa seca do milho.....	37
5. REFERÊNCIAS.....	41
APÊNDICE.....	48

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Aplicação dos tratamentos Zn incorporado, Zn localizado e Zn na semente, nas unidades experimentais.....	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado no experimento.....	12
Tabela 2. Modos de aplicação de zinco (tratamentos) em plantas de milho e de sorgo durante dois cultivos sucessivos, em condições de casa de vegetação.....	13
Tabela 3. Média das concentrações de zinco no solo (mg por dm^3), após os cultivos do sorgo cv. BR 304 e, resumo da análise de variância.....	18
Tabela 4. Média dos teores de macronutrientes (g por kg) e micronutrientes (mg por kg) na parte aérea, após o primeiro cultivo de plantas de sorgo cv. BR 304 e, resumo da análise de variância.....	21
Tabela 5. Média dos teores de macronutrientes (g por kg) e micronutrientes (mg por kg) na parte aérea, após o primeiro segundo de plantas de sorgo cv. BR 304 e, resumo da análise de variância.....	22
Tabela 6. Média do acúmulo de macronutrientes (g por vaso) e micronutrientes (mg por vaso) na parte aérea, após o primeiro cultivo de plantas de sorgo cv. BR 304 e, resumo da análise de variância.....	23
Tabela 7. Média do acúmulo de macronutrientes (g por vaso) e micronutrientes (mg por vaso) na parte aérea, após o segundo cultivo de plantas de sorgo cv. BR 304 e, resumo da análise de variância.....	24
Tabela 8. Média do diâmetro do caule (mm), número de folhas, número de internódios, altura (cm), área foliar (cm^2) e massa seca da parte aérea (g por vaso), após o primeiro cultivo de plantas de sorgo cv. BR 304 e, resumo da análise de variância.....	26
Tabela 9. Média do diâmetro do caule (mm), número de folhas, número de internódios, altura (cm), área foliar (cm^2) e massa seca da parte aérea (g por vaso), após	

o segundo cultivo de plantas de sorgo cv. BR 304 e, resumo da análise de variância.....	27
Tabela 10. Média das concentrações de zinco no solo (mg por dm ³), após os cultivos do milho cv. P30K75 e, resumo da análise de variância.....	30
Tabela 11. Média dos teores de macronutrientes (g por kg) e micronutrientes (mg por kg) na parte aérea, após o primeiro cultivo de plantas de milho cv. P30K75 e, resumo da análise de variância.....	33
Tabela 12. Média dos teores de macronutrientes (g por kg) e micronutrientes (mg por kg) na parte aérea, após o primeiro segundo de plantas de milho cv. P30K75 e, resumo da análise de variância.....	34
Tabela 13. Média do acúmulo de macronutrientes (g por vaso) e micronutrientes (mg por vaso) na parte aérea, após o primeiro cultivo de plantas de milho cv. P30K75 e, resumo da análise de variância.....	35
Tabela 14. Média do acúmulo de macronutrientes (g por vaso) e micronutrientes (mg por vaso) na parte aérea, após o segundo cultivo de plantas de milho cv. P30K75 e, resumo da análise de variância.....	36
Tabela 15. Média do diâmetro do caule (mm), número de folhas, número de internódios, altura (cm), área foliar (cm ²) e massa seca da parte aérea (g por vaso), após o primeiro cultivo de plantas de milho cv. P30K75 e, resumo da análise de variância.....	38
Tabela 16. Média do diâmetro do caule (mm), número de folhas, número de internódios, altura (cm), área foliar (cm ²) e massa seca da parte aérea (g por vaso), após o segundo cultivo de plantas de milho cv. P30K75 e, resumo da análise de variância.....	40

MODOS DE APLICAÇÃO DE ZINCO NO CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE MILHO E DE SORGO EM CASA DE VEGETAÇÃO

RESUMO - Existe pouca informação que fundamente os modos de aplicação de zinco, comparando as técnicas tradicionais de adubação via solo e foliar, à alternativa de tratamento de sementes para o milho e, principalmente, para o sorgo. Diante deste contexto, foram conduzidos experimentos em casa de vegetação, para avaliar os modos de aplicação de zinco nas culturas do milho e do sorgo. As unidades experimentais constaram de vasos com 9,5 dm³, preenchidos com 7 dm³ de amostra de um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro modos de aplicação de zinco: 1) incorporado ao solo; 2) localizado ao lado do sulco de plantio; 3) foliar; 4) aplicação nas sementes; 5) testemunha (sem aplicação). Os ensaios para cada cultura foram individuais, conduzidos durante dois cultivos sucessivos, por cerca de 55 dias cada. Após cada cultivo foi realizado o corte das plantas para a determinação da massa seca, assim como para a avaliação do crescimento (altura, área foliar, número de folhas, número de internódios e diâmetro do caule), além da determinação dos teores de macro e micronutrientes nas plantas e no solo. Os resultados indicaram que os modos de aplicação de zinco foram semelhantes no crescimento inicial do milho e do sorgo.

Palavras-chave: *Zea mays*, *Sorghum bicolor*, micronutriente, adubação foliar, métodos de aplicação, Zn.

MANNER OF ZINC APPLICATION IN THE INITIAL GROWTH OF PLANTS OF MAIZE AND SORGHUM IN GREENHOUSE

SUMMARY - Exists few information of works that base the manners of zinc application, comparing the traditional techniques way soil and foliar, to the alternative of treatment of seeds for the maize and, mainly, for sorghum. Ahead of this context, were carried out experiments in greenhouse, to evaluate the manners of zinc application in the crops of maize and sorghum. The units sample had consisted of pots with 9,5 dm³, filled with 7 dm³ of sample of a distrofic red latosol, clayey texture. The experiment was in a completely randomized design, with five treatments and five repetitions. The treatments were constituted for four manners of zinc application: 1) incorporated to the soil; 2) located to the side of the plantation ridge; 3) foliar; 4) application in the seeds; 5) control (without application). The practice for each culture was individual, carried out during two successive cultures, for about 55 days each. After each culture was realized the cut of the plants for the determination of the dry mass, as well as for the evaluation of the growth (height, foliar area, leaf number, number of internodes and diameter of stem), beyond the determination of tenor of macronutrients and micronutrients in the plants and the ground. The manners of zinc application were similar in the initial growth, in the cultures of maize and sorghum.

Keywords: *Zea mays*, *Sorghum bicolor*, micronutrient, foliar fertilization, methods of application, Zn.

MODOS DE APLICAÇÃO DE ZINCO NO CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE MILHO E DE SORGO EM CASA DE VEGETAÇÃO.

1. INTRODUÇÃO

Os solos tropicais, em geral, apresentam baixa disponibilidade de zinco (Zn), seja pela pobreza do material de origem ou pelo cultivo intensivo de culturas, sem a devida reposição desse micronutriente. Assim, a carência de Zn é reconhecida como problema nutricional mundial para a produção das culturas, principalmente para o cultivo de cereais, que são exigentes neste nutriente, reduzindo as colheitas e a qualidade nutricional dos grãos.

O zinco desempenha importantes funções nas plantas, especialmente como ativador enzimático, sendo requerido para a síntese do triptofano, um precursor da biossíntese do ácido indol acético (AIA), responsável pelo crescimento dos tecidos das plantas. O desequilíbrio nutricional, principalmente de micronutrientes, tem sido um dos fatores na diminuição da produção de sementes. Esses elementos desempenham funções em rotas bioquímicas que garantem a formação de lipídeos, proteínas e, ainda, contribuem na estrutura das membranas celulares.

A adubação das culturas com o zinco pode ser realizada pela aplicação no solo, foliar e nas sementes. Tendo em vista que as doses requeridas pelas culturas são pequenas, mesmo as consideradas exigentes em Zn, a exemplo de gramíneas como o milho e o sorgo, existe dificuldade em se distribuir uniformemente os adubos na aplicação via solo, e as aplicações foliares apresentam restrições devido à baixa mobilidade do elemento no floema. Assim, há escassez de informações sobre doses, modo eficiente de aplicação e critérios seguros para o diagnóstico da necessidade de adubação com Zn. Porém, a literatura tem demonstrado eficiência do tratamento de sementes com este micronutriente.

A aplicação de Zn nas sementes apresenta a vantagem de ser um método preciso e eficaz, pois assegura a disponibilidade e absorção do nutriente nas fases iniciais de crescimento da cultura, já que a plântula não absorve grandes quantidades de elementos do solo, visto que ainda não apresenta sistema radicular desenvolvido, nem área foliar suficiente para absorver o nutriente via pulverização. Permite, ainda, melhor uniformidade de distribuição do nutriente, resultando na racionalização do uso de matéria-prima não renovável, economizando divisas, devido às pequenas quantidades utilizadas (RIBEIRO & SANTOS, 1996).

Apesar da importância do zinco para as plantas, em especial para as gramíneas, poucos trabalhos foram desenvolvidos utilizando modos e doses de Zn para satisfazer as exigências nutricionais das culturas. As pesquisas conduzidas estão restritas à cultura do milho e, ainda assim, não são suficientes para fundamentar o modo de aplicação de Zn, comparando as técnicas tradicionais via solo e foliar, à aplicação alternativa via tratamento de sementes.

Assim, o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos de modos de aplicação de zinco sobre o estado nutricional e o crescimento inicial de plantas de milho e de sorgo, em condições de casa de vegetação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância do milho e do sorgo no Brasil

2.1.1 Milho

O milho (*Zea mays* L.), de acordo com o AGRIANUAL (2008), referente à safra 2006/2007, tem como principais produtores mundiais os Estados Unidos (268 milhões de toneladas), a China (145 milhões de toneladas), o Brasil (50 milhões de toneladas), a Argentina (23 milhões de toneladas) e o México (22 milhões de toneladas), que contribuem, respectivamente, com 38%, 21%, 7%, 3% e 3% da produção mundial.

No Brasil, a cultura do milho se destaca como uma das mais importantes, com área cultivada de aproximadamente 12 milhões de hectares (AGRIANUAL, 2008). O milho constitui um dos principais insumos para o segmento produtivo, sendo utilizado com destaque no arraçamento de animais, tanto *in natura*, como na forma de farelo, ração ou silagem. Na alimentação humana é utilizado *in natura* ou na forma de subprodutos. Na indústria é empregado como matéria-prima para a produção de amido, óleo, farinha, glicose, produtos químicos, rações animais e na elaboração de formulações alimentícias (PINAZZA, 1993).

2.1.2 Sorgo

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é originário da África Central, região da Etiópia e Sudão, de onde se disseminou para toda a África e Ásia, chegando posteriormente ao continente Americano e Austrália (FREDERIKSEN, 2000). Atualmente, o sorgo é um dos principais cereais cultivados no mundo, em especial em

regiões de alta temperatura e baixa precipitação, locais em que a cultura atinge boas produções de grãos e de forragem (GUIMARÃES, 1996). A cultura do sorgo é, entre as espécies alimentares, uma das mais versáteis e mais eficientes, tanto do ponto de vista fotossintético, como em velocidade de maturação. Sua reconhecida versatilidade se estende para o uso de seus grãos como: alimento humano e animal; matéria prima para a produção de álcool anidro, bebidas alcoólicas, colas e tintas; o uso de suas panículas para produção de vassouras; extração de açúcar de seus colmos; até às inúmeras aplicações de sua forragem na nutrição de ruminantes (RIBAS, 2003).

No Brasil, a área cultivada e a produção cresceram substancialmente nos últimos 7 anos (1999 a 2006), representando, respectivamente, aumentos de 190 mil ha e de 0,7 milhão de tonelada, atingindo 700 mil ha e produção total de 1,5 milhão de tonelada (AGRIANUAL 2008). O aumento da área plantada e da produção resultou da conjugação de vários fatores que alavancaram a demanda por matérias-primas energéticas (TSUNECHIRO et al., 2002).

Atualmente, o cultivo de sorgo tem se ampliado e se destacado como espécie que tem resistência a fatores ambientais adversos como o déficit hídrico, obtendo-se elevadas produções de massa seca por área, com alta qualidade (ZAGO, 1991). Como sucedâneo do milho, apresenta viabilidade técnica e econômica para sua substituição total ou parcial na fabricação de rações (PINAZZA 1993).

2.2 Zinco no solo

O Zn é o micronutriente mais limitante à produtividade das culturas no Brasil. Sua forma mais comum na solução do solo é a do cátion Zn^{2+} que se movimenta no solo por difusão, caminhando a favor do gradiente de concentração, isto é, de uma região de maior concentração para outra de menor concentração (MALAVOLTA, 2006).

O zinco é fortemente adsorvido aos solos, principalmente pela fração mineral (RAIJ, 1991). Segundo SCHUMAN (1975) entre os fatores que influenciam as reações de adsorção e, conseqüentemente a disponibilidade do Zn no solo, estão: as características químicas (pH, CTC, teor de matéria orgânica, cátions e ânions solúveis) e mineralógicas (tipo e teor de argila e de óxidos e hidróxidos de Al e Fe). Quando o pH se eleva diminui a disponibilidade de Zn. Acima do pH 5,5 o zinco é adsorvido a hidróxido de Al, Fe e Mn (MORAGHAN & MASCAGNI, 1991). Pode ocorrer, também, segundo RAIJ (1991b), precipitação na forma de hidróxido de zinco insolúvel, ficando assim, indisponível para as plantas.

A matéria orgânica afeta a disponibilidade do micronutriente de formas antagônicas: aumentando a solubilidade através da formação de complexos orgânicos com ácidos orgânicos, aminoácidos e ácidos fúlvicos; diminuindo-a devido à formação de complexos orgânicos insolúveis que reduzem a disponibilidade; liberação de exudados e ligantes pela raiz, os quais complexam o elemento na rizosfera; os microorganismos imobilizam o Zn na biomassa e depois o liberam na mineralização (FAGERIA et al., 2002).

Quanto aos teores de argila, sabe-se que a adsorção é maior à medida que aumentam os teores de argila, no entanto esse processo não ocorre igualmente em todos os solos argilo-minerais. Em geral, argila do tipo 2:1 apresenta maior capacidade de retenção de Zn devido à penetração do referido íon na camada octaédrica dos argilo-minerais (SOARES, 2003).

2.3 Importância do zinco para as plantas

O zinco é absorvido pelas plantas predominantemente como Zn^{2+} ; nessa mesma forma é transportado a longas distâncias, das raízes para a parte aérea pelo xilema (MALAVOLTA, 2006). Alguns nutrientes podem apresentar interações com o Zn, afetando a absorção do mesmo pelas plantas. São conhecidas interações do tipo

competitivas entre P-Zn (BOAWN & LEGGET, 1963; ADRIANO et al. 1971; OLSEN, 1972); Ca-Zn (BERTON et al., 1997); Fe-Zn (SOUZA & FERREIRA, 1988; PAULA et al., 1999; PRADO et al., 2007) e Zn-Cu (ARZOLLA et al., 1955/1956). Quanto à redistribuição do zinco, sabe-se que este apresenta baixa mobilidade no floema, e sua maior ou menor translocação depende de sua disponibilidade na parte vegetativa (MARSCHNER, 1995).

O milho e o sorgo são sensíveis à deficiência de zinco. Vários trabalhos conduzidos em casa de vegetação e em campo têm demonstrado que a sua adição promove incrementos significativos tanto da matéria seca quanto da produção de grãos dessas culturas (ALVAREZ V., 1978; GALRÃO & MESQUITA FILHO, 1981; RITCHEY et al., 1986; MARTENS & WESTERMANN, 1991; GALRÃO, 1995). O zinco é considerado um elemento de grande importância para essas gramíneas, participando como componente de um grande número de enzimas. Suas funções básicas na planta estão relacionadas ao metabolismo de carboidratos, proteínas e fosfatos, além da formação da estrutura das auxinas, RNA e ribossomos (BORKET, 1989), no metabolismo dos fenóis, no aumento do tamanho e multiplicação celular e na fertilidade dos grãos de pólen (MALAVOLTA et al., 1991).

Os sintomas de deficiência de Zn estão associados, na maior parte dos casos, à distúrbios no metabolismo das auxinas, principalmente do ácido indol acético (AIA), fitormônio responsável pelo crescimento das plantas. Admite-se, entretanto, que o Zn seja necessário para a síntese do triptofano (Trp), aminoácido precursor do AIA (VÁLIO, 1979; MENGEL & KIRKBY, 1987). Em plantas deficientes em Zn há desestruturação dos ribossomos (PRASK & PLOCKE, 1971), reduzindo a síntese protéica (KITAGISHI et al., 1987; OBATA & UMEBAYASHI, 1988; MARSCHNER, 1995), levando ao acúmulo de aminoácidos livres (KITAGISHI & OBATA, 1986; MARSCHNER, 1995). Isto ocorre devido ao micronutriente controlar a atividade da enzima RNase que hidrolisa o RNA, causando a diminuição da síntese protéica, atuando na multiplicação celular, proporcionando menor número e tamanho de células e reduzindo o comprimento de internódios (MALAVOLTA, 1986).

Na cultura do milho, podem ser observados como sintomas de deficiência de zinco, clorose acentuada ao longo da nervura principal, encurtamento dos entrenós e menor produção de folhas novas, podendo aparecer tonalidades roxas no caule e nas folhas, além de redução no crescimento e na produção de grãos (MALAVOLTA, 1980). FURLANI & FURLANI (1996) também descrevem que os sintomas característicos da deficiência de zinco em plantas de milho ocorrem nas folhas novas, as quais ficam menores e em forma de roseta, devido ao encurtamento dos internódios.

A deficiência de Zn em sorgo é caracterizada pelo porte pequeno das plantas, com internódios curtos. As folhas novas apresentam listras amareladas entre as nervuras, em alguns casos tornam-se praticamente brancas (VASCONCELLOS et al., 1988), podendo também, aparecer manchas avermelhadas nas folhas (FURLANI et al., 1986).

Quanto aos teores adequados do elemento no milho, GALRÃO (1995) indica como nível crítico de zinco na folha, 18,5 mg de Zn por kg, obtidos na quarta folha, a partir do ápice, aos 60 dias da semeadura. FERREIRA et al. (2001) verificaram teores entre 18,2 e 21,50 mg de Zn por kg, obtidos da última folha completamente aberta, aos 45 dias após a emergência das plantas e, entre 18,20 e 23,50 mg de Zn por kg, nas folhas da base da espiga, aos 63 dias após a emergência das plantas, período correspondente ao início do embonecamento. RAIJ et al. (1997) estabeleceram como adequado para o milho, em condições de campo, teores foliares de 15-100 mg de Zn por kg, obtidos no terço central da folha da base da espiga, à época do florescimento da cultura. Em condições de casa de vegetação, FAGERIA (2000) indica como adequado o teor na folha de 27 mg de Zn por kg, estabelecido através de 90% do máximo da produção de massa seca das plantas. Para o sorgo, não foram encontrados na literatura dados específicos em condições de casa de vegetação; no entanto, MARTINEZ et al. (1999) recomendam como adequado para o sorgo, em condições de campo, os teores foliares de 12-22 mg de Zn por kg, correspondentes às folhas localizadas na posição central da planta e coletadas por ocasião do emborrachamento.

2.4 Estudos sobre modos de aplicação de zinco nas culturas do milho e do sorgo

2.4.1 Milho

Com relação aos métodos de aplicação de zinco em sistemas de produção de milho, pode-se destacar: no solo (localizado ou incorporado), na parte aérea das plantas (através da adubação foliar) ou na semente.

GALRÃO & MESQUITA FILHO (1981) obtiveram alta correlação entre as doses de zinco aplicadas ao solo e os teores determinados nas plantas. GALRÃO (1994), ao testar métodos de aplicação de sulfato de zinco na cultura do milho, verificou que a produtividade de grãos foi maior quando se aplicou o fertilizante a lanço, comparativamente à aplicação no sulco de semeadura. BARBOSA FILHO et al. (1990) verificaram, com a concentração no solo de 5 mg de Zn por dm^3 , aumento no comprimento médio dos entrenós das plantas de milho. RITCHEY et al. (1986) obtiveram, com a dose de 3 kg de Zn por ha aplicada a lanço, produções de milho próximas ao rendimento máximo, no primeiro cultivo, sendo que, esse rendimento continuou por quatro colheitas consecutivas, evidenciando o efeito residual do micronutriente. ANDREOTTI et al. (2003) observaram, também, efeito residual das doses de zinco aplicadas, refletindo em maior produção de matéria seca no segundo cultivo. SOUZA et al. (1998) encontram resultados semelhantes aos descritos anteriormente, em que a adição de 5 mg de Zn por dm^3 promoveu incrementos significativos na produção de grãos de milho e nas concentrações deste nutriente nas folhas; porém, acrescentam que não houve vantagens em empregar doses superiores à essa. GALRÃO & MESQUITA FILHO (1981) estudaram doses de zinco (0,0; 1,25; 2,5; 5,0 e 10,0 ppm), aplicadas como três diferentes fontes (sulfato, óxido e fritas), em três cultivos sucessivos de milho. A fonte sulfato foi aplicada na forma de solução e as outras duas na forma sólida, em 3 dm^3 de solo. Os autores observaram que a aplicação de 1,25 ppm de zinco no solo, independente da fonte, de modo geral foi suficiente para

manter boa produção de matéria seca nos três cultivos de milho. FAGERIA (2000) obteve produção máxima de matéria seca de milho com a aplicação de 20 mg de Zn por kg de solo, com aumento de 14% em relação à testemunha. PRADO et al. (2008) estudaram modos de aplicação de zinco na cultura do milho e verificaram que as aplicações de zinco via solo (incorporado e localizado), foliar e semente foram semelhantes no desenvolvimento inicial da cultura; porém observaram que a aplicação de zinco independente do modo de aplicação promoveu incremento na altura e na produção de massa do milho em relação ao tratamento testemunha.

Outros trabalhos mostraram resultados da aplicação foliar de zinco, porém, nem sempre ocorreu resposta positiva em termos de produtividade.

PUMPHREY et al. (1963), avaliando modos de aplicação de Zn em milho, verificaram que o zinco, na forma de sulfato de zinco aplicado ao solo, proporcionou maiores rendimentos de grãos do que via foliar. SAKAL et al. (1983) constataram que aplicações foliares de sulfato de zinco (0,5 e 1%) não diferiram significativamente em relação aos rendimentos de grãos, quando esse fertilizante foi aplicado no solo (a lanço ou no sulco de semeadura).

No Brasil, foram conduzidos alguns trabalhos na cultura do milho com aplicações de zinco via tratamento de sementes, obtendo-se incrementos significativos na produção em relação à testemunha (SILVA, 1989; GALRÃO, 1994).

Segundo RIBEIRO & SANTOS (1996), a aplicação de zinco via sementes promove o acúmulo do nutriente na planta, especialmente na parte aérea, devido ao incremento no teor de Zn nesse órgão. Ainda de acordo com os mesmos autores, semente pobre em zinco origina planta deficiente em zinco, quando cultivada em substrato carente nesse nutriente. Assim, a aplicação via sementes, mostra-se uma alternativa para a prevenção de sintomas iniciais de deficiência (HEWITT et al., 1954).

SANTOS & RIBEIRO (1994) observaram, com doses de 2,5 g de Zn por kg de sementes, em milho cultivado em solução contendo 0,025 mg de zinco por dm^3 , incremento na altura das plantas, na área foliar e na massa seca da parte aérea, equivalentes aos valores obtidos em solução com o dobro da quantidade de zinco,

indicando que, em substrato carente no elemento ($0,025 \text{ mg}$ de zinco por dm^3), o tratamento de sementes proporcionou desenvolvimento da planta semelhante àquele da solução bem suprida em zinco. Incrementos na produção de grãos de milho foram obtidos por SILVA (1989), utilizando o tratamento de sementes com zinco, na dose de $1,50 \text{ g}$ de Zn por kg de sementes. GALRÃO (1994) obteve, com a aplicação de zinco via sementes de milho, na forma de óxido de zinco, aumento no rendimento de grãos (6156 kg por ha) em relação à testemunha (3880 kg por ha), não diferindo significativamente das aplicações via solo e foliares. LEAL et al. (2007) não observaram incremento na produção de massa seca de plântulas de milho com a aplicação de doses de zinco nas sementes de milho utilizando sulfato de zinco.

2.4.2 Sorgo

Na literatura encontraram-se alguns trabalhos com aplicação de zinco em sementes de sorgo. YAGI et al. (2006), utilizando os cultivares de sorgo BR 304 e BRS 3010 cultivados em areia e testando as doses de 0 ; $3,57$; $7,14$; $14,28$; $28,56 \text{ g}$ de Zn por kg, aplicadas nas sementes na forma de sulfato de zinco, verificaram que o cultivar BR 304 produziu mais matéria seca da parte aérea, raízes e total, comparada a BRS 3010. No entanto, os autores concluíram que as doses de zinco não influenciaram a produção de matéria seca da parte aérea, provocando queda da produção de matéria seca das raízes e da planta inteira de sorgo. RASHED & FOX (1992) verificaram que teores acima de 10 mg de Zn por kg, presentes em sementes de sorgo, foram suficientes para não limitar a produção da cultura.

ALVAREZ V. et al. (1978) constataram aumento significativo da produção de sorgo com a aplicação de 20 kg de Zn por ha, incorporado ao solo, em condições de casa de vegetação. RITCHEY et al. (1986) obtiveram incremento na produção de sorgo com a dose de 3 kg de Zn por ha, aplicado a lanço, obtendo efeito residual com essa dose em quatro colheitas consecutivas.

Tendo em vista as informações acima apresentadas, observa-se que há poucos estudos completos na cultura do milho, empregando modos de aplicação de Zn via sementes, solo e foliar e, na cultura do sorgo, essas pesquisas são quase inexistentes. Assim, experimentos em condições controladas tornam-se importantes, pois, permitem visualizar a resposta das plantas em curto prazo, servindo para auxiliar na escolha dos tratamentos em futuros ensaios em condições de campo, garantindo melhor relação custo/benefício das pesquisas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Informações gerais sobre o experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Solos e Adubos da FCAV/Unesp – campus Jaboticabal, empregando as culturas do milho e do sorgo. Os ensaios para cada cultura foram individuais, conduzidos durante dois cultivos sucessivos, por cerca de 55 dias em cada cultivo, após a emergência das plantas.

O solo utilizado foi coletado na camada subsuperficial de um Latossolo Vermelho distrófico textura argilosa (EMBRAPA, 1999), obtido na fazenda experimental da FCAV/Unesp. A concentração de zinco no solo é considerada baixa, segundo RAIJ et al. (2001), sendo de 0,1 mg de Zn por dm^3 , determinado pelo extrator DTPA. Com base nos resultados da análise química inicial do solo, foi realizada a calagem (calcário calcinado com concentração de CaO = 58,5% e MgO = 9% e PRNT = 125%), com o objetivo de elevar a saturação por bases (V) a 70%, conforme recomendação de RAIJ et al. (1997) para as culturas do milho e do sorgo. A análise química do solo, após o período de incubação (30 dias), antes da aplicação dos tratamentos, está apresentada na Tabela 1.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos corresponderam aos modos de aplicação de zinco.

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado no experimento

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	(H+Al)	SB	T	V
(CaCl ₂)		(resina)							
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mmol _c dm ⁻³ -----						%
6,2	17	3	0,8	30	10	18	40,8	58,8	69

A adubação com NPK + micronutrientes (exceto o zinco) foi realizada misturando-se os fertilizantes em toda a massa do solo, de acordo com a recomendação de FAGERIA (2000): 80 mg de N por dm³ (uréia), 200 mg de P por dm³ (superfosfato simples) e 180 mg de K por dm³ (cloreto de potássio). A dose do adubo potássico foi parcelada em duas vezes, sendo 20% aplicados no plantio e o restante 15 dias após a semeadura. Na adubação com micronutrientes foram empregados: boro (0,5 mg de B por dm³), cobre (1,5 mg de Cu por dm³), manganês (3,0 mg de Mn por dm³) e ferro (5,0 mg de Fe por dm³), nas formas de ácido bórico, sulfato de cobre, sulfato de manganês e sulfato de ferro, respectivamente, conforme indicação de MALAVOLTA (1980) para experimentos em vasos. Por ocasião do segundo cultivo foram aplicados, 15 dias após a semeadura, 80 mg de N por dm³ (uréia) e 90 mg de K por dm³ (cloreto de potássio).

3.2 Descrição dos tratamentos

Os tratamentos estabelecidos para o experimento foram: testemunha, Zn via solo incorporado, Zn via solo localizado, Zn via foliar e Zn via sementes, que foram aplicados da forma descrita na Tabela 2.

Tabela 2. Modos de aplicação de zinco (tratamentos) em plantas de milho e de sorgo durante dois cultivos sucessivos, em condições de casa de vegetação

Tratamentos (Modos de Aplicação)	Dose total de Zn	Cultivos	
		Primeiro	Segundo
Testemunha	0	0	0
Zn via solo incorporado	3 mg Zn por dm ³	3 mg Zn por dm ³	-
Zn via solo localizado	2 mg Zn por dm ³	1 mg Zn por dm ³	1 mg Zn por dm ³
Zn via foliar			
Milho	Solução	1,0%	1,0%
Sorgo		0,5%	0,5%
Zn via semente			
Milho	80 g Zn por kg sementes	40 g Zn por kg	40 g Zn por kg
Sorgo	116 g Zn por kg sementes	58 g Zn por kg	58 g Zn por kg

Nos tratamentos em que o Zn foi aplicado no solo (incorporado e localizado) e, também, naquele aplicado via foliar, utilizou-se como fonte o sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ com 23% de Zn). Para o tratamento Zn incorporado, a dose total do fertilizante foi aplicada ao solo apenas no primeiro cultivo das plantas, e homogeneizado em toda a massa do solo (Figuras 1 a e b), sendo empregada a dose padrão de zinco estabelecida por FAGERIA (2000), para a cultura do milho, em condições de casa de vegetação. Tendo em vista que não foram encontradas na literatura indicações para a cultura do sorgo, empregou-se esta mesma dose. Para o estabelecimento da dose a ser aplicada no tratamento localizado, adotou-se a relação de 1/3 da dose recomenda para o tratamento incorporado, aplicada 5 cm abaixo e ao lado das sementes (Figuras 1 c, d, e e f) (GALRÃO, 2004).

As aplicações de zinco nas folhas iniciaram-se na segunda semana após a emergência das plantas, com duas aplicações, a primeira 14 dias após a emergência e, a segunda 28 dias, em ambos os cultivos. Com o auxílio de um borrifador, foram pulverizados em cada vaso, cerca de 5,8 mL de solução, adotando-se como padrão o correspondente a dez borrifadas, que equivaleram a cerca de 0,058 g de sulfato de zinco (13,3 mg de Zn) e 0,029 g de sulfato de zinco (6,7 mg de Zn) para a cultura do milho e sorgo respectivamente. Durante a aplicação, o solo foi protegido com papel toalha, a fim de garantir que não houvesse contato da solução escorrida com o solo.

No tratamento via semente, foi utilizada a fonte óxido de zinco (ZnO com 81% de Zn), para ambas as culturas, cujas doses foram obtidas com base em testes preliminares. Em cada vaso foram semeadas 10 sementes, o que equivaleu à cerca de 135,50 e 21,29 mg de Zn, para a cultura do milho e do sorgo, respectivamente, adicionadas em cada vaso, por cultivo. Para a aplicação de zinco nas sementes, utilizou-se a técnica de umedecimento estabelecida segundo indicações de VOLKWEISS (1991), a partir da dissolução da fonte de zinco em um recipiente com quantidade mínima de água, adicionando-se esta mistura, a seguir, às sementes, as quais foram imediatamente semeadas. Assim, considerou-se que a dose de Zn foi integralmente aplicada nas unidades experimentais (Figura 1g).



Figura 1. Aplicação dos tratamentos Zn incorporado (a e b), Zn localizado (c, d, e e f) e Zn na semente (g) nas unidades experimentais.

3.3 Instalação e condução do experimento

Após a adubação básica, os tratamentos estabelecidos para os experimentos foram aplicados em cada unidade experimental, composta de um vaso de 9,50 dm³ (35 cm de altura, 13 cm de largura da base inferior e 20 cm de largura da base superior), preenchido com 7 dm³ de solo.

A semeadura do sorgo BR 304 foi realizada em 15-08-2006 (1º cultivo) e 24-10-2006 (2º cultivo) e, do milho P30K75 em 29/01/2007 (1º cultivo) e 25/04/2007 (2º cultivo). Após a emergência das plântulas efetuou-se o desbaste, quando as mesmas apresentavam duas folhas plenamente expandidas, cultivando-se em cada vaso quatro plantas, conforme a indicação de FAGERIA (2000) para experimentos em casa de vegetação. Para o controle da lagarta do cartucho aplicou-se, 15 dias após o plantio, cipermetrina (Arrivo 200 CE, com fórmula molecular C₂₂H₁₉Cl₂NO₃) 0,3 mL L⁻¹.

A irrigação foi feita continuamente durante a condução dos experimentos, com água deionizada, procurando-se manter a umidade em torno de 70% da capacidade de campo do solo.

Entre os cultivos sucessivos, ressalta-se que o solo não foi revolvido, garantindo que o tratamento localizado não fosse descaracterizado entre os cultivos.

Aos 55 dias após a emergência, período em que o milho estava no estágio de desenvolvimento V10 (antes do pendoamento) e o sorgo no estágio EC2 (início de diferenciação do meristema apical em meristema floral), coletou-se as plantas. Foram avaliadas as variáveis de crescimento: número de folhas, número de internódios, diâmetro do caule e altura das plantas. Após essas determinações a parte aérea das plantas foi cortada rente ao solo, separando-se as folhas (lâmina + bainha) e caule. Nas folhas foi determinada a área foliar, com o auxílio do aparelho LI – 3100 area mater®. Após esse procedimento, as plantas (folhas + caule) foram lavadas em solução de detergente a 3 mL L⁻¹ com água deionizada e, em seguida, com HCl 0,1 mol L⁻¹, voltando-se a lavá-las com água deionizada. Essa técnica de lavagem é recomendada para eliminar o zinco que, aplicado via foliar, pode ficar retido na superfície das folhas

(PERYEA, 2005). Posteriormente, a parte aérea das plantas foi seca em estufa a 65 - 70° C até peso constante para a determinação da massa seca, sendo posteriormente moída e, analisados os teores de macronutrientes e micronutrientes, segundo métodos descritos por BATAGLIA et al. (1983). Calculou-se, também, o acúmulo de nutrientes pela parte aérea das plantas, avaliando-se a taxa de recuperação do zinco de acordo com a expressão: $Zn (TR) = (ANcf - ANsf)/(QNa) \times 100$, dada em porcentagem, onde: ANcf = acumulação de nutriente com aplicação do fertilizante, ANsf = acumulação de nutriente sem fertilizante e QNa = quantidade de nutriente aplicado.

As amostragens de solo foram realizadas após o primeiro e o segundo cultivos, utilizando uma sonda própria para amostragem de solo em experimentos de vaso, na profundidade de 0-10 cm, em quatro pontos do vaso, sendo dois na linha de plantio e dois aleatoriamente. Nas amostras coletadas foram realizadas determinações para avaliar a fertilidade do solo, conforme recomendações de RAIJ et al. (2001).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F com desdobramentos dos graus de liberdade de tratamentos em contrastes ortogonais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Modos de aplicação de zinco no crescimento inicial do sorgo

4.1.1 Efeito dos tratamentos no solo

Não houve efeito significativo dos modos de aplicação de zinco nas propriedades químicas do solo (pH, M.O., P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, CTC e V%) e dos micronutrientes B, Cu, Fe e Mn (Tabelas 1, 2 e 3 - Apêndice). Esses resultados eram previstos pelo fato da aplicação de Zn não influenciar nas variáveis analisadas. No entanto, os resultados

obtidos permitiram admitir que houvesse condição adequada para o desenvolvimento das plantas.

Quanto ao efeito dos tratamentos sobre as concentrações de Zn no solo, observa-se na Tabela 3, que os tratamentos diferiram significativamente da testemunha em ambos os cultivos. No primeiro cultivo do sorgo, as aplicações no solo (incorporado e localizado) não diferiram dos tratamentos via foliar e semente. No entanto, entre as aplicações no solo, o Zn incorporado diferiu do Zn localizado, proporcionando maior concentração do nutriente no solo. A aplicação de Zn na semente proporcionou maior concentração do elemento, comparada ao tratamento foliar. Estes resultados estão coerentes, pelo fato do Zn localizado ter sido aplicado 1/3 da dose do Zn incorporado; e do Zn via foliar ter sido aplicado somente nas folhas, estando o solo protegido durante a aplicação.

No segundo cultivo, as aplicações no solo (incorporado e localizado) diferiram significativamente dos tratamentos via foliar e semente, sendo que o primeiro grupo proporcionou maior concentração do nutriente no solo (Tabela 3). Entre as aplicações no solo, o localizado foi o que apresentou maior concentração do micronutriente.

Tabela 3. Média das concentrações de zinco no solo (mg por dm³), após os cultivos do sorgo cv. BR 304 e, resumo da análise de variância

Tratamentos	Zn	
	1º cultivo	2º cultivo
Testemunha (T ¹)	0,30	0,10
Zn via solo incorporado (T ²)	0,70	0,60
Zn via solo localizado (T ³)	0,40	2,40
Zn via foliar (T ⁴)	0,30	0,10
Zn via semente (T ⁵)	0,70	1,90
C.V.%	15,0	25,0
Teste F		
T ¹ vs demais	36,30 ^{**}	76,40 ^{**}
T ² vs T ³	63,50 ^{**}	112,60 ^{**}
T ⁴ vs T ⁵	70,80 ^{**}	117,90 ^{**}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	2,50 ^{ns}	20,60 ^{**}

^{**}, * e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P < 0,05).

4.1.2 Efeito dos tratamentos sobre a nutrição do sorgo

Os teores e acúmulos de macronutrientes e dos micronutrientes boro, cobre, ferro e manganês na parte aérea do sorgo não foram influenciados pelos tratamentos (Tabelas 4, 5, 6 e 7).

Observa-se nas tabelas 4 e 5, que a aplicação foliar de zinco proporcionou maior teor de Zn na parte aérea das plantas, diferindo dos demais tratamentos, em ambos os cultivos. Comportamento semelhante foi observado para o acúmulo de zinco na parte aérea das plantas (Tabelas 6 e 7). No entanto, ressalta-se que os teores foliares de Zn no tratamento zinco foliar podem estar superestimados, devido ao resíduo do fertilizante na superfície das folhas. Isso pode refletir em altos teores do micronutriente, por contaminação, mesmo seguindo a metodologia indicada por PERYEA (2005) para lavagem do material vegetal, quando da aplicação de Zn via foliar, não correspondendo desta maneira ao que a planta absorveu e metabolizou efetivamente.

A eficiência de recuperação do zinco dos tratamentos após o primeiro e o segundo cultivos, respectivamente, foram: Zn via solo incorporado (2 e 1%); Zn via solo localizado (1 e 6%); Zn via foliar (42 e 61%) e Zn via semente (0,0 e 0,5%). Com base nesses resultados verifica-se que a taxa de recuperação do zinco para o tratamento Zn via foliar varia muito em relação aos demais tratamentos, indicando uma provável contaminação do fertilizante que permaneceu com resíduo sobre as folhas não sendo removido pela lavagem, não representando o que realmente a planta absorveu e metabolizou. Por outro lado, chama a atenção à baixa recuperação do Zn aplicado via sementes, o que pode indicar que até esse período de crescimento da planta foram usadas as reservas de zinco na semente.

Os teores foliares de Zn na parte aérea do tratamento testemunha, Zn via solo (incorporado e localizado) e Zn via semente estão dentro da faixa de suficiência sugerida por MARTINEZ et al. (1999) igual a 12-20 mg Zn kg⁻¹. Já CANTARELLA et al. (1997) indicam como adequados os teores entre 15 e 50 mg Zn kg⁻¹ e, MALAVOLTA (1980) indica 20 mg Zn kg⁻¹ como limite superior, não indicando o teor inferior. Porém, os valores sugeridos por esses autores foram obtidos em experimentos em condições

de campo; na literatura não foram encontrados teores de referência para o sorgo em condições de casa de vegetação. Ainda nas tabelas 6 e 7, observa-se que de modo geral, o acúmulo de zinco foi maior no segundo cultivo, devendo-se isso à maior produção de massa seca pelas plantas no segundo cultivo de sorgo.

Tabela 4. Média dos teores de macronutrientes (g por kg) e micronutrientes (mg por kg) na parte aérea, após o primeiro cultivo de plantas de sorgo cv. BR 304 e resumo da análise de variância

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Testemunha (T ¹)	21,8	1,9	26,4	4,3	2,8	1,5	11	5	66	144	15
Zn via solo incorporado (T ²)	22,4	1,7	26,0	4,2	2,6	1,5	12	5	74	151	36
Zn via solo localizado (T ³)	22,5	1,8	27,1	4,1	2,8	1,5	11	4	65	143	18
Zn via foliar (T ⁴)	23,7	1,9	27,6	3,9	2,6	1,7	11	4	71	150	169
Zn via semente (T ⁵)	22,9	1,9	25,7	4,0	2,5	1,6	11	4	79	138	16
C.V.%	6,0	8,0	5,0	9,0	9,0	8,0	7,0	17,0	13,0	8,0	17,0
Teste F											
T ¹ vs demais	2,80 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,20 ^{ns}	2,00 ^{ns}	1,50 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,70 ^{ns}	0,10 ^{ns}	116,20 ^{**}
T ² vs T ³	0,005 ^{ns}	2,10 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,70 ^{ns}	1,60 ^{ns}	2,60 ^{ns}	1,30 ^{ns}	830,80 ^{**}
T ⁴ vs T ⁵	0,90 ^{ns}	0,20 ^{ns}	3,90 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,60 ^{ns}	4,10 ^{ns}	0,70 ^{ns}	1,80 ^{ns}	3,00 ^{ns}	11,40 ^{**}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	2,10 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,30 ^{ns}	1,80 ^{ns}	4,10 ^{ns}	0,08 ^{ns}	2,20 ^{ns}	1,70 ^{ns}	0,20 ^{ns}	306,70 ^{**}

^{**}, * e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P < 0,05).

Tabela 5. Média dos teores de macronutrientes (g por kg) e micronutrientes (mg por kg) na parte aérea, após o segundo cultivo de plantas de sorgo cv. BR 304 e resumo da análise de variância

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Testemunha (T ¹)	23,0	1,3	22,0	4,5	2,2	1,5	17	3	63	107	12
Zn via solo incorporado (T ²)	24,0	1,5	21,0	4,7	2,5	1,5	18	3	82	101	22
Zn via solo localizado (T ³)	21,5	1,4	21,8	5,0	2,2	1,6	21	3	75	102	27
Zn via foliar (T ⁴)	22,4	1,5	21,1	4,6	2,3	1,6	18	3	74	106	145
Zn via semente (T ⁵)	21,8	1,3	22,0	4,5	2,0	1,5	17	3	67	116	16
C.V.%	10,0	17,0	5,0	12,0	12,0	7,0	14,0	23,0	22,0	18,0	19,0
Teste F											
T ¹ vs demais	0,20 ^{ns}	1,50 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,80 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,20 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,20 ^{ns}	94,50 ^{**}
T ² vs T ³	2,90 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,70 ^{ns}	2,10 ^{ns}	3,90 ^{ns}	3,40 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,90 ^{ns}
T ⁴ vs T ⁵	0,10 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,90 ^{ns}	0,10 ^{ns}	2,50 ^{ns}	3,00 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	605,80 ^{**}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	0,40 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,50 ^{ns}	2,30 ^{ns}	0,30 ^{ns}	2,50 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,30 ^{ns}	222,00 ^{**}

^{**}, * e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P<0,05).

Tabela 6. Média do acúmulo de macronutrientes (g por vaso) e micronutrientes (mg por vaso) na parte aérea, após o primeiro cultivo de plantas de sorgo cv. BR 304 e resumo da análise de variância

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Testemunha (T ¹)	0,43	0,04	0,52	0,08	0,06	0,03	0,21	0,10	1,30	2,80	0,30
Zn via solo incorporado (T ²)	0,43	0,03	0,49	0,08	0,05	0,03	0,22	0,10	1,40	2,90	0,70
Zn via solo localizado (T ³)	0,44	0,04	0,53	0,08	0,05	0,03	0,21	0,09	1,30	2,80	0,40
Zn via foliar (T ⁴)	0,44	0,03	0,51	0,07	0,05	0,03	0,21	0,09	1,30	2,80	3,10
Zn via semente (T ⁵)	0,42	0,04	0,48	0,07	0,04	0,03	0,20	0,10	1,50	2,50	0,30
C.V.%	8,0	14,0	9,0	6,0	14,0	8,0	8,0	11,0	14,0	12,0	19,0
Teste F											
T ¹ vs demais	0,004 ^{ns}	2,90 ^{ns}	0,60 ^{ns}	2,70 ^{ns}	2,40 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,20 ^{ns}	80,60 ^{**}
T ² vs T ³	0,20 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,30 ^{ns}	3,30 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,20 ^{ns}	8,40 [*]
T ⁴ vs T ⁵	0,30 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,90 ^{ns}	2,30 ^{ns}	589,80 ^{**}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,40 ^{ns}	2,70 ^{ns}	0,50 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,90 ^{ns}	210,60 ^{**}

^{**}, ^{*} e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P < 0,05).

Tabela 7. Média do acúmulo de macronutrientes (g por vaso) e micronutrientes (mg por vaso) na parte aérea, após o segundo cultivo de plantas de sorgo cv. BR 304 e resumo da análise de variância

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Testemunha (T ¹)	0,60	0,03	0,60	0,10	0,06	0,04	0,50	0,08	1,70	2,80	0,30
Zn via solo incorporado (T ²)	0,70	0,04	0,60	0,10	0,07	0,04	0,50	0,10	2,30	2,90	0,60
Zn via solo localizado (T ³)	0,60	0,04	0,60	0,10	0,06	0,04	0,55	0,06	2,00	2,60	0,70
Zn via foliar (T ⁴)	0,70	0,04	0,60	0,10	0,07	0,05	0,55	0,07	2,30	3,20	4,40
Zn via semente (T ⁵)	0,60	0,04	0,60	0,10	0,06	0,04	0,50	0,10	1,90	3,00	0,40
C.V.%	11,0	17,0	7,0	12,0	12,0	8,0	14,0	23,0	22,0	15,0	19,0
Teste F											
T ¹ vs demais	1,70 ^{ns}	2,60 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,70 ^{ns}	1,40 ^{ns}	4,00 ^{ns}	0,04 ^{ns}	2,70 ^{ns}	0,20 ^{ns}	72,90 ^{**}
T ² vs T ³	2,10 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,06 ^{ns}	3,50 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,20 ^{ns}
T ⁴ vs T ⁵	1,90 ^{ns}	1,80 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,90 ^{ns}	3,30 ^{ns}	4,10 ^{ns}	2,10 ^{ns}	0,008 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,50 ^{ns}	469,70 ^{**}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	0,08 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,10 ^{ns}	2,50 ^{ns}	181,80 ^{**}

^{**}, * e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P < 0,05).

4.1.3 Efeito dos tratamentos sobre o crescimento e na produção de massa seca do sorgo

A adubação com zinco, independentemente do modo de aplicação, não afetou em ambos os cultivos o número de folhas, o diâmetro do caule e o número de internódios, quando comparado à testemunha (Tabelas 8 e 9). Resultados semelhantes foram observados para a altura e massa seca da parte aérea das plantas no primeiro cultivo (Tabela 8) e, para a área foliar no segundo cultivo (Tabela 9). Para a área foliar no primeiro cultivo, o tratamento foliar diferiu significativamente da aplicação de Zn via sementes, porém, não diferiu dos demais tratamentos (Tabela 8). No segundo cultivo houve diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que para a altura, a aplicação de Zn no solo (incorporado e localizado) proporcionou maior altura nas plantas de sorgo comparado ao tratamento em que o zinco foi aplicado via foliar e semente (Tabela 9). Para a massa seca da parte aérea do sorgo, os tratamentos diferiram significativamente da testemunha, sendo que a aplicação de Zn via foliar e semente proporcionou maior massa, comparada ao tratamento em que o zinco foi aplicado no solo (incorporado e localizado).

Tabela 8. Médias do diâmetro do caule (mm), número de folhas, número de internódios, altura (cm), área foliar (cm^2) e massa seca da parte aérea (g por vaso), após o primeiro cultivo de plantas de sorgo cv. BR 304 e resumo da análise de variância

Tratamentos	Diâmetro do caule	Nº folhas	Nº internódios	Altura	Área foliar	Massa seca parte aérea
Testemunha (T ¹)	10,00	7,0	8,0	95,20	674,80	19,70
Zn via solo incorporado (T ²)	9,90	7,0	8,0	92,20	651,10	19,00
Zn via solo localizado (T ³)	10,20	7,0	8,0	94,60	685,80	19,40
Zn via foliar (T ⁴)	10,30	7,0	8,0	94,60	699,30	18,40
Zn via semente (T ⁵)	10,00	6,0	9,0	94,60	622,70	18,50
C.V.%	4,0	9,0	9,0	4,0	4,0	7,0
Teste F						
T ¹ vs demais	0,20 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,50 ^{ns}	1,90 ^{ns}
T ² vs T ³	1,10 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,80 ^{ns}	3,70 ^{ns}	0,30 ^{ns}
T ⁴ vs T ⁵	1,90 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,07 ^{ns}	17,90 ^{**}	0,01 ^{ns}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	0,10 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,80 ^{ns}

^{**}, * e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P < 0,05).

Tabela 9. Médias do diâmetro do caule (mm), número de folhas, número de internódios, altura (cm), área foliar (cm^2) e massa seca da parte aérea (g por vaso), após o segundo cultivo de plantas de sorgo cv. BR 304 e resumo da análise de variância

Tratamentos	Diâmetro do caule	Nº folhas	Nº internódios	Altura	Área foliar	Massa seca parte aérea
Testemunha (T ¹)	8,70	9,0	7,0	103,90	945,90	26,50
Zn via solo incorporado (T ²)	8,50	8,0	7,0	106,10	1048,80	28,60
Zn via solo localizado (T ³)	8,60	8,0	7,0	103,50	960,40	26,20
Zn via foliar (T ⁴)	8,80	8,0	7,0	105,50	932,00	30,10
Zn via semente (T ⁵)	8,70	8,0	7,0	93,50	889,90	28,30
C.V.%	5,0	5,0	10,0	5,0	11,0	6,0
Teste F						
T ¹ vs demais	0,04 ^{ns}	1,30 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,05 ^{ns}	4,20 [*]
T ² vs T ³	0,10 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,40 ^{ns}	4,40 [*]
T ⁴ vs T ⁵	0,20 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,20 ^{ns}	15,30 ^{**}	1,80 ^{ns}	2,50 ^{ns}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	0,90 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,70 ^{ns}	6,00 [*]	4,00 ^{ns}	5,00 [*]

^{**}, ^{*} e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P < 0,05).

Na literatura são relatadas respostas positivas de aplicações de zinco em cereais, principalmente em milho, arroz e trigo (FAGERIA 2000). Sabe-se que a deficiência de zinco reflete na altura e no rendimento das culturas. No presente trabalho, porém, não foram observados sintomas característicos de deficiência de Zn, ou seja, as plantas de sorgo não tiveram seu crescimento e desenvolvimento inicial prejudicados no tratamento testemunha (sem adição de Zn). Resultados semelhantes foram observados por PEREIRA et al. (1973) em experimento no qual o tratamento que não recebeu zinco produziu, no primeiro cultivo, 675 kg ha⁻¹ de grãos de milho e, no segundo cultivo 2372 kg ha⁻¹. RICHEY et al. (1986) observaram, também, aumento no rendimento de grãos de milho, em safras subseqüentes, nos tratamentos sem adição de zinco. Esses autores associaram os resultados obtidos ao aumento da quantidade de zinco disponível para a planta, devido a mineralização da matéria orgânica e ao aumento do volume de solo explorado pelo sistema radicular. Outra justificativa para a ausência da aplicação de zinco (tratamento testemunha) não afetar a produção de massa seca, bem como as demais variáveis, em ambos os cultivos, pode ser atribuída ao teor inicial de zinco nas sementes de sorgo BR 304 (18 mg de Zn por kg). Isso pode indicar que esse teor foi suficiente para o desenvolvimento inicial das plantas. RASHID & FOX (1992) verificaram que teores iniciais de zinco maiores que 10 mg de Zn por kg em sementes de sorgo foram suficientes para não limitar a produção da cultura, em condições de suficiência dos demais nutrientes. OHSE et al. (1997) não obtiveram diferenças significativas na produção de massa seca com o uso de sulfato de zinco via sementes de arroz, sendo tal fato atribuído pelos autores ao alto teor inicial de Zn nas sementes (16 mg de Zn por kg). Outro ponto a ser considerado é a habilidade do sorgo em aproveitar o Zn do solo. Neste caso, o extrator (DTPA) pode não ter sido suficientemente eficiente para representar a fitodisponibilidade do zinco no solo para a cultura.

4.2 Modos de aplicação de zinco no crescimento inicial do milho

4.2.1 Efeito dos tratamentos no solo

Não houve efeito significativo dos modos de aplicação de zinco nas propriedades químicas do solo (pH, M.O., P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, CTC e V%) e dos micronutrientes B, Cu, Fe e Mn (Tabelas 4, 5 e 6 - Apêndice). Esses resultados eram previstos pelo fato da aplicação de Zn não influenciar nas variáveis analisadas. No entanto, os resultados obtidos permitiram admitir que houvesse condição adequada para o desenvolvimento das plantas.

Quanto ao efeito dos tratamentos nas concentrações de Zn no solo, observa-se na Tabela 10, que houve diferenças significativas entre os tratamentos estudados e a testemunha, em ambos os cultivos. Houve, também, diferença significativa quando a comparação foi realizada em grupo (contraste), sendo que as aplicações no solo (incorporado e localizado) proporcionaram maior concentração do nutriente no solo, diferindo dos tratamentos via foliar e semente. Entre as aplicações no solo, o incorporado foi o que apresentou maior concentração do micronutriente. Esses resultados estão coerentes, pelo fato do Zn incorporado ter sido aplicado em dose total no primeiro cultivo; o localizado ter sido aplicado 1/3 da dose recomendada para o tratamento incorporado; o Zn via semente não ter contato com volume total do solo e, do Zn via foliar ter sido aplicado somente nas folhas, estando o solo protegido durante a aplicação. Resultados semelhantes foram obtidos por GALRÃO (1996) que, comparando métodos de aplicação de zinco na cultura do milho, verificou que as aplicações de Zn via solo (a lanço incorporado e localizado no sulco) proporcionaram maior concentração do nutriente no solo, no primeiro cultivo.

No segundo cultivo, observa-se que entre as aplicações do elemento via solo, o Zn localizado proporcionou maior concentração, diferindo significativamente do Zn incorporado. PRADO et al. (2008), estudando modos de aplicação de zinco na cultura do milho, observaram maior concentração de Zn (6,3 mg por dm³) na camada de 5-10

cm, com o tratamento via solo localizado. GALRÃO (1996) verificou que as aplicações de Zn via solo localizado no sulco proporcionaram maior concentração do nutriente no solo em cultivos subseqüentes de milho. Verificou-se que o contraste entre as aplicações via solo e a aplicação via semente e foliar foi significativo e, dentro desse último grupo, a aplicação de Zn via semente proporcionou maior concentração do micronutriente no solo. Apesar da concentração de zinco no solo determinada no tratamento via semente, estar acima do considerado ideal por FANCELLI & DOURADO NETO (2000) (0,5 a 1,0 mg Zn por dm^3), está abaixo da concentração tóxica obtida por FAGERIA (2000) (60 mg Zn por dm^3).

Tabela 10. Média das concentrações de zinco no solo (mg por dm^3), após os cultivos do milho cv. P30K75 e, resumo da análise de variância

Tratamentos	Zn	
	1º cultivo	2º cultivo
Testemunha (T ¹)	0,10	0,10
Zn via solo incorporado (T ²)	1,10	0,60
Zn via solo localizado (T ³)	0,50	1,40
Zn via foliar (T ⁴)	0,20	0,20
Zn via semente (T ⁵)	0,70	6,30
C.V.%	20,0	26,0
Teste F		
T ¹ vs demais	9,40 ^{**}	75,10 ^{**}
T ² vs T ³	8,90 ^{**}	6,80 ^{**}
T ⁴ vs T ⁵	5,00 [*]	444,60 ^{**}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	13,60 ^{**}	121,50 ^{**}

^{**}, ^{*} e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P < 0,05).

4.2.2. Efeitos dos tratamentos sobre a nutrição do milho

Os teores e acúmulos de macronutrientes e dos micronutrientes boro, cobre, ferro e manganês na parte aérea do milho não foram influenciados pelos tratamentos, em ambos os cultivos e o cobre no segundo cultivo (Tabelas 11, 12, 13 e 14).

Quanto aos teores e acúmulos de zinco na parte aérea das plantas de milho, observa-se que os tratamentos diferiram significativamente da testemunha. O modo de aplicação foliar proporcionou os maiores teores e acúmulos, em ambos os cultivos. Os teores e acúmulos de Zn na parte aérea, dos tratamentos com a aplicação do micronutriente via solo foram semelhantes, no primeiro cultivo (Tabelas 11 e 13). No segundo cultivo, entre as aplicações no solo, a aplicação de zinco localizada proporcionou maior teor e acúmulo de Zn (Tabelas 12 e 14).

A eficiência de recuperação do zinco dos tratamentos após o primeiro e o segundo cultivo, respectivamente, foram: Zn via solo incorporado (1 e 1%); Zn via solo localizado (3 e 10%); Zn via foliar (32 e 29%) e Zn via semente (0,2 e 0,8%). Com base nesses resultados podemos verificar que a taxa de recuperação do zinco para o tratamento Zn via foliar varia muito em relação aos demais tratamentos, indicando que possivelmente tenha ocorrido uma contaminação do fertilizante, não representando o que realmente a planta absorveu e metabolizou. Observa-se a diferença na taxa de recuperação do zinco entre os cultivos, com relação ao tratamento localizado, indicando o aproveitamento do nutriente do cultivo anterior. Por outro lado, chama a atenção à baixa recuperação do Zn aplicado via sementes, o que pode indicar que para o crescimento inicial da cultura, foram utilizadas as reservas de zinco nas sementes.

Ressalta-se que o teor de zinco na parte aérea das plantas obtidos com a aplicação de zinco via foliar podem estar superestimados, devido ao resíduo do fertilizante na superfície das folhas, embora as plantas de milho sejam tolerantes ao excesso de zinco, acumulando o nutriente nos vacúolos, permanecendo uma concentração baixa no citoplasma (STOREY 2006). Ressalta-se, também, que o método químico de análise foliar determina o teor total do elemento, que pode computar o Zn pouco solúvel, na forma de precipitados e, portanto, não ativo para a planta.

Resultados semelhantes foram obtidos por PRADO et al. (2008) que verificaram altos teores de Zn na parte aérea de milho com aplicações foliares de Zn, diferindo dos modos de aplicação via semente via solo (incorporado e localizado). Os resultados obtidos no presente trabalho, em função da aplicação foliar no primeiro cultivo, foram de 125 mg Zn por kg e no segundo cultivo foi de 156 mg Zn por kg, valores que estão

acima do teor adequado sugerido por COSTA et al. (2008) que é de 16 mg Zn por kg. No entanto, os teores estão abaixo da faixa considerada tóxica de 427 mg Zn por kg para o milho, obtida por FAGERIA (2000). Na literatura há divergências com relação aos níveis de zinco nas folhas de milho. ROSOLEM & FRANCO (2000) consideram como ideais níveis entre 20 e 70 mg Zn por kg¹. MALAVOLTA et al. (1997) indicam como ideal os teores entre 15 - 50 mg Zn por kg, por ocasião do florescimento. Segundo GALRÃO (1995) o nível crítico nas folhas de milho é de 18,5 mg Zn por kg, enquanto FURLANI & FURLANI (1996) determinaram como adequado o teor de 17 mg Zn por kg¹ na massa seca de folhas maduras recém-expandidas. MILSS & JONES (1996) consideram os valores entre 25 - 100 mg Zn por kg, nas folhas localizadas na base da espiga, como ideais. Observa-se que os teores obtidos neste estudo estão próximos aos relatados na literatura, no entanto, ressalta-se que os tipos de folhas amostradas para determinação do teor de zinco e também a época de amostragem diferem do presente trabalho.

Tabela 11. Média dos teores de macronutrientes (g por kg) e micronutrientes (mg por kg) na parte aérea, após o primeiro cultivo de plantas de milho cv. P30 K75 e resumo da análise de variância

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Testemunha (T ¹)	17,6	1,2	21,1	6,6	2,1	1,7	19	2	87	144	8
Zn via solo incorporado (T ²)	18,5	1,1	20,6	6,0	2,1	1,7	18	3	77	128	13
Zn via solo localizado (T ³)	16,9	1,1	19,9	6,3	2,0	1,7	16	2	82	127	13
Zn via foliar (T ⁴)	18,1	1,1	21,0	6,7	2,2	1,8	18	3	86	133	135
Zn via semente (T ⁵)	17,0	1,0	20,5	6,1	2,1	1,5	17	3	77	127	16
C.V.%	9,0	13,0	7,0	10,0	6,0	14,0	11,0	18,0	15,0	6,0	17,0
Teste F											
T ¹ vs demais	0,001 ^{ns}	2,04 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,70 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,008 ^{ns}	2,20 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,35 ^{ns}	137,10 ^{**}
T ² vs T ³	2,60 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,01 ^{ns}
T ⁴ vs T ⁵	1,20 ^{ns}	2,50 ^{ns}	0,40 ^{ns}	2,50 ^{ns}	1,40 ^{ns}	3,20 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	1,30 ^{ns}	1,05 ^{ns}	945,50 ^{**}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	0,05 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,002 ^{ns}	514,80 ^{**}

^{**}, * e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P < 0,05).

Tabela 12. Média dos teores de macronutrientes (g por kg) e micronutrientes (mg por kg) na parte aérea, após o segundo cultivo de plantas de milho cv. P30 K75 e resumo da análise de variância

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Testemunha (T ¹)	18,0	0,8	30,3	5,6	1,9	1,0	20	3	72	92	10
Zn via solo incorporado (T ²)	18,7	0,8	26,1	5,6	2,0	1,1	23	3	72	95	18
Zn via solo localizado (T ³)	20,7	0,9	31,9	6,5	2,2	1,2	22	3	78	93	38
Zn via foliar (T ⁴)	21,8	1,0	30,6	5,1	2,2	1,2	21	3	77	94	156
Zn via semente (T ⁵)	19,5	0,9	21,7	5,8	2,0	1,1	22	3	74	96	44
C.V.%	11,0	14,0	19,0	12,0	19,0	17,0	14,0	22,0	9,0	7,0	22,0
Teste F											
T ¹ vs demais	4,10 ^{ns}	1,70 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,80 ^{ns}	3,30 ^{ns}	2,20 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,40 ^{ns}	87,8 ^{**}
T ² vs T ³	1,90 ^{ns}	1,70 ^{ns}	2,60 ^{ns}	4,00 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,40 ^{ns}	7,30 ^{**}
T ⁴ vs T ⁵	0,01 ^{ns}	3,20 ^{ns}	0,10 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,10 ^{ns}	2,10 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,05 ^{ns}	235,10 ^{**}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	0,20 ^{ns}	3,30 ^{ns}	0,70 ^{ns}	3,60 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}	192,60 ^{**}

^{**}, * e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P<0,05).

Tabela 13. Média do acúmulo de macronutrientes (g por vaso) e micronutrientes (mg por vaso) na parte aérea, após o primeiro cultivo de plantas de milho cv. P30 K75 e resumo da análise de variância

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Testemunha (T ¹)	0,60	0,04	0,80	0,20	0,07	0,06	0,70	0,08	3,20	3,3	0,30
Zn via solo incorporado (T ²)	0,60	0,04	0,75	0,20	0,08	0,06	0,60	0,09	2,80	3,5	0,50
Zn via solo localizado (T ³)	0,70	0,04	0,70	0,20	0,07	0,06	0,60	0,09	3,00	3,4	0,50
Zn via foliar (T ⁴)	0,60	0,04	0,70	0,20	0,07	0,06	0,60	0,09	2,90	3,1	4,60
Zn via semente (T ⁵)	0,60	0,04	0,80	0,20	0,07	0,06	0,60	0,09	2,90	3,6	0,60
C.V.%	10,0	17,0	9,0	10,0	9,0	13,0	13,0	10,0	15,0	12,0	23,0
Teste F											
T ¹ vs demais	0,03 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,40 ^{ns}	2,50 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,30 ^{ns}	67,30 ^{**}
T ² vs T ³	2,90 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,30 ^{ns}	4,10 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,006 ^{ns}
T ⁴ vs T ⁵	0,70 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,002 ^{ns}	2,20 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,004 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,02 ^{ns}	447,90 ^{**}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	1,20 ^{ns}	1,70 ^{ns}	0,006 ^{ns}	1,60 ^{ns}	2,20 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,60 ^{ns}	249,80 ^{**}

^{**}, * e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P < 0,05).

Tabela 14. Média do acúmulo de macronutrientes (g por vaso) e micronutrientes (mg por vaso) na parte aérea, após o segundo cultivo de plantas de milho cv. P30 K75 e resumo da análise de variância

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Testemunha (T ¹)	0,50	0,02	0,90	0,20	0,06	0,03	0,60	0,08	2,00	2,70	0,30
Zn via solo incorporado (T ²)	0,50	0,02	0,80	0,20	0,06	0,03	0,65	0,08	2,10	2,70	0,50
Zn via solo localizado (T ³)	0,50	0,02	0,80	0,20	0,06	0,03	0,55	0,09	2,00	2,30	1,00
Zn via foliar (T ⁴)	0,60	0,03	0,90	0,15	0,06	0,03	0,60	0,08	2,10	2,70	4,20
Zn via semente (T ⁵)	0,60	0,03	1,00	0,20	0,06	0,03	0,70	0,09	2,10	2,60	1,40
C.V.%	12,0	15,0	17,0	15,0	15,0	18,0	18,0	11,0	8,0	15,0	23,0
Teste F											
T ¹ vs demais	1,70 ^{ns}	3,10 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,70 ^{ns}	4,00 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,60 ^{ns}	189,60 ^{**}
T ² vs T ³	0,05 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,90 ^{ns}	2,50 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,90 ^{ns}	12,70 ^{**}
T ⁴ vs T ⁵	0,08 ^{ns}	1,90 ^{ns}	1,40 ^{ns}	4,10 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,10 ^{ns}	428,50 ^{**}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	0,20 ^{ns}	4,00 ^{ns}	4,00 ^{ns}	0,50 ^{ns}	3,20 ^{ns}	2,90 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,90 ^{ns}	453,80 ^{**}

^{**}, * e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P<0,05).

4.2.3. Efeito dos tratamentos sobre o crescimento e na produção de massa seca do milho

A adubação com zinco, independentemente do modo de aplicação, não influenciou em ambos os cultivos o diâmetro do caule, o número de folhas e número de internódios das plantas de milho (Tabelas 15 e 16). Resultados semelhantes foram encontrados para a altura das plantas no primeiro cultivo. A aplicação de zinco no primeiro cultivo proporcionou maior área foliar quando comparada à testemunha. Para esse parâmetro de crescimento, observou-se que o Zn aplicado via solo incorporado promoveu maior área foliar, comparado ao Zn aplicado na forma localizada. No entanto, as aplicações no solo não diferenciaram dos tratamentos foliares e na semente (Tabela 15). Os resultados obtidos discordam dos relatados por FURLANI et al. (2005) e FURLANI & FURLANI (1996), que observaram efeito significativo do Zn nas variáveis de crescimento altura e massa seca das plantas.

Ainda na Tabela 15, verifica-se que a massa seca das plantas de milho não foi influenciada pelos modos de aplicação, porém, as aplicações de zinco nas sementes proporcionaram maior incremento da massa seca, comparada às aplicações foliares, não diferindo, entretanto, dos demais tratamentos. A semelhança entre os modos de aplicação no crescimento do milho, no primeiro cultivo, concorda com os dados obtidos por GALRÃO (1994) que, estudando modos de aplicação de Zn, observou que aplicações do micronutriente nas sementes não diferiram significativamente das aplicações no solo (incorporado e localizado no sulco de plantio).

Tabela 15. Médias do diâmetro do caule (mm), número de folhas, número de internódios, altura (cm), área foliar (cm²) e massa seca da parte aérea (g por vaso), após o primeiro cultivo de plantas de milho cv. P30 K75 e resumo da análise de variância

Tratamentos	Diâmetro do caule	Nº folhas	Nº internódios	Altura	Área foliar	Massa seca parte aérea
Testemunha (T ¹)	8,80	8,0	7,0	89,00	924,20	36,00
Zn via solo incorporado (T ²)	8,80	8,0	8,0	90,90	1135,80	36,60
Zn via solo localizado (T ³)	8,90	8,0	9,0	91,00	993,20	36,40
Zn via foliar (T ⁴)	9,00	8,0	9,0	94,20	1003,30	34,10
Zn via semente (T ⁵)	8,80	7,0	8,0	94,60	1050,50	37,50
C.V.%	9,0	8,0	10,0	5,0	10,0	7,0
Teste F						
T ¹ vs demais	0,008 ^{ns}	2,20 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,80 ^{ns}	5,30 ^{**}	0,01 ^{ns}
T ² vs T ³	0,01 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,002 ^{ns}	4,50 [*]	0,007 ^{ns}
T ⁴ vs T ⁵	0,20 ^{ns}	2,70 ^{ns}	2,30 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,50 ^{ns}	5,20 ^{**}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	0,0001 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,70 ^{ns}	3,00 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,50 ^{ns}

^{**}, ^{*} e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P < 0,05).

As aplicações foliares e nas sementes proporcionaram maior altura, maior área foliar e incremento de massa seca da parte aérea das plantas de milho, no segundo cultivo, comparado ao tratamento em que o Zn foi aplicado via solo (incorporado e localizado). Entretanto, para essas variáveis os modos de aplicação não diferiram da testemunha (Tabela 16). Resultados semelhantes foram observados por GALRÃO (1996) que relatou efeitos positivos no milho com a aplicação de zinco via sementes (40 g de Zn por kg de sementes), na forma de óxido. E, também, observou que os tratamentos Zn via semente e via foliar na cultura do milho não diferiram significativamente quanto à produção de grãos. PRADO et al. (2007) observaram, com a utilização de óxido de zinco nas sementes de milho, incremento na produção de massa seca da parte aérea, das raízes e da planta inteira. RIBEIRO (1993) verificou resposta positiva do Zn aplicado nas sementes de milho, proporcionando incremento na massa seca das plantas. No entanto, LEAL et al. (2007) não observaram diferença significativa na produção de massa seca da parte aérea, raízes e planta inteira das plântulas de milho aos 28 dias de cultivo, com a aplicação de zinco nas sementes, utilizando como fonte sulfato de zinco. ROSOLEM & OLIVEIRA (1998), avaliando a produção de massa seca do milho até os 45 dias de cultivo, em função da aplicação de sulfato de zinco nas sementes de milho, observaram que não houve efeito significativo dos tratamentos sobre a produção de massa seca da parte aérea e raízes das plantas de milho.

Tabela 16. Médias do diâmetro do caule (mm), número de folhas, número de internódios, altura (cm), área foliar (cm²) e massa seca da parte aérea (g por vaso), após o segundo cultivo de plantas de milho cv. P30 K75 e resumo da análise de variância

Tratamentos	Diâmetro do caule	Nº folhas	Nº internódios	Altura	Área foliar	Massa seca parte aérea
Testemunha (T ¹)	9,10	8,0	7,0	96,60	997,10	29,50
Zn via solo incorporado (T ²)	8,20	8,0	7,0	88,10	964,50	28,00
Zn via solo localizado (T ³)	7,90	8,0	7,0	88,50	919,90	24,70
Zn via foliar (T ⁴)	8,30	8,0	7,0	103,20	1344,00	29,30
Zn via semente (T ⁵)	8,60	8,0	7,0	101,80	1279,20	32,00
C.V.%	13,0	9,0	9,0	11,0	18,0	11,0
Teste F						
T ¹ vs demais	2,70 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,80 ^{ns}	0,40 ^{ns}
T ² vs T ³	0,10 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,10 ^{ns}	2,50 ^{ns}
T ⁴ vs T ⁵	0,20 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,80 ^{ns}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	0,70 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,20 ^{ns}	9,60 ^{**}	17,80 ^{**}	9,00 ^{**}

^{**}, * e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P < 0,05).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO, D. C.; PAULSEN, G. M.; MURPHY, L. S. Phosphorus-iron and phosphorus-zinc relationships in corn seeding affected by mineral nutrition. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, p.36-39, 1971.
- AGRIANUAL 2008: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo, 2008. 504p.
- ALVAREZ V., V. H.; DEFELIPO, B. V.; BARROS, N. F. Resposta do sorgo à aplicação de micronutrientes num Latossolo Vermelho-Amarelo de Itamarandiba, Minas Gerais. **Ceres**, Viçosa, v.25, p.79-86, 1978.
- ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A. C. Interação calcário x zinco sobre a produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.78, n.3, p.331-345, 2003.
- ARZOLLA, J. D. P.; HAAG, H. P.; MALAVOLTA, E. 1955/1956. Nota preliminar sobre a absorção e a translocação do radiozinco. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queirós"**, USP (Piracicaba) 12/13: 113 – 120.
- BARBOSA FILHO, M. P.; DYNIA, J. F.; ZIMMERMANN, F. J. P. Resposta do arroz de sequeiro ao zinco e ao cobre, com efeito residual para o milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, n.3, p.333-338, 1990.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Método de análises química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).
- BERTON, R. S.; VALADARES, J. M. A. S.; CAMARGO, O. A.; BATAGLIA, O. C. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO₃ na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.21, p.685-691, 1997.
- BOAWN, L. C.; LEGGET, G. E. Zinc deficiency of the Russet Burbank potato. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v.27, p.137-141, 1963.
- BORKERT, C. M. **Micronutrientes na planta**. In: BÜLL, L.T.; ROSOLEM, C.A. Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. p.309-329.
- CANTARELLA, H.; FURLANI, P. R. **Arroz de sequeiro**. In: RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2^a ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p.48-49 (Boletim Técnico,100).

- COSTA, R. S. S. **Aplicação de quelatos de zinco em um solo deficiente cultivado com milho em casa de vegetação**. Jaboticabal, 2008. 31p. (Dissertação de Mestrado) Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista Jaboticabal. 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 1999, 412p.
- ESTAT. **Sistema para Análises Estatísticas** (1997), Pólo Computacional/Departamento de Ciências Exatas, UNESP/FCAV – Campus de Jaboticabal.
- FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, v.4, n.3, p.390-395, 2000.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; CLARK, R. B. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**, Newark, v.77, p.185-268, 2002.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção do milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
- FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A. A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, p.131-138, 2001.
- FREDERIKSEN, R. A. **Compendium of Sorghum diseases**. St. Paul: American Phytopathological Society, 2000.
- FURLANI, A. M. C.; CLARK, R. B.; SULLIVAN, C. Y.; MARANVILLE, J. W. Sorghum genotype differences to leaf "red speckling" induced by phosphorous. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v.9, p.1435-1451, 1986.
- FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P. R. Resposta de cultivares de milho a zinco em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v.55, n.2, p.365-369, 1996.
- FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P. R.; MEDA, A. R.; DUARTE, A. P. Eficiência de cultivares de milho na absorção e utilização de zinco. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.62, n.3, p.264-273, 2005.
- GALRÃO, E. Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo do milho num Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.18, n.2, p.229-233, 1994.

- GALRÃO, E. Z. Níveis críticos de zinco para o milho cultivado em latossolo vermelho-amarelo, fase cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 19:255-260, 1995.
- GALRÃO, E. Z. Métodos de aplicação de zinco e avaliação de sua disponibilidade para o milho num Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, fase cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.283-289, 1996.
- GALRÃO, E. Z. **Micronutrientes**. In: Cerrado: correção do solo e adubação. SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.). Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, p.185-226, 2004.
- GALRÃO, E. Z.; MESQUITA FILHO, M. V. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 5, n.3, p.167-70, 1981.
- GUIMARÃES, F. B. **Resistência dilatária à antracnose (*Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson) do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. Viçosa (Dissertação de Mestrado) Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa. 1996.
- HEWITT, E. J.; JONES, E. W.; MILES, P. The production of copper, zinc and molybdenum deficiencies in crop plants grown in a culture with special reference to some effects of water supply and seed reserves. **Plants and Soil**, Dordrecht, v.5, n.3, p.205-222, 1954.
- KITAGISHI, K.; OBATA, H. Effects of zinc deficiency on the nitrogen metabolism of meristematic tissue of rice plants with reference to protein synthesis. **Soil Science Plant Nutrition**, Boston, v.32, p.397-405, 1986.
- KITAGISHI, K.; OBATA, H.; KONDO, T. Effect of zinc deficiency on 80s ribosome content of meristematic tissue of rice plant. **Soil Science Plant Nutrition**, Boston, v.33, p.423-429, 1987.
- LEAL, R. M.; FRANCO, C. F.; BRAGHIROLI, L. F.; ARTUR, A. G.; SABONARO, D. A.; BETTINI, M.; PRADO, R. M. Efeito da aplicação de zinco em sementes sobre a nutrição e a produção de massa seca de plantas de milho. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.29, n.4, p.491-496, 2007.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

- MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: Rena, A. B.;MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds), **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Pp.165-275. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba. 1986.
- MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A. E.; PAULINO, V. T. Micronutrientes: uma visão geral. In: FERREIRA, M. E; CRUZ, M.C.P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. p.1-34.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado Nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2^o ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. London:Academic Press, 1995. 889p.
- MARTENS, D. C.; WASTERMANN, D. T. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M., eds. Micronutrients in agriculture. 2.ed. Madison, **Soil Science Society of América**, 1991. p.549-592.
- MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G. de.; SOUZA, R. B. de. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (eds.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.143-168.
- MENGEL, K., KIRKBY, A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 687p, 1987.
- MILLS, H. A.; JONES, J. B. **Plant Analysis Handbook II**. Athens, GA: MicroMacro Publishing, 1996.
- MORAGHAN, J.T.; MASCAGNI JR., H.J. Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicities. In: **Micronutrients in Agriculture**. 2^a ed. P.371-426. J. J. MORTVEDT, ed. Soil Science Society of América, Inc., Madson. 760p., 1991.
- OBATA, H.; UMEBAYASHI, M. Effect of zinc deficiency on protein synthesis in cultured tobacco plant cells. **Soil Science Plant Nutrition**, Boston, v.34, p.351-357, 1988.

- OHSE, S.; SANTOS, O. S.; MENEZES, N. L.; SCHIMIDT, D. Efeito de fontes e doses de zinco sobre a germinação e vigor de sementes de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, São Paulo, v.19, n.2, p.369-373, 1997.
- OLSEN, S. R. **Micronutrients interactions**. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. Micronutrients in agriculture. Madison: Soil Science Society of America, p.243-264, 1972.
- PAULA, M. B.; CARVALHO, J. G.; NOGUEIRA, F. D.; MESQUITA, H. A. Curva de resposta e avaliação de extratores para zinco disponível em solos hidromórficos e aluviais sob arroz inundado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.15, n.1, p.49-55, 1999.
- PEREIRA, J.; VIEIRA, I.F.; MORAES, E.A.; REGO, A.S. Níveis de sulfato de zinco em milho (*Zea mays* L.) em solos do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.8, n.7, p.187-191, 1973.
- PERYEA, F. J. Sample washing procedures influence mineral element concentrations in zinc-sprayed apple leaves. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v.36, p.2923-2931, 2005.
- PINAZZA, L. A. Perspectivas da cultura do milho e do sorgo no Brasil. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.63-145.
- PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M.; MOURO, M. C. Acúmulo de nutrientes na parte aérea do milho cv. P30K75 em função da aplicação de fontes de zinco via semente. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.82, p.127-133, 2007.
- PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; ROZANE, D. E.; VIDAL, A. A.; MARCELO, A. V. Modos de aplicação de zinco na nutrição e na produção de matéria seca do milho BRS 1001. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.24, n.1, p.67-74, 2008.
- PRASK, J. A.; PLOCKE, D. J. A role for zinc in the structural integrity of the cytoplasmic ribosomes of *Euglena gracilis*. **Plant Physiology**, Bethesda, v.48, p.150-155, 1971.
- PUMPHREY, F. V.; KOEHLER, F. E.; ALLMARAS, R. R.; ROBERTS, S. Method and rate of applying zinc sulfate for corn on zinc deficient soil in Western Nebraska. **Agronomy Journal**, Madison, 55:235-238, 1963.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343p.
- RAIJ, B. Van. Geoquímica de micronutrientes. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991b. P.99-112.

- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. In: RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. 2ª ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p.1-42 (Boletim técnico, 100).
- RAIJ, B.van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.
- RASHID, A.; FOX, R. L. Evaluating internal zinc requirements of gran crops by seed analysis. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, p.469-474, 1992.
- RIBAS, P. M. *Sorgo: introdução e importância econômica*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 16p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 26).
- RIBEIRO, N. D. *Germinação e vigor de sementes de milho tratadas com fotnes de zinco e boro*. Santa Maria, 1993. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1993.
- RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S. Aproveitamento do zinco na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.26, n.1, p.159-165, 1996.
- 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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, p.215-225, 1986.
- ROSOLEM, C. A.; OLIVEIRA, R. F. Absorção de zinco pelo milho em função do modo de aplicação e fontes de nutrientes. **Científica**, São Paulo, v.26, n.1-2, p.86-93, 1998.
- ROSOLEM, C. A.; FRANCO, G. R. Translocação de zinco e crescimento radicular em milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.807-814, 2000.
- SAKAL, R.; SINGH, A. P.; SINGH, B. P. A comparative study of the different methods and sources of zinc application. **Indian Journal Agricultural Research**, New Delhi, 17: 90-94, 1983.
- SANTOS, O. S.; RIBEIRO, N. D. Fontes de zinco aplicadas em sementes de milho, em solução nutritiva. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.24, p.59-62, 1994.
- SHUMAN, L. M. The effect of soil properties on zinc adsorption by soils. **Proceedings Soil Science Society of America**, Madison, v.39, p.454-458, 1975.

- SILVA, E. S. **Produção de grãos de milho em função de níveis de adubação com zinco e boro aplicados nas sementes e no solo**. Rio Verde, 1989. 43p. (Trabalho de Graduação em Agronomia – Escola Superior de Ciências Agrárias).
- SOARES, M. A. Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 2003, 92p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queirós" - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- SOUZA, E. C. A.; FERREIRA, M. E. Zinco no solo, In: Simpósio sobre micronutrientes na agricultura, FCAV/Unesp, IAC, ANDA, POTAFOS, **Anais...v.1**, p.279-317, 1988.
- SOUZA, E. C. A.; COUTINHO, E. L. M.; NATALE, W.; BARBOSA, J. C. Respostas do milho à adubação com fósforo e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.7, p.1031-1036, 1998.
- STOREY, J. B. Zinc. In:_____. **Handbook of plant nutrition**. Texas: Texas A&M University, 2006. p.411-430.
- TSUNECHIRO, A.; MARIANO, R. M.; MARTINS, V. A. Produção e preços de sorgo no Estado de São Paulo, 1991-2001. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.1, p.15-24, 2002.
- VALIO, I. F. M. **Auxinas**. In: Ferri MG (ed), Fisiologia Vegetal, p.39-72. EPU, São Paulo, 1979.
- VASCONCELLOS, C. A.; SANTOS, H. L.; FRANÇA, G. E. **Recomendações técnicas para o cultivo do sorgo, 1988**. Circular Técnica n.1. Embrapa Milho e Sorgo, 1988.
- VOLKWEISS, S. J. Fontes e métodos de aplicação. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1998, Jaboticabal, **Anais...Piracicaba**, POTAFÓS/CNPq, p.391-412, 1991.
- YAGI, R.; SIMILI, F. F.; ARAÚJO, J. C.; PRADO, R. M.; SANCHEZ, S. V.; RIBEIRO, C. E. R.; BARRETTO, V. C. M. Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.655-660, 2006.
- ZAGO, C. P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4, 1991, Piracicaba. **Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz"**, 1991. p.169-217.

APÊNDICE

Tabela 1. Média de algumas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho, após o primeiro cultivo de plantas de sorgo cv. BR304 e resumo da análise de variância

Tratamentos	pH (CaCl ₂)	M.O.	P (resina)	K	Ca	Mg	(H+Al)	SB	T	V
		g por dm ³	mg por dm ³			mmol _c por dm ³				%
Testemunha (T ¹)	5,6	15	76	3,2	34	3	22	40,2	62,2	65
Zn via solo incorporado (T ²)	5,6	15	82	3,2	32	4	22	39,2	61,2	64
Zn via solo localizado (T ³)	5,6	15	84	3,2	32	4	22	39,2	61,2	64
Zn via foliar (T ⁴)	5,7	15	80	3,1	33	3	23	39,1	62,1	63
Zn via semente (T ⁵)	5,6	15	77	3,0	35	4	22	42,0	64,0	65
C.V.%	2,0	6,0	14,0	12,0	15,0	13,0	7,0	13,0	9,0	6,0
Teste F										
T ¹ vs demais	0,20 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,30 ^{ns}
T ² vs T ³	1,10 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,70 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}
T ⁴ vs T ⁵	0,30 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,001 ^{ns}	2,10 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,70 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,10 ^{ns}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	1,20 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,80 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,30 ^{ns}	2,10 ^{ns}	1,10 ^{ns}

^{**}, ^{*} e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P<0,05).

Tabela 2. Média de algumas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho, após o segundo cultivo de plantas de sorgo cv. BR304 e resumo da análise de variância

Tratamentos	pH (CaCl ₂)	M.O.	P (resina)	K	Ca	Mg	(H+Al)	SB	T	V
		g por dm ³	mg por dm ³			mmol _c por dm ³				%
Testemunha (T ¹)	5,4	16	59	2,6	28	2	21	32,6	53,6	61
Zn via solo incorporado (T ²)	5,6	17	58	2,2	28	2	20	32,2	52,2	62
Zn via solo localizado (T ³)	5,6	17	60	2,2	30	3	21	35,2	56,2	63
Zn via foliar (T ⁴)	5,6	16	55	2,1	27	2	19	31,1	50,1	62
Zn via semente (T ⁵)	5,5	18	57	2,2	26	2	20	30,2	50,2	60
C.V.%	3,0	7,0	16,0	15,0	16,0	19,0	10,0	14,0	9,0	7,0
Teste F										
T ¹ vs demais	2,40 ^{ns}	3,00 ^{ns}	0,20 ^{ns}	3,00 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,90 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,01 ^{ns}
T ² vs T ³	0,20 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,80 ^{ns}	2,10 ^{ns}	4,00 ^{ns}	1,20 ^{ns}	3,40 ^{ns}	0,09 ^{ns}
T ⁴ vs T ⁵	1,10 ^{ns}	2,10 ^{ns}	0,30 ^{ns}	2,80 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,50 ^{ns}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	1,90 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,20 ^{ns}	2,20 ^{ns}	1,90 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,80 ^{ns}	1,00 ^{ns}	2,10 ^{ns}

^{**}, ^{*} e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P<0,05).

Tabela 3. Média dos teores de micronutrientes no solo (mg por dm³) após os cultivos de plantas de sorgo cv. BR 304 e resumo da análise de variância

Tratamentos	1º cultivo				2º cultivo			
	B	Cu	Fe	Mn	B	Cu	Fe	Mn
Testemunha (T1)	0,41	1,4	20	1,6	0,25	1,0	22	1,7
Zn via solo incorporado (T2)	0,42	1,4	20	1,4	0,29	1,1	22	1,7
Zn via solo localizado (T3)	0,42	1,4	20	1,4	0,28	1,1	22	1,7
Zn via foliar (T4)	0,42	1,4	21	1,4	0,30	1,1	22	1,7
Zn via semente (T5)	0,42	1,3	21	1,4	0,28	1,1	21	1,5
C.V.%	8,0	19,0	6,0	17,0	15,0	25,0	8,0	9,0
Teste F								
T1 vs demais	1,20 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,20 ^{ns}
T2 vs T3	0,08 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	3,50 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,20 ^{ns}
T4 vs T5	0,70 ^{ns}	3,90 ^{ns}	1,80 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	1,10 ^{ns}	2,10 ^{ns}	0,30 ^{ns}	2,80 ^{ns}
(T2 + T3) vs (T4 + T5)	0,40 ^{ns}	3,70 ^{ns}	3,60 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,30 ^{ns}	3,20 ^{ns}

^{**}, ^{*} e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P<0,05).

Tabela 4. Média de algumas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho, após o primeiro cultivo de plantas de milho cv. P30 K75 e resumo da análise de variância

Tratamentos	pH (CaCl ₂)	M.O. g por dm ³	P (resina) mg por dm ³	K	Ca	Mg	(H+Al)	SB	T	V
Testemunha (T ¹)	5,4	17	48	1,3	22	3	20	26,3	46,3	57
Zn via solo incorporado (T ²)	5,7	16	49	1,3	21	3	19	25,3	44,3	57
Zn via solo localizado (T ³)	5,6	17	49	1,4	23	3	19	27,4	46,4	59
Zn via foliar (T ⁴)	5,5	16	45	1,2	23	3	20	27,2	47,2	58
Zn via semente (T ⁵)	5,5	16	48	1,3	23	3	20	27,3	47,3	58
C.V.%	8,0	5,0	11,0	17,0	8,0	18,0	5,0	7,0	4,0	4,0
Teste F										
T ¹ vs demais	2,90 ^{ns}	2,10 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,60 ^{ns}	1,90 ^{ns}
T ² vs T ³	0,0001 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,70 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,50 ^{ns}	4,00 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
T ⁴ vs T ⁵	0,0001 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	1,04 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,40 ^{ns}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	0,0001 ^{ns}	2,10 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,60 ^{ns}	2,50 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,05 ^{ns}	3,70 ^{ns}	3,20 ^{ns}

^{**}, ^{*} e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P<0,05).

Tabela 5. Média de algumas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho, após o segundo cultivo de plantas de milho cv. P30 K75 e resumo da análise de variância

Tratamentos	pH (CaCl ₂)	M.O.	P (resina)	K	Ca	Mg	(H+Al)	SB	T	V
		g por dm ³	mg por dm ³			mmol _c por dm ³				%
Testemunha (T ¹)	5,1	15	49	1,3	22	2	25	25,3	50,3	50
Zn via solo incorporado (T ²)	5,2	15	50	1,3	20	2	22	23,3	45,3	51
Zn via solo localizado (T ³)	5,0	16	49	1,6	20	2	24	23,6	47,6	50
Zn via foliar (T ⁴)	5,1	16	48	1,4	23	2	26	26,4	52,4	50
Zn via semente (T ⁵)	5,0	16	48	1,3	21	2	26	24,3	50,3	49
C.V.%	3,0	8,0	12,0	15,0	7,0	19,0	8,0	7,0	5,0	5,0
Teste F										
T ¹ vs demais	1,20 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,50 ^{ns}	3,80 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,20 ^{ns}	2,20 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,02 ^{ns}
T ² vs T ³	2,20 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,20 ^{ns}	4,00 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,30 ^{ns}
T ⁴ vs T ⁵	0,80 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,60 ^{ns}
(T ² + T ³) vs (T ⁴ + T ⁵)	1,90 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,50 ^{ns}	2,80 ^{ns}	2,40 ^{ns}	2,40 ^{ns}	2,70 ^{ns}	0,10 ^{ns}	2,20 ^{ns}

^{**}, ^{*} e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P<0,05).

Tabela 6. Média dos teores de micronutrientes no solo (mg por dm³) após os cultivos de plantas de milho cv. P30K75 e resumo da análise de variância

Tratamentos	1º cultivo				2º cultivo			
	B	Cu	Fe	Mn	B	Cu	Fe	Mn
Testemunha (T1)	-	0,8	15	1,4	0,20	1,1	22	2,1
Zn via solo incorporado (T2)	-	0,9	13	1,5	0,22	1,1	20	2,1
Zn via solo localizado (T3)	-	1,0	15	1,6	0,30	1,0	22	2,0
Zn via foliar (T4)	-	1,0	14	1,6	0,21	1,0	23	2,1
Zn via semente (T5)	-	1,0	14	1,6	0,20	1,0	23	2,2
C.V.%		19,0	5,0	28,0	13,0	19,0	8,0	5,0
Teste F								
T1 vs demais	-	2,10 ^{ns}	2,10 ^{ns}	2,50 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,009 ^{ns}
T2 vs T3	-	0,30 ^{ns}	2,40 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,60 ^{ns}	3,90 ^{ns}	0,30 ^{ns}
T4 vs T5	-	0,03 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}	2,10 ^{ns}
(T2 + T3) vs (T4 + T5)	-	0,30 ^{ns}	1,20 ^{ns}	3,10 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,80 ^{ns}	3,70 ^{ns}	2,10 ^{ns}

^{**}, ^{*} e ^{ns} – Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente. Teste F (P<0,05).