

EFEITOS DO FÓSFORO, ZINCO, COBRE E MOLIBDÊNIO NA
PRODUÇÃO DE FEIJÃO-DE-CORDA CULTIVADO EM CAMBISSOLO
DA CHAPADA DO APODI, CEARÁ

C367630
CATJVO

HUMBERTO ANTÔNIO NUNES MENDES



DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS COMO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

BCT/UFCA
CATJVO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

T
631.4
M491e
1997
ex.1

FORTALEZA - CEARÁ

1997

UFC/BU/BCT 01/10/1997



R646040 Efeitos do fosforo, zinco, cobre e molibde
C367630
T631.4 M491e

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M491e Mendes, Humberto Antônio Nunes.

Efeitos do fósforo, zinco, cobre e molibdênio na produção de feijão-de-corda cultivado em cambissolo da chapada do Apodi, Ceará. / Humberto Antônio Nunes Mendes. – 1997.
71 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 1997.

Orientação: Prof. Dr. Boanerges Freire de Aquino.

1. Agronomia. I. Título.

CDD 630

Esta Dissertação foi submetida a julgamento como parte dos requisitos à obtenção do grau de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Humberto Antônio Nunes Mendes

DISSERTAÇÃO APROVADA EM / / 97

Prof. Boanerges Freire de Aquino, PhD
Orientador da Dissertação

Prof. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez, Dr.

Profª Vera Lucia Baima Fernandes, Mestre

À minha esposa **Paloma**, meus filhos
Rodrigo, Gabriela e Davi.

À meus pais **José Mendes e Mirian.**

À meus irmãos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À coordenação do Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão de bolsa de estudo durante a realização do curso.

Ao professor *Boanerges Freire de Aquino*, pela orientação, amizade e ensinamentos.

Ao professor *Fernando Felipe Ferreyra Hernandez*, pelo apoio, críticas e sugestões apresentadas.

À professora *Vera Lucia Baima Fernandes*, pela colaboração na fase final deste trabalho.

Ao Eng. Agrônomo *Carlos Henrique Martins Ximendes*, pelo apoio e colaboração.

À minha esposa *Paloma*, pelo apoio, incentivo, compreensão e superação de todos os momentos difíceis que surgiram no decorrer do curso.

Ao meu irmão *Heitor*, que nunca mediu esforços para ajudar, em todas as horas, sempre um apoio irrestrito.

À minha irmã *Maria das Dores*, que acreditou e colaborou decisivamente na edição deste trabalho.

À laboratorista *Fátima Rego*, pela paciência e colaboração nas análises químicas.

A todo corpo docente, colegas e funcionários do Departamento de Solos que contribuíram neste estudo.

A todos amigos, irmãos e companheiros, que ajudaram de uma forma ou de outra para conclusão deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 A cultura do feijão-de-corda.....	3
2.2 Elementos minerais e a nutrição da planta.....	5
2.3 O fósforo.....	6
2.4 Os Micronutrientes.....	9
2.4.1 O zinco.....	10
2.4.2 O cobre.....	11
2.4.3 O molibdênio.....	13
2.5 Interações de nutrientes.....	15
3 MATERIAL E MÉTODO.....	19
3.1 O experimento.....	19
3.2 O solo e as plantas usadas no experimento.....	19
3.3 Delineamento experimental.....	22
3.3.1 Tratamentos.....	22
3.3.2 Parâmetros avaliados.....	23
3.3.3 Delineamento e análise estatística.....	23

3.4	Tratos culturais, colheita e análises.....	23
3.4.1	Análise química das plantas.....	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1	Matéria seca da parte aérea.....	27
4.2	Produção de grãos.....	29
4.3	Concentração de fósforo na parte aérea.....	29
4.4	Concentração de zinco na parte aérea.....	36
4.5	Concentração de cobre na parte aérea.....	37
5	CONCLUSÕES.....	43
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
7	APÊNDICE.....	56

LISTA DE QUADROS

QUADROS		PÁGINA
1	Análise física do Cambissolo Latossólico Eutrófico (0-20cm) da Chapada do Apodi, Município de Quixeré, Ceará.....	20
2	Análise química do Cambissolo Latossólico Eutrófico (0-20cm) da Chapada do Apodi, Município de Quixeré, Ceará.....	21
3	Tratamentos e quantidades de fósforo, zinco, cobre e molibdênio utilizados.....	24
4	Adubação básica complementar.....	25
5	Efeito da adubação fosfatada, do zinco, do cobre, do molibdênio e interações no peso da matéria seca e produção de grãos da parte aérea do feijão-de-corda (<i>Vigna unguiculata</i> , L. Walp.).....	30
6	Efeito de diferentes níveis de fósforo, zinco, cobre e molibdênio na concentração média de fósforo, zinco e cobre nos tecidos da parte aérea do feijão-de-corda(<i>Vigna unguiculata</i> , L. Walp).....	38
7	Resumo da análise de variância indicando os valores de F calculado para o peso seco, concentração de fósforo, de zinco, e cobre na parte aérea do feijão-de-corda (<i>Vigna unguiculata</i> , L. Walp), cultivado em Cambissolo da Chapada do Apodi.....	39

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS		PÁGINA
1	Peso médio da matéria seca da parte aérea do feijão-de-corda (<i>Vigna unguiculata</i> , L. Walp) em função das doses de fósforo.....	31
2	Peso médio da matéria seca da parte aérea do feijão-de-corda (<i>Vigna unguiculata</i> , L. Walp): a) em função das doses de zinco x fósforo e b) em função das doses de fósforo x zinco.....	32
3	Peso médio da matéria seca da parte aérea do feijão-de-corda (<i>Vigna unguiculata</i> , L. Walp): a) em função das doses de zinco e b) em função das doses de molibdênio.	33
4	Produção de grãos(g) do feijão-de-corda (<i>Vigna unguiculata</i> , L. Walp) por níveis de fósforo.....	34
5	Concentração de fósforo na parte aérea do feijão-de-corda (<i>Vigna unguiculata</i> , L. Walp): a) em função das doses de fósforo, b) em função das doses de zinco e c) em função das doses de fósforo, zinco, cobre e molibdênio.....	40
6	Concentração de zinco na parte aérea do feijão-de-corda (<i>Vigna unguiculata</i> , L. Walp): em função das doses de zinco, b) em função das doses de fósforo, c) em função das doses de molibdênio e d) em função das doses de cobre.....	41
7	Concentração de cobre na parte aérea do feijão-de-corda (<i>Vigna unguiculata</i> , L. Walp): a) em função das doses de fósforo e b) em função das doses de fósforo, zinco e molibdênio.....	42

RESUMO

O feijão-de-corda é cultivado principalmente nas regiões tropicais e semi-áridas. Tradicionalmente constitui-se em base alimentar para as populações do Nordeste brasileiro, especialmente do Estado do Ceará. Adaptável à diferentes condições climáticas e de solo, é plantado em praticamente todo Estado, inclusive a Chapada do Apodi. Objetivando-se, estudar o efeito da adubação do fósforo, zinco, cobre e molibdênio no rendimento do feijão-de-corda, cultivar EPACE-10, cultivado em Cambissolo Latossólico Eutrófico, instalou-se um experimento em casa de vegetação, Departamento de Ciências do Solo (U. F. C.). Adotou-se um desenho fatorial cruzado $3 \times 2 \times 2 \times 2$, num delineamento experimental inteiramente casualizado, com vinte e quatro tratamentos e três repetições. Os tratamentos constaram de aplicações de três níveis de fósforo (0-600-1200mg de P/5kg solo), dois níveis de zinco (0-20mg de Zn/5kg solo), dois níveis de cobre (0-15mg de Cu/5kg solo) e dois níveis de molibdênio (0-2mg de Mo/ 5kg solo). A colheita foi realizada 65 dias após a semeadura e as seguintes características foram avaliadas: peso da matéria seca da parte aérea, produção de grãos e concentração de fósforo, zinco e cobre na parte aérea. A cultura respondeu significativamente à aplicação de fósforo. Aumentos estatisticamente significativos nas produções de grãos e matéria seca da parte aérea, somente foram verificados para as aplicações de fósforo. O efeito, no entanto, se resumiu entre o tratamento P_0 e P_1 ; P_1 e P_2 não diferiram estatisticamente. A concentração de fósforo na parte aérea sofreu efeito estatisticamente significativo dos níveis de fósforo e zinco, sendo positivo para a adição de fósforo e negativo para a de zinco. A concentração de zinco nos tecidos foi afetada pelos níveis de zinco e fósforo; os efeitos foram antagônicos, pois o fósforo induziu um decréscimo do zinco na parte aérea. A concentração de cobre também foi afetada pelo fósforo; o cobre diminuiu à medida que se aumentou a quantidade de fósforo aplicada. Não houve efeitos significativos das

ABSTRACT

The caupi (known in Brazil as feijão-de-corda) is mainly grown in tropical and semi-arid regions. Traditionally this type of beans make up the basic food used by populations in Northeastern Brazil, specially in the State of Ceará. It is a crop adapted to many different both soil and climate conditions and is planted all over the State including the Apodi plateau area. The objective of the present investigation was to study the effects of applications of Phosphorus, Zinc, Copper and Molybdenum on caupi yield grown in a Cambisol soil under greenhouse conditions. The experimental design was a entirely randomized blocks (a cross factorial 3x2x2x2), with twenty four treatments and three replicates. The treatments were: three rates of Phosphorus (0, 600 and 1200mg P/5kg soil), two rates of Zinc (0 and 20mg Zn/5kg soil), two rates of Copper (0 and 15mg Cu/5kg soil) and two rates of Molybdenum (0 and 2mg Mo/5kg soil). The plants were harvested 65 days after planting, dried on oven at 65 °C and the following parameters were evaluated: tops dry matter weight, grain yield and P, Zn, Cu and Mo top plant concentrations. Dry matter weight and grain yield only significantly responded to P applications. The two highest P rates did not differ significantly. The P top plant concentrations significantly increased with increasing P rates and decreased with Zn rates. The P applications caused a decrease in the level of the plant Zn. The P applications also decreased the level of Cu in the caupi top tissues. It was verified no effects of the individuals applications of Zn and Cu on the tested plant nutrient concentrations. The Cambisol soil was able to satisfactorily supply the plant with the nutrients tested, except Phosphorus.

1 - INTRODUÇÃO

O feijão-de-corda é cultivado, preferencialmente, nas regiões tropicais e subtropicais, constituindo-se em importante fonte protéica para as populações mais pobres, particularmente das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Resistente às condições climáticas adversas, a cultura do caupi adapta-se a diferentes solos por ser pouco exigente em termos nutricionais. Estas características garantem uma maior rusticidade, permitindo ser explorado como cultura de subsistência em todo o Estado do Ceará, principalmente por pequenos agricultores. Com o incremento tecnológico na agricultura, o feijão-de-corda aumentou a produtividade, conquistou mais espaço no mercado, e conseqüentemente expandiu sua produção para regiões de solos mais férteis, como os cambissolos da Chapada do Apodi. Os fertilizantes minerais representam hoje um dos insumos mais importantes para a agricultura, tornando-se imprescindíveis em projetos agrícolas que buscam maior produtividade, além de permitir o aproveitamento de áreas antes consideradas impróprias, representando, portanto, significativa parcela dos investimentos financeiros do produtor numa safra. Os solos do Estado do Ceará, normalmente, apresentam carências nutricionais, sendo que a deficiência mais comum é a de fósforo, pois as formas encontradas nem sempre estão disponíveis aos vegetais. O Cambissolo Latossólico Eutrófico da Chapada do Apodi é um solo bem estruturado, com boa fertilidade natural. Porém, apresenta problema de fósforo, pois a quantidade disponível para a planta encontra-se abaixo dos níveis comumente considerados como críticos, os quais limitam a produtividade. O fósforo é, dos três macronutrientes mais usados em fertilização (NPK), aquele exigido em menor quantidade pelas plantas. No entanto, trata-se do nutriente mais usado em adubação no Brasil. Esse uso elevado é justificado pela pobreza natural dos solos e pela tendência que esse elemento possui de ser fixado pela caulinita e óxidos de ferro e alumínio, minerais comuns nos solos tropicais.

Com relação aos micronutrientes, que são absorvidos em pequenas quantidades pelas culturas, as deficiências são as últimas a aparecerem nos solos cultivados. As carências dos micronutrientes são mais comumente induzidas por propriedades do solo como pH, ou por fatores como: intensificação das produções em solos de alta fertilidade,

cultivo com plantas de alto potencial genético, uso de adubos concentrados e uso de solos de fertilidade natural baixa. Fisiologicamente já foram comprovadas as participações do molibdênio, do cobre e do zinco no metabolismo das leguminosas, com referência especial para a fixação simbiótica do nitrogênio, realizada pelas raízes desta espécie de planta e a bactéria do gênero *rhizobium*.

Assim, este trabalho, conduzido em casa de vegetação, objetiva analisar e estimar as interações do fósforo com alguns micronutrientes (zinco, cobre e molibdênio), bem como seus conseqüentes efeitos sobre o rendimento e produção do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.) cultivado em solos da chapada do Apodi.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L.Walp.)

O feijão-de-corda, popularmente conhecido também como feijão macassar, feijão de praia ou caupi, é cultivado principalmente nas regiões tropicais e semi-áridas da África, Ásia e América. No Brasil, é tradicionalmente plantado no Nordeste e constitui-se em importante fonte protéica para a população, representando base alimentar nutricional para as camadas mais carentes. Tolerante às condições climáticas desfavoráveis, o caupi não é uma planta muito exigente em termos nutricionais, apresentando maior adaptabilidade e difusão do que o feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), notadamente como uma cultura de subsistência.

Dados recentes indicam que o Brasil contribui com 26% da produção mundial de feijão-de-corda e 82% da produção do continente americano (Araújo & Watt, 1988). Os mesmos autores apontam o Nordeste como responsável por 95% da produção nacional, sendo o Ceará o maior produtor de caupi da região. Estudos revelam que, do total consumido pelas populações rurais, 83,5% é produzido pelo próprio agricultor (Teixera et al., 1988). A produtividade média de feijão-de-corda no Nordeste, de acordo com May (1982), está em torno de 260kg/ha, podendo atingir até 650kg/ha em áreas irrigadas. No entanto, pesquisas indicam que, utilizando-se variedades melhoradas e cultivadas no verão, em sistema de monocultura irrigada, a produtividade do feijão caupi pode atingir até 1200kg/ha*.

No Ceará, a produtividade da cultura é de 308kg/ha. A produtividade média de feijão-de-corda na região do Baixo Jaguaribe está em torno de 570kg/ha. No entanto, ainda é considerada baixa, por trata-se de uma região de agricultura bem estruturada, com sistema de irrigação, solos férteis e assistência técnica.

* (Comissão Estadual de Planejamento Agrícola, Fortaleza, Ceará, 1985)

Tolerante ao estresse hídrico, o caupi adapta-se bem a uma ampla faixa de temperatura (18 - 34°C) e se desenvolve em diversos tipos de solos (Ponte, 1979). Quanto à variedade EPACE-10, apresenta boa produtividade e não é muito exigente em termos nutricionais. No entanto, o seu rendimento melhora sensivelmente quando cultivada em solos leves, profundos, arejados, sem excesso de umidade, de razoável fertilidade natural e que apresente um bom nível de matéria orgânica. Alguns estudos comprovam a resposta positiva do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* , L. Walp.) à adubação mineral, mostrando que a cultura consegue converter eficientemente o fertilizante aplicado ao solo em produção vegetal (Paiva et al., 1971; Oliveira et al., 1992). Trabalhando com o *Phaseolus vulgaris*, Almeida & Bulisani (1980) constataram que até 10 dias após a germinação as taxas de absorção de fósforo e potássio eram muito pequenas, enquanto as de nitrogênio eram crescentes desde a germinação. De um modo geral, esta cultura requer altas quantidades de nitrogênio e de potássio, e quantidades relativamente baixas de fósforo, cálcio, magnésio e enxofre (Oliveira & Thung, 1988). Ainda sobre o feijão comum, Haag et al (1967) concluíram que a planta absorve todo nitrogênio, potássio e cálcio de que necessita, até 50 dias após a germinação; o magnésio e o enxofre entre 60 e 70 dias, e o fósforo, durante todo o ciclo, sem época preferencial. O feijão-de-corda, nos primeiros vinte dias de crescimento, depende do nitrogênio do solo e da semente; a partir daí é iniciada a fixação simbiótica que se estende até a floração. As taxas de absorção de fósforo e potássio no caupi, nas primeiras semanas, assim como no feijão comum, também são baixas. Depois da segunda semana, a demanda de nutrientes pela cultura aumenta, atingindo o máximo em torno do 40º ou 50º dia após a germinação, que coincide com o período de floração e de maior exigência de micronutrientes em cultivares de crescimento determinado (Vasconcelos et al., 1976; Dantas et al., 1979). No que se refere à absorção dos micronutrientes pelo feijão, ela atinge seu ponto máximo nos períodos de final de floração e início de formação de vagens (Dantas et al., 1979). Segundo Oliveira & Thung (1988), o feijão comum apresenta maiores concentrações de fósforo, magnésio, manganês e ferro nas folhas; de nitrogênio, na lâmina foliar e nos grãos; de cálcio, nas folhas e no caule; de boro, no pecíolo; de cobre e zinco, nas raízes, enquanto o molibdênio concentra-se principalmente nos grãos. O feijão-de-corda

para apresentar um bom rendimento, com absorção rápida e eficiente, deve portanto estar bem suprido de nutrientes. Sobre a resposta da cultura à fertilização mineral, Gallo & Miyasaka (1961), em pesquisa com feijão comum, verificaram acréscimo de 26,1% na matéria seca total e de 17,1% no peso de fruto nas plantas com adubação mineral. Paiva et al. (1971), em experimento com feijão-de-corda (*Vigna sinensis*), também comprovaram aumento significativo no rendimento da cultura quando adubada com NPK. Oliveira et al. (1992), em trabalho mais recente, testaram o efeito da adubação mineral sobre a produção do feijão caupi e soja, nos quais apresentaram resultados bastantes significativos, principalmente com relação à adubação fosfatada. Na mesma investigação, e no caso específico da soja, foi verificado um aumento de quase dez vezes (2533kg/ha) sobre a testemunha (239kg/ha). Ainda no mesmo estudo, com relação ao caupi, foi observado um rendimento (1300kg/ha) até 180 vezes maior do que aquele das plantas não adubadas (7kg/ha). Em condições de casa de vegetação, verificou-se que as plantas sempre respondem positivamente aos suprimentos adequados de nutrientes minerais, como observaram Caballero et al. (1987) no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris.*), cultivado em Latossolo Vermelho - Amarelo.

2.2 - Os Elementos minerais e a nutrição da planta

As partículas que constituem os componentes minerais do solo têm sua origem na intemperização das rochas; elas se compõem de fragmentos de rochas, minerais primários com maiores dimensões e de minerais secundários de tamanho menor (Kiehl, 1979). Os minerais primários e os agregados (ou concreções) podem ser considerados como sendo a reserva mineral em potencial dos solos, uma vez que podem ceder, lenta ou rapidamente, pelo efeito da intemperização, elementos químicos considerados essenciais às plantas. Epstein (1975) define como critério para essencialidade de um elemento químico o fato deste ser indispensável à vida vegetal, cuja ausência impossibilitaria que a planta

completasse seu ciclo. Um outro critério é a participação do elemento num componente ou metabolismo essencial. Esses elementos úteis às plantas são classificados em macronutrientes, absorvidos em maior quantidade, e micronutrientes, que aparecem em teores bem menores nas plantas.

A absorção dos elementos químicos pelas raízes das plantas dá-se a partir da solução do solo que se encontra geralmente em equilíbrio com os componentes existentes na superfície das partículas sólidas, havendo possibilidade de transferências de uma fase para outra. Portanto, na solução do solo ocorrem cátions e ânions em quantidades estequiometricamente equivalentes. Entre os macronutrientes, três apresentam-se como cátions: potássio, cálcio e magnésio. O fósforo apresenta-se na forma de ânions ortofosfato e o enxofre como sulfato. O nitrogênio é o único macronutriente que pode ocorrer no solo na forma de cátions ou de ânions, respectivamente, amônio e nitrato. Com relação aos micronutrientes, por serem absorvidos em pequenas proporções, as deficiências são as últimas a serem detectadas. Os níveis destes na solução do solo são determinados por mecanismos como a adsorção e precipitação (Camargo, 1991). A absorção de nutrientes da solução do solo depende de sua existência ou de sua disponibilidade. As concentrações disponíveis são definidas pelas formas químicas encontradas no solo, pela capacidade de absorção da planta, pelo desenvolvimento do sistema radicular, pelo ciclo da cultura e, ainda, pelas condições climáticas e disponibilidade dos outros nutrientes (Raij, 1991).

2.3 O fósforo

Entre os macronutrientes, o fósforo é aquele exigido em menor quantidade pela planta. Estudos realizados em Latossolo Vermelho-Amarelo revelam que o nível crítico de fósforo, para se obter uma boa produção, é de 3,9 a 8,2 mg/kg, com concentração foliar entre 0,39 a 0,42% (Oliveira & Dantas, 1988). No entanto, trata-se do nutriente mais usado em adubação no Brasil, fato justificado pela sua carência generalizada promovida por interações com partículas e outros constituintes do solo (Singh et al., 1983). Em solução,

encontra-se como íon ortofosfato, derivado do ácido ortofosfórico que se combina principalmente com o ferro, o alumínio e o cálcio através de ligações covalentes de alta energia.

No solo, o fósforo reage superficialmente com as partículas ou encontra-se ocluso nas imperfeições das estruturas minerais dos óxidos de Fe e Al. As combinações complexas, resultantes deste comportamento, possibilitam o agrupamento do nutriente em três frações diferentes : fósforo em solução, disponível para as plantas; fósforo lábil, que se encontra em equilíbrio com a solução, e o fósforo não-lábil, forma “fixada” de compostos insolúveis não disponíveis às plantas, mas que lentamente podem passar à forma lábil (Gonçalves et al., 1989). Segundo Singh et al. (1983) “o fenômeno da sorção de fosfatos se processa em duas etapas: a inicial, rápida e curta, seguida por uma etapa muito lenta e longa”. O processo de adsorção se deve possivelmente à sorção em sítios de alta energia ou sítios mais acessíveis, nos quais se situam as reações rápidas e iniciais, e à sorção em sítios de baixa energia, menos acessíveis, nos quais se situam as reações lentas (Olsen & Watanabe, 1957; Chang & Chu, 1961; Hsu, 1965). Bache (1964) e Muljadi et al. (1966 a, b) propuseram então três regiões de adsorção: no primeiro estágio haveria quimissorção; no segundo, precipitação, e no terceiro, adsorção de fósforo no precipitado formado na segunda fase. Para Holford et al. (1974) e Rajan & Fox (1975) citados por Alvarez & Fonseca (1996), o fósforo é adsorvido em dois tipos de superfícies com diferentes energias de adsorção, sendo que na primeira região ocorre troca iônica, e na segunda, que possui altas concentrações, ocorre ruptura das estruturas silicatada.

Na solução do solo predominam as formas aniônicas HPO_4^{2-} e H_2PO_4^- , sendo que a segunda é preferencialmente absorvida pelas plantas. O fósforo alcança a raiz da planta principalmente pelo processo de difusão, o qual é influenciado pelo teor de argila e conteúdo de água no solo (Olsen et al., 1972; Olsen & Watanabe, 1963). A difusão está diretamente relacionada à baixa concentração de fósforo na solução do solo, à quantidade de fósforo adsorvido na fase sólida e ao poder tampão de fósforo do solo. Entretanto, esses íons apresentam tendências naturais para reagir com as superfícies de argilas do tipo 1:1 e

com óxidos de ferro e alumínio. Portanto, nos solos ácidos a quantidade de fósforo disponível é determinada pelo teor e natureza da argila, ocorrência de óxidos de ferro e alumínio na fração argila e o pH. Com relação aos solos salinos o fator preponderante é a reação com o cálcio (Braga, 1978; Bittencourt & Zambello, 1975; Lopes & Cox, 1979; Almeida & Velloso, 1982; Agbenin & Tiessen, 1994). Em trabalho onde foram discutidas as características de sorção do fósforo em solos do estado do Ceará, Bessa (1991) estudou a adsorção de fósforo em Cambissolos Eutróficos e associou esse fenômeno ao teor de argila e alumínio, fatores que se revelaram estatisticamente significativos na “fixação” do fosfato. Problema que, segundo Anjos et al. (1981), é possível amenizar elevando-se o teor de fósforo disponível com adubação adequada. Sabe-se que a quantidade de fósforo absorvido pelas plantas está diretamente relacionada às dosagens do fertilizante (Muniz et al., 1985), ou seja, as características do solo e da planta interagem e influenciam as respostas das culturas à aplicação de fósforo (Fox & Kamprath, 1970). Em condições de baixos teores de fósforo na solução, as plantas que apresentam sistema radicular mais desenvolvido aproveitam melhor a concentração de P disponível no solo. Todavia, existem outros aspectos nas espécies vegetais que favorecem uma maior eficiência na absorção. Dentre eles, a capacidade de alteração do pH da rizosfera, por absorção diferenciada de cátions e ânions, e a infecção com micorrizas que aumentam a superfície de absorção das raízes (Raj, 1991; Martinez et al., 1993 a). Kamprath (1967), citado por Holanda & Medeiros (1984), verificou que a manutenção de 8mg/kg de fósforo disponível foi suficiente para a obtenção de máximos rendimentos na cultura de milho cultivado em solo argiloso.

Na planta, o fósforo apresenta alta mobilidade, transferindo-se rapidamente de tecidos velhos para regiões de meristema ativo (Raju et al., 1987; Martinez et al., 1993 b). Sendo essencial em diversos processos metabólicos, o fósforo está presente no mecanismo de transferência de energia, no desenvolvimento do sistema radicular, na formação dos primórdios das partes reprodutivas e, conseqüentemente, na produção de frutos e sementes, além de estimular a precocidade. Todavia, mesmo menos exigido do que o N e K pelas culturas, o fósforo é o nutriente que mais limita a produtividade na maioria

dos solos brasileiros não adubados, pois a deficiência natural dos solos retarda o desenvolvimento da planta, reduzindo drasticamente a produção de frutos e grãos. Portanto, as respostas às adubações fosfatadas sempre são positivas e acentuadas, manifestando-se, a princípio, por um maior crescimento vegetativo, com resposta significativa para o feijão-de-corda (Malavolta, 1972; Fageria, 1980; Oliveira et al., 1984; Carvalho et al., 1985; Rosolem, 1987).

2.4 Micronutrientes

Mesmo sendo requeridos em pequenas concentrações pelas plantas, os micronutrientes são determinantes na produtividade das culturas. As deficiências nos solos dificilmente são detectadas e geralmente são as últimas a aparecerem, pois os níveis exigidos pelas plantas são baixos, e variações nas concentrações do solo podem acarretar problemas de escassez ou excesso. Neste sentido, vários estudos foram feitos procurando definir os limites críticos de micronutrientes que satisfazem as plantas (Malavolta, 1980; Kabatas & Pendias, 1984; Bataglia & Dechen, 1986).

As deficiências de micronutrientes são bem menos frequentes que as de macronutrientes. No entanto, este problema pode se agravar com o uso crescente e desproporcional de calagens e fertilizantes concentrados, pois sem a devida reposição dos micronutrientes, podem aumentar os riscos de uma possível exaustão das reservas naturais. Entre os micronutrientes, muitas vezes ignorados numa adubação, devido às pequenas quantidades utilizadas pela planta, deve-se destacar a problemática do zinco, cobre e molibdênio como fatores importantes na produtividade de feijão-de-corda.

2.4.1 - O zinco

No solo, o zinco ocorre principalmente na forma de sulfetos, apresentando níveis mais elevados nos sedimentos argilosos e mais baixos nos arenitos. O intemperismo é responsável pela liberação natural do cátion Zn^{2+} para solução, que forma compostos solúveis com a maioria dos ânions do solo. Sua forma iônica é facilmente adsorvida aos minerais de argila, óxidos hidratados e à matéria orgânica, podendo estar envolvida em substituições isomórficas de silicatos no lugar do Mg^{2+} ; e ainda competir por sítios de adsorção com o Fe^{2+} , além de ser capaz de substituir o Al^{3+} em suas posições octaédricas nas argilas (Igue & Bornemisza, 1967).

Alguns estudos confirmam que a distribuição e conseqüente adsorção do zinco às partículas do solo estão associadas principalmente ao teor de argila e aos de óxidos de ferro e alumínio, e determinadas pela variação do pH (Lindsay, 1972; Reddy & Perkins, 1974; Assaad & Nielsen, 1985; Machado & Pavan, 1987; Mandal et al., 1992; Cunha et al., 1994). Barbosa Filho et al. (1992) estudaram a interação entre calagem e zinco na produção de arroz, verificando que o pH acima de 6,0 promoveu deficiência de zinco. Autores admitem que os óxidos de ferro adsorvem o zinco em dois mecanismos, envolvendo OH^- e HPO_4^{2-} , controlados pelo pH e pela CTC em sistemas contendo caulinita, óxidos hidratados de ferro e complexos de argila-óxidos de ferro (Stanton & Burger, citados por Shuman, 1976).

Segundo Cavallaro & McBride (1984), o papel dos óxidos no controle da retenção de zinco torna-se especialmente importante, pois o mecanismo de adsorção envolvido não é de troca iônica. Para Bolland et al. (1977), outros fatores podem influir na adsorção de zinco pelos óxidos, dentre eles, a natureza dos ânions presentes na solução do solo que, para os autores, podem elevar o potencial de adsorção específica dos óxidos.

O zinco é absorvido preferencialmente na forma de Zn^{2+} , existindo uma correlação positiva entre a concentração do nutriente no solo e a quantidade absorvida pela planta, sendo comumente acumulado nas folhas velhas. Este nutriente participa de processos

metabólicos essenciais e como componente de várias enzimas, tais como: as desidrogenases, proteinases, peptidases e fosfohidrolases. Está presente também no metabolismo de carboidratos e proteínas de fosfatos e na formação de auxinas, RNA e ribossomos (Lindsay, 1972; Price et al., 1972). Ritchey et al. (1986), trabalhando em solos do cerrado, constataram respostas positivas e significativas da soja, milho e sorgo à adubação de zinco, confirmando resultados anteriores obtidos por Galvão & Mesquita Filho (1981 a), e, posteriormente, por Galvão (1993). Buzetti et al. (1991) verificaram que a concentração de zinco na soja aumentou ligeiramente com a aplicação de doses de zinco ao solo, e que o nível crítico na parte aérea da planta ficou entre 36 e 46mg/kg.

2.4.2 - O cobre

O cobre participa do metabolismo das plantas através de vários processos fisiológicos, como fotossíntese, respiração, redução e fixação de nitrogênio, metabolismo de proteínas e na parede celular, além de reduzir a esterilidade das flores (Galvão & Sousa, 1985). Mesmo em concentrações relativamente baixas, pode acarretar toxicidade, dificultando o reconhecimento entre a necessidade e o excesso. Este elemento encontra-se no solo em várias formas: na solução, na forma trocável, especificamente adsorvido, ocluso, na matéria orgânica e na estrutura de minerais primários. Mais freqüentemente no solo, como sulfetos e complexos, formando compostos com fortes ligações covalentes, os minerais de cobre apresentam elevada solubilidade, passando para a solução pela ação do intemperismo (McLaren & Crawford, 1973; McBride, 1981). A adsorção específica do cobre se processa através de ligações covalentes a grupos funcionais da argila e matéria orgânica, havendo uma forte retenção do íon pela superfície sólida. Já a substituição isomórfica pode ocorrer em relação ao Al^{3+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} e Fe^{2+} , com déficit de carga nos dois primeiros casos, balanceada pela adsorção de um cátion. Por outro lado, as formas precipitadas e oclusas em óxidos e hidróxidos são solubilizadas em condições de redução e de baixo pH. De fato, o cobre ocorre na solução do solo, principalmente em forma complexada por moléculas

orgânicas (Ellis & Knezek, 1972; Sims & Patrick Jr, 1978; McBride, 1981; Stevenson, 1982; Harmsen & Vlek, 1985).

Requisitado em pequenas quantidades, o cobre é absorvido ativamente pela planta, preferencialmente na forma iônica Cu^{2+} . A facilidade com que é absorvido está relacionada com a concentração, a disponibilidade e a atividade do elemento na superfície das raízes. Muitos estudos comprovam aumentos na produção vegetal de matéria seca e de grãos, pela aplicação do cobre ao solo (Younts, 1964; Varvel, 1983; Galrão et al., 1984; Galrão, 1988). Incorporado pela planta, não é prontamente móvel. Porém, condicionado pela sua concentração nos tecidos, pode ser translocado das folhas velhas para as novas, existindo uma tendência de acúmulo em órgãos reprodutivos (Bowen, 1969; Baker, 1974; Loneragan, 1975).

A disponibilidade dos nutrientes às plantas é determinada por vários fatores de natureza química, física e biológica. No caso do cobre, a elevação do pH diminui sua disponibilidade, possivelmente pela redução da solubilidade do elemento na forma de óxidos. A diminuição da sua disponibilidade pode ser também devido ao aumento da adsorção às superfícies dos colóides, precipitação ou, ainda, pela maior estabilidade das ligações com a matéria orgânica. Nestas condições ($\text{pH} > 7.0$), os íons de cobre em solução tendem a sofrer hidrólise, predominando a forma $\text{Cu}(\text{OH})^+$ e precipitados químicos dos tipos sulfato, fosfato, carbonato e hidróxidos. Existem evidências, também mostradas em alguns estudos, de que o zinco inibe fortemente a absorção do cobre e vice-versa (Bowen, 1969; Krauskoff, 1972; Harmsen & Vlek, 1985).

2.4.3 - Molibdênio

O molibdênio na planta é importante pela sua participação na enzima nitrogenase, estando, assim, associado ao metabolismo do nitrogênio, principalmente na fixação simbiótica em leguminosas, onde o *Rhizobium* dos nódulos radiculares supre de nitrogênio a planta hospedeira (Parker & Harris, 1962; Prince et al., 1972; Malavolta, 1980).

No solo, o molibdênio apresenta um comportamento semelhante ao do fósforo, estando a maior parte retido em minerais, ou seja, não diretamente disponível (lábil), enquanto que a parte disponível encontra-se em solução, adsorvida à superfície de sesquióxidos e de compostos cristalinos de baixa solubilidade, como também em formas complexadas com a matéria orgânica. Sob a ação do intemperismo, os minerais liberam molibdênio, principalmente os íons molibdato MoO_4^{2-} em $\text{pH} > 5,0$ e HMoO_4^- em pH mais baixos (Siqueira & Velloso, 1978). Essas ocorrências foram constatadas também por Horowitz (1978) em solos da zona litoral-mata de Pernambuco. Tanto os molibdatos como os fosfatos são adsorvidos aos colóides do solo, sobretudo aos óxidos hidratados de ferro e de alumínio, diminuindo esta "fixação" com o aumento do pH (Hingston et al., 1972). Siqueira & Velloso (1978) observaram, independentemente das características dos solos, uma máxima adsorção nas proximidades do pH 4 (quatro), e que, a partir deste valor a adsorção decresceu rapidamente com a elevação do pH .

Entre os principais fatores que afetam a disponibilidade do molibdênio nos solos, os mais relevantes são: teor de argila, teor de óxidos de ferro e alumínio, matéria orgânica, pH , potencial redox e interação com outros nutrientes. O molibdênio é um micronutriente cuja disponibilidade cresce com o pH , fato que se deve possivelmente ao deslocamento do MoO_4^{2-} dos sítios de trocas pelas hidroxilas. Em condições de acidez, as formas orgânicas em que o molibdênio é encontrado evitam a formação de compostos

insolúveis que reduziriam a sua disponibilidade (Catani et al., 1970; Siqueira & Velloso, 1978; Malavolta, 1980).

Como o molibdênio é utilizado em pequenas proporções, qualquer aspecto no solo que interfira nas concentrações normais e essenciais à cultura ganha importância vital no desenvolvimento vegetativo e no processo produtivo da planta. Assim, a interação do molibdênio com outros elementos pode influir na sua disponibilidade e, conseqüentemente, na sua absorção. O MoO_4^{2-} possui uma relação de sinergismo com o HPO_4^{2-} , pois a aplicação do fosfato aumenta a assimilação de molibdênio pela planta (Ruschel et al., 1970), e isso se deve, possivelmente, à permuta do primeiro pelo segundo nos sítios de adsorção. Existe registro, ainda, do efeito inibidor do ferro e alumínio sobre a absorção do molibdênio devido, provavelmente, à adsorção de MoO_4^{2-} ou HMoO_4^- em Fe_2O_3 e Al_2O_3 , bem como na formação de molibdato de ferro e de alumínio insolúveis (Gupta & Munro, 1969; Parfitt, 1978; Malavolta, 1987).

Acredita-se que o molibdênio seja absorvido metabolicamente na forma de MoO_4^{2-} e que, por ser o micronutriente requerido em menor quantidade pelas plantas, a resposta das culturas está condicionada a vários aspectos, como: o sistema de fixação de nitrogênio; o teor de molibdênio nas sementes; o pH do solo e a própria concentração de nutriente no solo. Santos (1978) verificou que doses crescentes de molibdênio aumentavam o número de vargens por planta no feijão comum, resultados também confirmados por Bender & Barros (1984) e Correia et al. (1990). Outras experiências comprovam que, devido a pequena quantidade de molibdênio exigida pela planta, em solos deficientes, este teor pode ser suprido pela própria semente da planta. Verificou-se, ainda, que em condições de carência pode ocorrer redistribuição, com translocação do nutriente, das folhas para os nódulos, evidenciando conseqüente agravamento nos sintomas de deficiências na parte aérea da planta (Peterson & Purvis, 1961; Reisenaver, 1963; Gurley & Giddens, 1969).

No caso de plantas fixadoras de nitrogênio, a importância do molibdênio é ainda maior devido a exigência da nitrogenase, responsável pela redução do N_2 atmosférico

a NH_3 , ser muito grande, como verifica-se na soja (*Glycine max*) e no caupi (*Vigna unguiculata*, L. Walp). Segundo Raij et al. (1987), o maior problema da avaliação da disponibilidade de molibdênio está associado à determinação das baixas concentrações deste nutriente que, muitas vezes, não são detectados pelos métodos tradicionais de análise de solos e plantas.

2.5 - Interações de nutrientes

Entre os elementos essenciais às plantas, o fósforo é o nutriente mais facilmente “fixado” ao solo, pois apresenta tendência a formar compostos de solubilidade muito baixa com o ferro, alumínio e cálcio, entre outros. Pode precipitar-se ou interagir na superfície das partículas sólidas de argila, óxidos de ferro e alumínio, e de carbonato de cálcio em solos calcários. As formas absorvidas pelas plantas, H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} , permanecem como coíons no interior da solução do solo. Com relação aos micronutrientes, os mecanismos que controlam seus níveis no solo são principalmente a adsorção e a precipitação. A adsorção ocorre na superfície coloidal e pode ser reversível, parcialmente reversível ou irreversível, em resposta à concentração de íons em solução, concentração de elementos competidores pelos locais de adsorção, concentração do íon hidrogênio, formação e destruição de quelados orgânicos e complexação inorgânica. A precipitação depende da quantidade do mineral em equilíbrio na solução do solo.

O fósforo interage significativamente com outros elementos químicos no solo em relações de sinergismo, antagonismo e inibição competitiva ou não. Na relação de sinergismo, um elemento químico aumenta a absorção de outro, enquanto que no antagonismo o comportamento é inverso, ou seja, a presença de um elemento diminui a absorção do outro. A inibição pode ser competitiva quando os elementos se combinam no mesmo sítio carregador, ou não-competitiva quando os elementos combinam-se em diferentes sítios do carregador. Entre os micronutrientes, sabe-se que a adubação fosfatada pode induzir a deficiência de zinco. Olsen (1972) tenta explicar a interação P x Zn,

apontando causas para o fenômeno: formação de $Zn_3(PO_4)_2$ insolúvel; diminuição da taxa de translocação de zinco, das raízes para a parte aérea das plantas, como efeito da adubação fosfatada; simples efeito de diluição da concentração de zinco da parte aérea, como resultado da resposta do crescimento das plantas ao fósforo; distúrbio metabólico nas células das plantas, provocado pelo desequilíbrio entre fósforo e zinco, ou interferência da concentração excessiva de fósforo na função metabólica do zinco (Olsen, 1972; Bahia, 1973; Loneragan et al., 1982; Buzetti et al., 1991; Parker et al., 1992), constituindo-se um problema mais relacionado com o solo do que com a fisiologia da planta (Bingham, 1962); em solos ricos em óxidos de ferro e alumínio, possivelmente pelo aumento do pH, há a formação de compostos do tipo $ZnNH_4PO_4$ (Bingham, 1962; Silvera et al., 1976; Saeed & Fox, 1979; Shuman, 1988; Souza & Ferreira, 1991).

Pessoa et al. (1994), em estudo mais recente com gramínea do gênero *paspalum*, avaliando o rendimento da matéria seca, fósforo e zinco absorvidos, perceberam que o aumento nas doses de fósforo proporcionou incremento significativo na produção de matéria seca e fósforo acumulado. Verificaram, também, que na interação entre o fósforo e o zinco ocorre redução no acúmulo de zinco pela planta em função dos níveis crescentes de P, confirmando, assim, resultados obtidos por Fageria & Zimmermann (1979), em arroz irrigado, sobre a ação depressiva do fósforo na absorção de zinco. Em outro estudo, no mesmo sentido, Giordano & Mortvedt (1974), também trabalhando com arroz irrigado, evidenciaram que a aplicação de fósforo resultou em aumento da absorção do P, mas não de matéria seca, com decréscimo da concentração de zinco na planta. Bertoni et al. (1996), ainda com arroz irrigado, observaram que doses crescentes de fósforo influíram negativamente na concentração de zinco da parte aérea das cultivares estudadas, mas não no conteúdo total deste nutriente, evidenciando, assim, um efeito de diluição. Em outra pesquisa, Vahl et al. (1978) constataram que a aplicação de zinco, isoladamente, não provocou resposta no arroz irrigado.

Segundo Leão & Santos (1993), a acumulação de zinco nas plantas, aumenta com a aplicação de doses de fósforo e zinco. Para Barbosa Filho et al. (1990), a deficiência

de zinco condiciona má crescimento às plantas, devido à formação de internódios curtos e folhas pequenas, conforme se pode observar pelo rendimento da matéria seca na investigação conduzida por Galvão & Mesquita Filho (1981 b). Para Lambert et al. (1979), o efeito depressivo do fósforo pode ocorrer, simultaneamente, em mais de um nutriente, como foi observado para o zinco e o cobre. Entretanto, o cobre interage significativamente com outros nutrientes, como o zinco e o molibdênio, sendo que a disponibilidade deste no solo é condicionada principalmente pelo pH. Com a elevação do pH, a disponibilidade de cobre diminui, possivelmente devido à diminuição da solubilidade do elemento na formação de óxidos, sendo que os óxidos de manganês adsorvem maiores quantidades que os óxidos de ferro e alumínio (Ferreira & Cruz, 1991).

Para Olsen (1972), a interação entre o cobre e o zinco se trata de um problema fisiológico, mas para Engler & Patrick Jr. (1975) existe competição entre eles, envolvendo óxidos hidratados de ferro e de alumínio ou de manganês no processo de adsorção. Afirma-se também que existe inibição competitiva entre o zinco e o cobre (Chaudhry & Loneragan, 1970; Chaudhry et al., 1973; Bowen, 1979).

Barbosa Filho et al. (1990) observaram que doses crescentes de cobre, sem aplicação de zinco, estimulou a absorção de zinco, possivelmente devido à substituição parcial do zinco pelo cobre nos sítios de troca dentro da planta (Steverson & Ardaani, 1972). No que se refere à relação da interação do cobre com o molibdênio, constatou-se inibição, mas não competitiva, ou seja, o inibidor se combina com o sítio não ativo do carregador, podendo tanto o cobre inibir o molibdênio, como o molibdênio inibir o cobre (Mackay, 1966; Santos, 1991).

Tratando especificamente do comportamento do molibdênio com relação a outros nutrientes, vários estudos comprovam principalmente o efeito sinérgico do fósforo sobre esse elemento (Petrie & Jackson, 1982), o que leva a acreditar que esse efeito, possivelmente, seja decorrente do deslocamento do MoO_4^{2-} , dos sítios de adsorção, pelo

3 - MATERIAL E MÉTODO

3.1 - O experimento

O Experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo, no Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará em Fortaleza. As condições climáticas ambientais no período, apresentaram as seguintes variantes: temperatura média de 28°C, mínima de 21°C e máxima de 31°C. A umidade relativa do ar apresentou uma média de 68,5%, com mínima de 38% e umidade máxima de 92% (dados fornecidos pela Estação de Meteorologia do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará). Portanto as condições eram propícias para o cultivo de feijão-de-corda irrigado (*Vigna unguiculata*, L. Walp.), cultivar EPACE -10.

3.2 Solo e planta usados no experimento

O solo utilizado no estudo foi coletado da camada arável (20cm de profundidade) e classificado, segundo o sistema brasileiro de classificação do solo, como Cambissolo Latossólico Eutrófico. Este tipo de solo representa apenas 1,02% (1.530 Km²) da área total do estado do Ceará (Anuário Estatístico do Ceará, 1991) e está localizado na Chapada do Apodi, entre os Estados do Ceará e Rio Grande do Norte. A amostra foi coletada numa área do projeto de irrigação Jaguaribe-Apodi, que apresenta vegetação arbustiva secundária (Caatinga Hiperxerófila), sem exploração agrícola ou adubações anteriores. O solo foi seco ao ar, destorroado e peneirado numa malha de 2,0 mm de diâmetro, sendo, em seguida, pesado e acondicionado em vasos plásticos com 5 kg de capacidade. As características físicas e químicas da amostra do solo são apresentadas respectivamente nos quadros 1 e 2. Os resultados das análises indicam que o solo é fértil, com alta saturação de bases, bem estruturado, mas apresenta uma baixa quantidade de fósforo disponível para planta.

Quadro 1. Análise física do Cambissolo Latossólico Eutrófico (0-20cm) da Chapada do Apodi, Município de Quixeré, Ceará.

Característica	Valor
Areia grossa (g.kg ⁻¹)	300
Areia fina (g.kg ⁻¹)	160
Silte (g.kg ⁻¹)	170
Argila (g.kg ⁻¹)	370
Argila natural (g.kg ⁻¹)	150
Grau de flocculação (%)	59
Densidade global (g.cm ⁻³)	1,3
Densidade da partícula (g.cm ⁻³)	2,62
Umidade 1/3 atm (%)	19,4
Umidade 15 atm (%)	14,5
Água útil (%)	4,9

Quadro 2. Análises químicas do Cambissolo Latossólico Eutrófico (0-20cm) da Chapada do Apodi, Município de Quixeré, Ceará.

Característica	Valor
pH	6,2
CE (dS.m ⁻¹)	0,2
Ca ²⁺ (cmol _c .kg ⁻¹)	5,4
Mg ²⁺ (cmol _c .kg ⁻¹)	0,9
K ⁺ (cmol _c .kg ⁻¹)	0,48
Na ⁺ (cmol _c .kg ⁻¹)	0,1
H ⁺ + Al ³⁺ (cmol _c .kg ⁻¹)	2,1
Al ³⁺ (cmol _c .kg ⁻¹)	0,0
S (cmol _c .kg ⁻¹)	6,9
T (cmol _c .kg ⁻¹)	9,0
V (%)	77
PST	1
C (g.kg ⁻¹)	11,2
N (g.kg ⁻¹)	0,5
C/N	22
Matéria Orgânica (g.kg ⁻¹)	19,3
Fósforo Disponível (mg.kg ⁻¹)	2,0
Zn ²⁺ (mg.kg ⁻¹)	1,76
Cu ²⁺ (mg.kg ⁻¹)	0,99

Neste estudo foi usado o Feijão-de-Corda (*Vigna unguiculata* , L. Walp.), cultivar EPACE-10., por apresentar grande adaptabilidade, boa produtividade e por ser importante fonte protéica, além do significativo valor econômico para os agricultores da região. Outras importantes características desta variedade são: (a) possuir um crescimento determinado, com ciclo que varia de 65 a 75 dias, (b) ser resistente às pragas e doenças, e (c) apresentar boa tolerância às secas e estiagens. No experimento, as sementes utilizadas foram obtidas do banco de sementes do Departamento de Fitotecnia (UFC), oriundas de um campo de multiplicação da EPACE (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará).

3.3 - Delineamento experimental

3.3.1 - Tratamentos

O experimento constou de 24 tratamentos, com três repetições, resultantes da combinação de três níveis de fósforo: $P_0=0$, $P_1=600$ e $P_2=1200$ mg de P por 5 kg de solo (vaso); dois níveis de zinco: $Zn_0=0$ e $Zn_1=20$ mg de Zn/vaso; dois níveis de cobre: $Cu_0=0$ e $Cu_1=15$ mg de Cu /vaso e dois níveis de molibdênio: $Mo_0=0$ e $Mo_1=20$ mg de Mo/vaso, perfazendo um total de 72 vasos com 5kg de solo/ cada. As fontes de nutrientes utilizadas nos tratamentos foram: Fósforo de cálcio, Sulfato de Zinco, Sulfato de Cobre e Molibdato de Sódio. O quadro 3 apresenta a relação dos tratamentos utilizados e as quantidades de fósforo, zinco, cobre e molibdênio aplicados por tratamento.

Com a finalidade de suprir a planta adequadamente e evidenciar melhor os tratamentos testados, realizou-se uma adubação básica complementar, cujos nutrientes, fontes e dosagens empregados encontram-se especificadas no quadro 4.

3.3.2 - Parâmetros avaliados

Os seguintes parâmetros da planta foram avaliados:

- a) matéria seca da parte aérea;
- b) produção de grãos;
- c) concentração de fósforo na parte aérea;
- d) concentração de zinco na parte aérea;
- e) concentração de cobre na parte aérea da planta;

3.3.3 - Delineamento experimental e análise estatística

A análise foi realizada segundo um desenho fatorial cruzado $2 \times 2 \times 3 \times 2$ (dois níveis de zinco, dois níveis de cobre, três níveis de fósforo e dois níveis de molibdênio), com três repetições para cada tratamento, em um modelo inteiramente casualizados.

Para testar as hipóteses de interesse foi utilizado o teste F na análise de variância e de Tukey a 1% e 5% de probabilidade para comparação de médias.

As análises foram realizadas no Laboratório de Estatística e Matemática Aplicada do Departamento de Estatística Aplicada da Universidade Federal do Ceará.

3.4. Tratos culturais , colheita e análises

Os vasos foram semeados com 3 (três) sementes, sendo que, após o desbaste, foi mantido uma planta/vaso. Os níveis testados e a adubação complementar foram aplicados, simultaneamente, através de soluções nutritivas, que foram preparadas a partir da concentração de aplicação, assim definidas: 50ml/vaso para os macronutrientes e 25ml/vaso para os micronutrientes, com exceção, apenas, para o sulfato de manganês, que foi empregado em sua forma original diretamente no solo seco devidamente homogeneizado.

Quadro 3. Tratamentos e quantidades de fósforo, zinco, cobre e molibdênio utilizadas no experimento.

Tratamentos*	Fósforo	Zinco	Cobre	Molibdênio
	-----mg/5kg solo-----			
P ₀ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	0	0	0	0
P ₀ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	0	0	0	2
P ₀ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	0	0	15	0
P ₀ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	0	0	15	2
P ₀ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	0	20	0	0
P ₀ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	0	20	0	2
P ₀ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	0	20	15	0
P ₀ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	0	20	15	2
P ₁ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	600	0	0	0
P ₁ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	600	0	0	2
P ₁ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	600	0	15	0
P ₁ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	600	0	15	2
P ₁ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	600	20	0	0
P ₁ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	600	20	0	2
P ₁ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	600	20	15	0
P ₁ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	600	20	15	2
P ₂ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	1200	0	0	0
P ₂ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	1200	0	0	2
P ₂ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	1200	0	15	0
P ₂ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	1200	0	15	2
P ₂ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	1200	20	0	0
P ₂ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	1200	20	0	2
P ₂ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	1200	20	15	0
P ₂ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	1200	20	15	2

P = fósforo; Zn = zinco; Cu = cobre; Mo = molibdênio;

* Subscritos = níveis 0, 1 e 2 de cada nutriente.

Quadro 4. Adubação básica complementar utilizada nos tratamentos.

Nutriente	Quantidade (mg/5kg solo)	Fonte(Adubo)
Nitrogênio (N)	200	Uréia
Potássio (K)	500	Sulfato de potássio
Enxofre (S)	230	Sulfato de potássio
Ferro (Fe)	20	EDTA-Fe
Manganês (Mn)	12	Sulfato de manganês
Boro (B)	6	Borax

As plantas foram irrigadas, com água destilada, diariamente na capacidade de campo, sendo o acompanhamento feito pelo método da pesagem dos vasos. Calculava-se, por diferença de peso, a quantidade de água consumida. Também foi realizado controle fitossanitário, com duas aplicações do inseticida decis, para combater a incidência da mosca minadora (*Liriomyza Spp*).

A coleta do experimento foi realizada aos 65 dias após a germinação, com o corte do caule ao nível do solo. Em seguida, o material (parte aérea) foi acondicionado em sacos de papel e colocado para secar na estufa, a 60°C.

3.4.1 Análise química

A parte aérea da planta (caule e folhas), após seca em estufa, foi pesada, moída e passada em malha de 1mm. O material vegetal moído (0,5g de matéria seca) foi colocado em cadinhos, transferido para a mufla e incinerado a 550°C por, aproximadamente, 5 (cinco) horas. Aos cadinhos foram adicionados 2 ml de HCl 6N, para a dissolução das cinzas. Em seguida, o dissolvido foi filtrado e transferido para balões volumétricos de 50 ml, completando-se o volume com água destilada.

As determinações do zinco e do cobre foram feitas nos extratos, usando-se o espectrofotômetro de absorção atômica. O fósforo foi determinado pelo método colorimétrico do metavanadato (Malavolta et al., 1989).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do estudo, apresentados nos quadros 5 e 6 revelam os efeitos principais da adição de diferentes níveis de fósforo, zinco, cobre e molibdênio, bem como de suas interações, no rendimento da matéria seca (parte aérea), na produção de grãos e nas concentrações de fósforo, zinco e cobre dos tecidos da parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.). No quadro 8, encontra-se o resumo da análise de variância, indicando-se os valores de F e sua significância estatística para cada fonte de variação representados pelos parâmetros estudados.

4.1 Matéria seca da parte aérea

A análise estatística, relacionada com o peso da matéria seca da parte aérea da planta, mostra que houve um efeito significativo dos níveis de fósforo sobre o peso seco total (Quadro 5). Através de análise de variância e da comparação de médias pelo teste de Tukey, fica evidenciado um efeito significativo, ao nível de 5%, para a adubação fosfatada e para a interação fósforo x zinco (Quadro 7).

Analisando-se isoladamente a adubação fosfatada, constata-se diferenças significativas entre os níveis estudados. Observou-se um aumento médio de 1047% no peso de matéria seca (parte aérea) quando se compara o nível zero de fósforo (sem adubação), que apresentou média de 5,09g/vaso, com o nível P₁ (600mg P/ 5kg solo), que produziu, em média, 58,38g/vaso. Este efeito positivo e acentuado do fósforo no peso da matéria seca e no rendimento das culturas tem sido registrado por inúmeros pesquisadores (Malavolta, 1972; Rebouças et al., 1977; Fageria, 1980; Carvalho et al., 1985), que associaram os resultados ao fato deste nutriente ser escasso nos solos tropicais e quase instantaneamente ser incorporado aos compostos orgânicos essenciais aos diversos processos metabólicos. Outros estudos comprovam, também, aumento no rendimento do feijão-de-corda (*Vigna*

unguiculata, L. Walp.) em resposta à adubação fosfatada (Rebouças et al., 1977; Oliveira et al., 1992).

Algumas pesquisas têm demonstrado que as culturas respondem ao P satisfatoriamente, porém, até determinados níveis. Adubações elevadas, no entanto, pode levar a um consumo de luxo de P pelas plantas, seguido de efeito depressivo causado pelo excesso do elemento (Raij & Mascarenhas, 1976; Oliveira et al., 1984; Raij et al., 1986; Raij, 1991; Carvalho et al., 1985). No presente estudo, os resultados obtidos indicam que não existe diferença significativa, ao nível 5%, no peso da matéria seca entre os níveis de fósforo P₁ (600mg P/ 5 kg solo) e P₂ (1200mg P/ 5kg solo), que produziram, em média, 58,38 e 59,47g, respectivamente (Quadro 5). Observa-se que, apesar da quantidade de fósforo aplicada no segundo nível ser o dobro do primeiro, o rendimento foi estatisticamente igual, conforme visualiza-se na figura 1.

Com relação ao peso da matéria seca da parte aérea, a interação de fósforo x zinco mostra-se significativa ao nível de 1% do teste F (Quadro 7). Confrontando-se os níveis de P com os níveis de Zn, através do teste de Tukey, observa-se diferença significativa ao nível de 5% entre P₀ e os dois outros níveis de fósforo (P₁ e P₂), que por sua vez não diferiram entre si (figura 2a, 2b). Confirmando, assim, que grande parte desse aumento de rendimento se deve, principalmente, à presença do fósforo adicionado (veja quadro 5). Leão et al. (1993) verificaram também que a aplicação de fósforo e zinco, em doses de 180 e 9,5 kg/ha, respectivamente, aumentou a produção de matéria seca do arroz irrigado. Resultados similares foram obtidos por Fageria & Zimmermann (1979) e Pereira (1985). Em estudo sobre os efeitos do calcário, do fósforo e zinco no rendimento de uma forrageira, Pessoa et al. (1994) observaram que a aplicação de zinco teve efeito negativo no rendimento de matéria seca da pensacola (*Paspalum notatum*). Esses autores usaram doses 0 e 30mg/kg de P, sendo que este efeito depressivo do zinco foi anulado com a aplicação de 150mg/kg de fósforo.

Analisados isoladamente, ou nas interações, os quadros 5 e 7 mostram que não houve significância dos efeitos do zinco, do cobre e do molibdênio sobre o peso da matéria seca da parte aérea (figura 3a, b). Tais resultados deve-se possivelmente ao suprimento natural de micronutrientes do solo à planta, cuja análise química revela razoável concentração de zinco Zn (1,79mg/kg) e cobre Cu (0,99mg/kg) disponíveis (Quadro 2).

4.2 Produção de grãos

Os resultados da análise estatística (Quadro 5), revela que a produção de grãos do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.) foi marcadamente afetada pela adubação fosfatada. Verifica-se que praticamente não houve produção nos tratamentos com nível zero de fósforo (P_0). Também constatou-se diferenças não significativas entre as produções de grãos (veja figura 4) dos níveis P_1 (600mg P / 5kg vaso) e P_2 (1200mg P / 5kg vaso). Smith & Bastos (1985) obtiveram resultados semelhantes trabalhando com milho e caupi, concluindo que o ganho na produção, de apenas 0,5 t/ha entre os tratamentos 200 e 400 kg de P_2O_5 /ha, não justifica o uso adicional de adubos.

Observando-se o quadro 5, fica demonstrado que as adições de Zn, Cu e Mo, bem como suas interações, não afetaram significativamente o peso seco da parte aérea nem a produção de grãos. Constata-se que, para o Cambissolo Latossólico Eutrófico, o efeito estatisticamente significativo se resume ao acentuado efeito do fósforo.

4.3 Concentração de fósforo na parte aérea

Os resultados dos efeitos dos tratamentos sobre a concentração de fósforo da parte aérea encontram-se nos quadros 6 e 7, onde ficou demonstrado, pela análise de variância, ao nível de 5%, um efeito significativo, da adição de fósforo, zinco e interações fósforo x zinco e fósforo x zinco x cobre x molibdênio. Pode ser observado, ainda, pelo

Quadro 5. Efeitos das adições de fósforo, zinco, cobre, molibdênio e das interações sobre o peso da matéria seca da parte aérea produção de grãos do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.).

Tratamento	Matéria seca da parte aérea	Produção de grãos*
.....g / 5kg solo.....		
EFEITOS PRINCIPAIS DO FÓSFORO		
P ₀	5,09 a	0,42 a
P ₁	58,38 b	18,77 b
P ₂	59,47 b	16,87 b
EFEITOS PRINCIPAIS DO ZINCO		
Zn ₀	40,78 a	12,94 a
Zn ₁	41,18 a	11,10 a
EFEITOS PRINCIPAIS DO COBRE		
Cu ₀	40,82 a	11,22 a
Cu ₁	41,14 a	12,82 a
EFEITOS PRINCIPAIS DO MOLIBDÊNIO		
Mo ₀	40,40 a	12,48 a
Mo ₁	41,56 a	11,51 a
EFEITO DAS COMBINAÇÕES P x Zn x Cu x Mo		
P ₀ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	7,04 a	2,64 a
P ₀ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	3,71 a	0,00
P ₀ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	4,70 a	0,51 a
P ₀ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	7,43 a	0,16 a
P ₀ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	4,16 a	0,00
P ₀ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	4,09 a	0,00
P ₀ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	5,27 a	0,00
P ₀ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	4,28 a	0,00
P ₁ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	56,29 b	18,60 b
P ₁ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	57,62 b	17,34 b
P ₁ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	52,53 b	26,48 b
P ₁ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	57,49 b	18,45 b
P ₁ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	58,92 b	16,69 b
P ₁ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	62,43 b	15,61 b
P ₁ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	59,91 b	21,19 b
P ₁ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	61,86 b	15,78 b
P ₂ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	58,68 b	14,77 b
P ₂ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	62,35 b	18,06 b
P ₂ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	60,24 b	19,82 b
P ₂ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	61,27 b	18,38 b
P ₂ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	57,77 b	14,26 b
P ₂ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	56,80 b	16,60 b
P ₂ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	59,28 b	15,36 b
P ₂ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	59,36 b	17,69 b
CV (%)	10,74	25,15

Para cada efeito e combinações, médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

* Os tratamentos com produção de grãos nula não foram comparados estatisticamente.

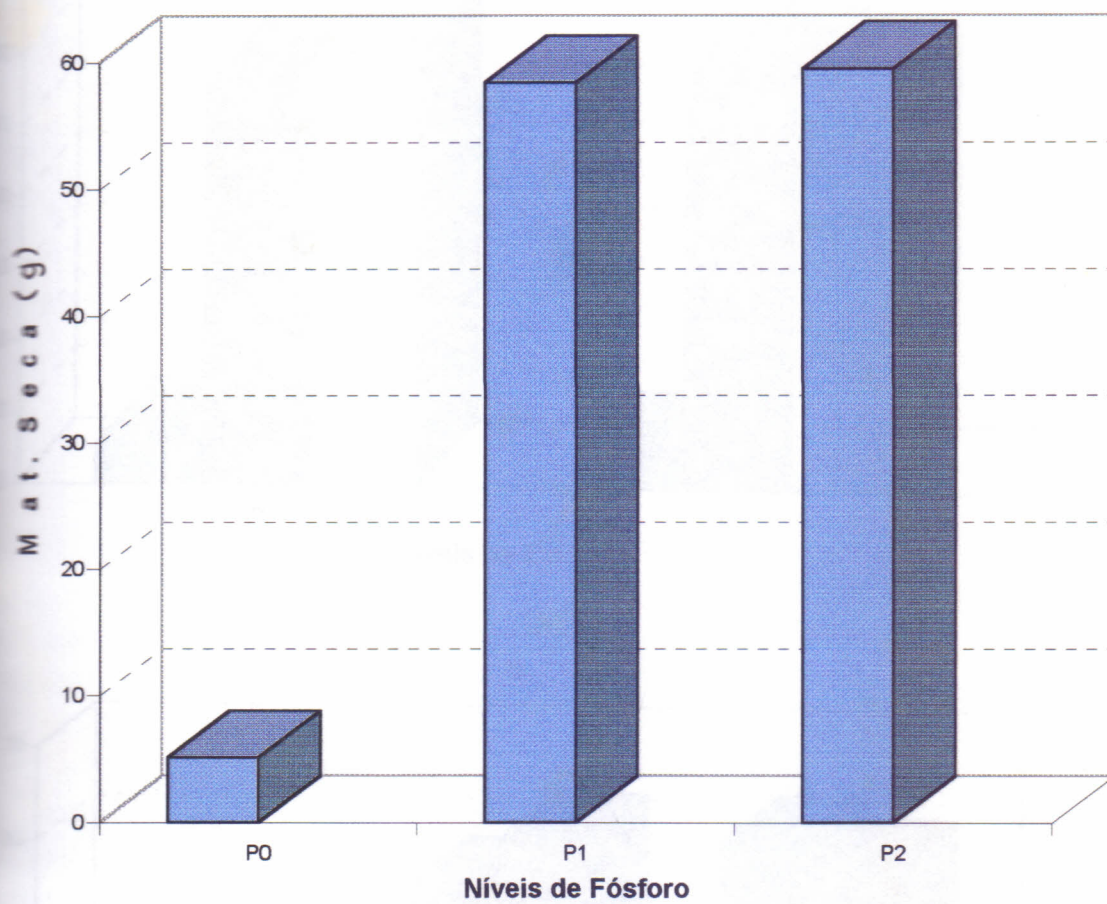


Figura 1: Peso médio da matéria seca da parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp) para níveis de fósforo (P0=0mg/vaso; P1=600mg/vaso; P2=1200mg/vaso).

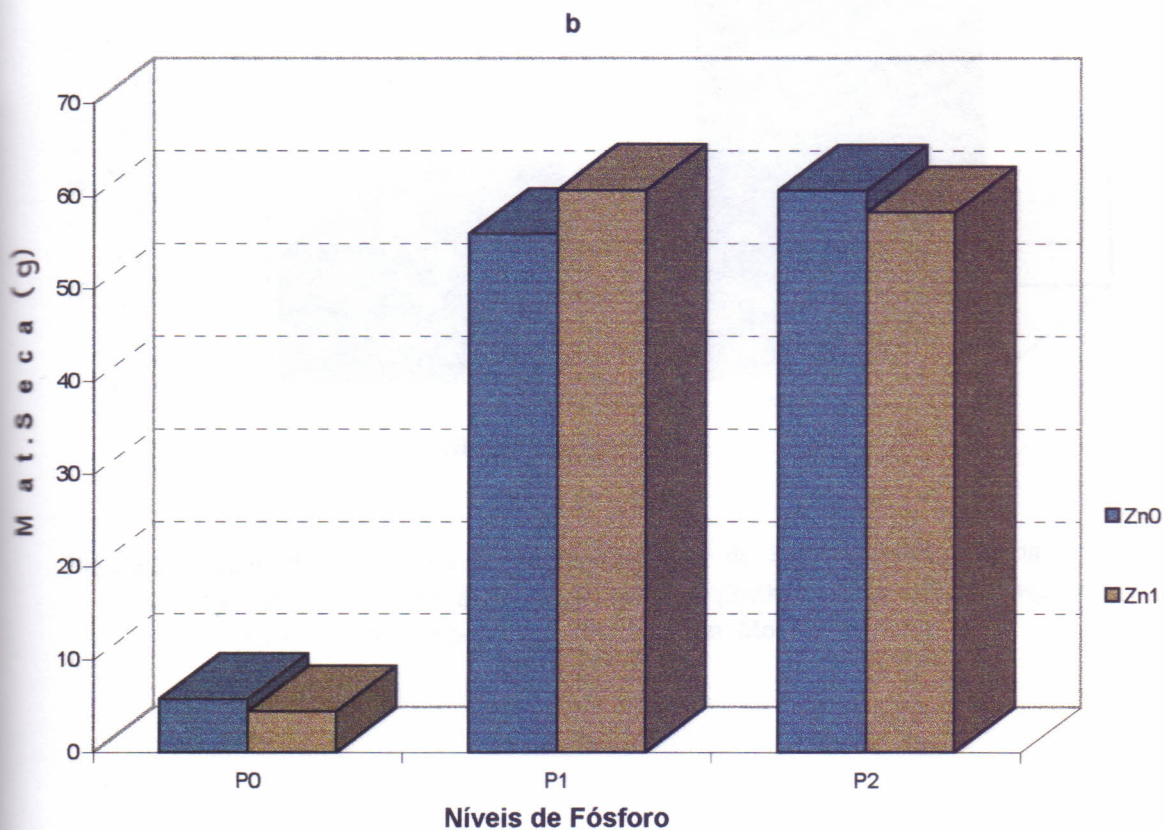
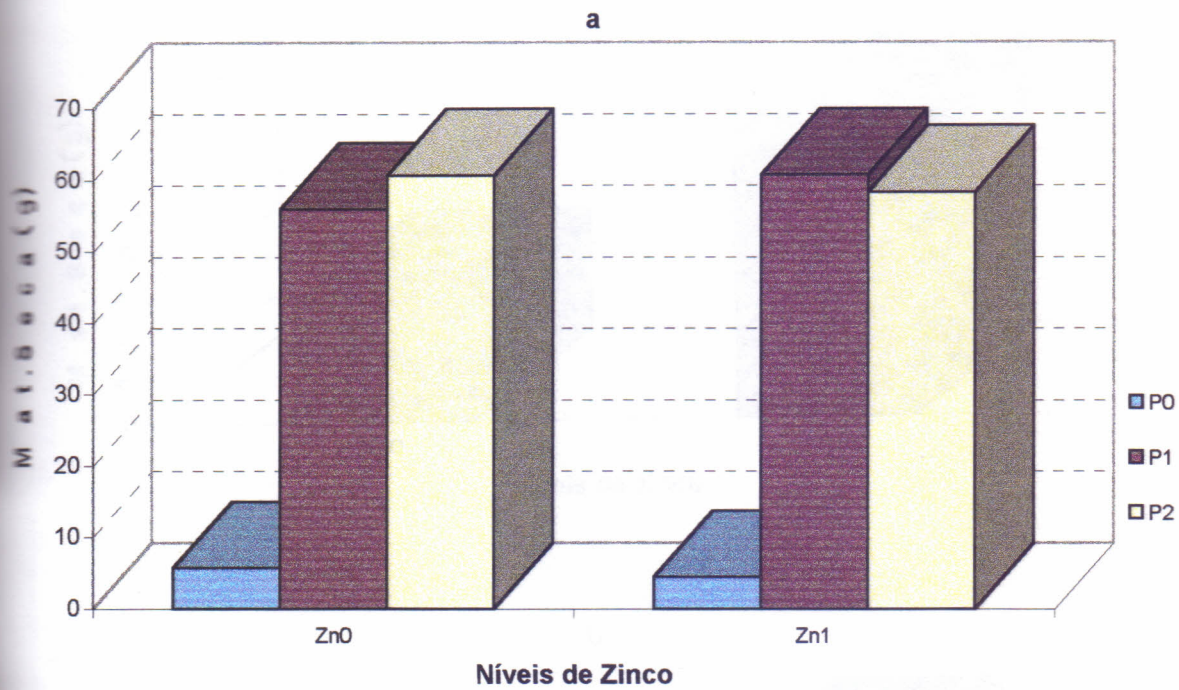


Figura 2: Peso médio da matéria seca da parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp): a) por níveis de zinco x fósforo (P0=0mg/vaso; P1=600mg/vaso; P2=1200mg/vaso) e b) por níveis de fósforo x zinco (Zn0=0mg/vaso; Zn1=20mg/vaso).

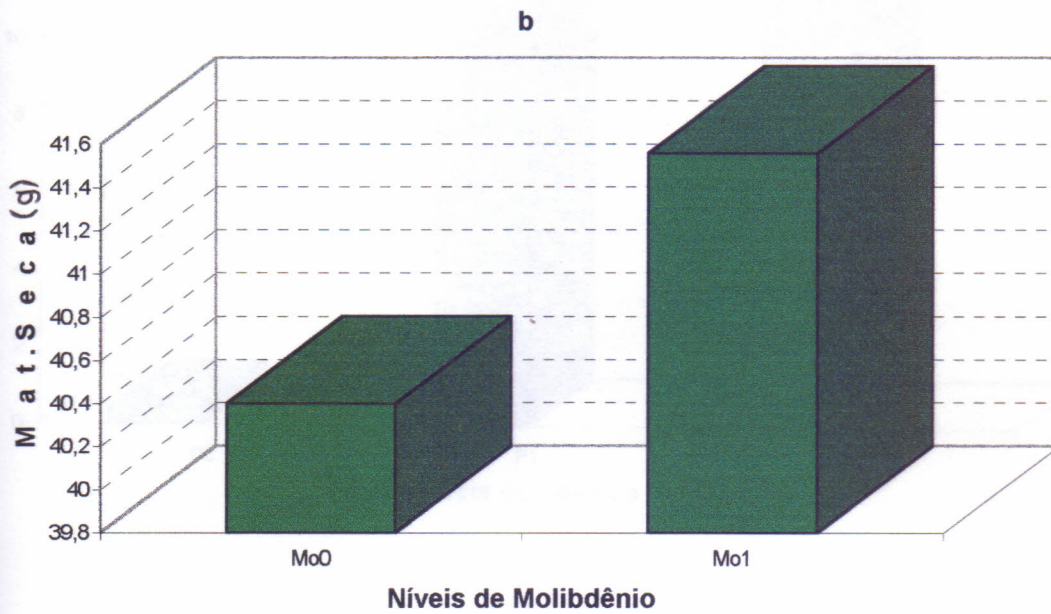
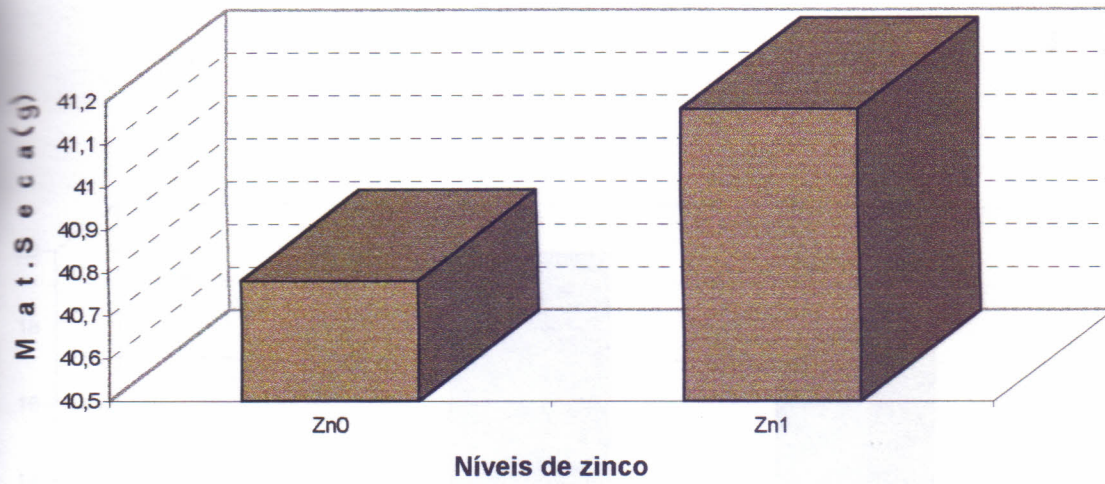


Figura 3: Peso médio da matéria seca da parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp): a) por níveis de zinco (Zn0=0mg/vaso; Zn1=20mg/vaso) e b) por níveis de molibdênio (Mo0=0mg/vaso; Mo1=2mg/vaso).

R 646040



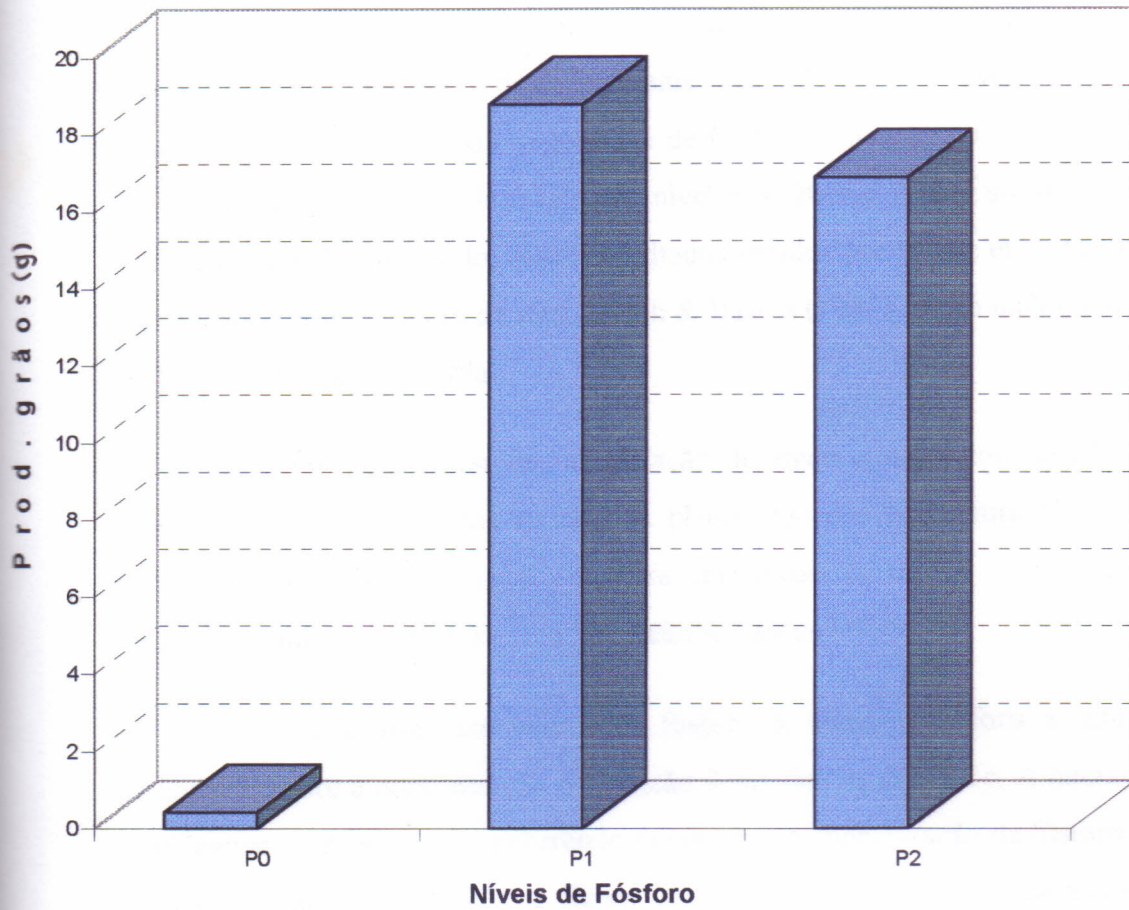


Figura 4 : Produção de grãos(g) no feijão-de-corda(*Vigna unguiculata*) por níveis de fósforo (P0=0mg/vaso; P1=600mg/vaso; P2=1200mg/vaso).

teste de Tukey a 5% de probabilidade, a influência estatisticamente significativa dos níveis de fósforo sobre a concentração desse nutriente na planta. Não foi verificado efeito significativo na adição isolada do cobre e molibdênio, nem das demais interações testadas sobre a concentração de P na parte aérea (Quadro 7).

A quantidade de fósforo acumulada na parte aérea aumentou gradativamente com as dosagens aplicadas deste nutriente (figura 5a). No nível P_0 (sem fósforo) a concentração média no tecido vegetal foi de 0,06%, enquanto no nível P_1 (600mg P/5kg solo) essa concentração foi de 0,12%; no nível P_2 (1200mg P/ 5kg solo) a concentração de P foi de 0,28%. Confirmando, assim, resultados obtidos por Muniz et al. (1985) e Martinez et al. (1993a) com a cultura da soja, Smyth & Bastos (1985) com o milho, e Rebouças et al. (1977) com o feijão-de-corda.

No presente estudo, a aplicação de zinco condicionou uma ligeira queda na concentração de fósforo dos tecidos da planta (Quadro 6 e figura 5b); a concentração passou de 0,16% de P no nível Zn_0 , para uma média de 0,14% no nível Zn_1 e confirma resultados obtidos por Pereira (1985) e Leão & Santos (1993).

Os efeitos das interações fósforo x zinco e fósforo x zinco x cobre x molibdênio sobre a concentração de P estão ilustrados na figura 5c. A interação P x Zn foi significativa ao nível de 5%, ocorrendo depressão na concentração de fósforo com relação à presença de zinco (Quadro 6 e figura 5b), confirmando dados semelhantes obtidos por Pereira (1985). As adições isoladas ou combinadas de Zn, Cu e Mo, não causaram diferenças significativas nas concentrações de P da parte aérea. Independente das adições de Zn, Cu e Mo, verifica-se que a concentração de P no nível P_1 é estatisticamente a mesma que no nível P_0 , indicando que existiu um efeito de diluição no tratamento P_1 (Quadro 6); no que concerne ao nível P_2 , o efeito de diluição não ocorreu. Efeito similar de diluição entre níveis de P aplicado foi encontrado por Leão (1990).

4.4 Concentração de zinco na parte aérea

Com relação às quantidades de Zn acumuladas na parte aérea da planta, a análise estatística (teste de Tukey e análise de variância) indicou que houve efeito significativo, a nível de 5%, apenas para as aplicações de Zn e P, não existindo significância estatística para as aplicações de cobre e molibdênio; nas interações testadas também não foi verificada significância estatística (Quadros 6 e 7).

A figura 6a mostra um aumento estatisticamente significativo da concentração de zinco na parte aérea com a aplicação de 20mg Zn/5kg solo; observou-se, em média, um incremento de 24,8% na quantidade de zinco dos tecidos; a concentração passou de 22,37mg/kg de Zn, no nível Zn₀, para 27,91mg/kg de Zn no nível Zn₁. Estes resultados são similares aos obtidos anteriormente por Galvão (1993) que encontrou, para soja, níveis críticos nas folhas em torno de 17,2mg/kg de zinco. Korndörfer et al. (1987) e Sousa (1992) também obtiveram resultados semelhantes ao constatarem um aumento na concentração de zinco nos tecidos com a elevação das dosagens de zinco aplicadas para a cultura do milho.

A concentração de zinco variou significativamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com os níveis de fósforo. Verificou-se que, no nível P₀ (sem fósforo), o teor médio de zinco foi de 44,78mg/kg; no nível P₁ (600mg P/5kg solo) foi de 15,26mg/kg, o qual foi equivalente no nível P₂ (1200mg P/5kg solo) que apresentou concentração média de 15,40mg/kg de zinco. Pelos dados acima, constatou-se uma queda acentuada na concentração total de zinco dos tecidos ao se adicionar fósforo no solo (figura 6b). Estes resultados são compatíveis com os encontrados por outros pesquisadores (Fageria & Zimmermann, 1979; Pessoa et al., 1994; Bertoni et al., 1996). A variação da concentração do zinco se deve, possivelmente, ao efeito de diluição causado pelo maior crescimento da planta, o qual foi estimulado pelos níveis de fósforo; outra causa da variação pode estar relacionada com a precipitação do zinco pelo fósforo ao nível do solo ou, talvez, da planta (Olsen, 1972; Bahia, 1973; Parker et al., 1992). Não se confirmou,

neste estudo, efeitos estatisticamente significativos do cobre e do molibdênio sobre as concentrações de zinco dos tecidos (figuras 7c e 7d).

4.5 - Concentração de cobre na parte aérea

Os resultados dos efeitos dos tratamentos sobre o teor de cobre na parte aérea da planta encontram-se nos quadros 6 e 7. Ficou demonstrado pela análise de variância, ao nível de 5%, o efeito significativo do fósforo e da interação fósforo x zinco x molibdênio sobre a concentração de cobre da parte aérea. O teste de Tukey revela ainda que, os tratamentos com zinco, cobre, molibdênio e demais interações, não causaram alterações estatisticamente significativas no teor de cobre da parte aérea (veja quadro 6).

A concentração de cobre na parte aérea sofreu um efeito depressivo com a adição de fósforo; a concentração passou de 9,73 mg/kg de Cu, no nível zero de P (P_0), para 5,60 e 6,96mg/kg de cobre, respectivamente nos níveis P_1 e P_2 (figura 6a). Esses resultados se devem possivelmente ao aumento no peso total da matéria seca promovido pela adubação fosfatada. Resultados similares foram obtidos por Lambert et al. (1979).

Com relação ao efeito da interação fósforo x zinco x molibdênio sobre o cobre acumulado, verificou-se, também, um diminuição no teor de cobre da parte aérea (figura 7b). Como na situação anterior, a responsabilidade desse efeito pode-se debitar inteiramente ao fósforo.

Quadro 6. Efeitos das adições de fósforo, zinco, cobre, molibdênio e das interações sobre as concentrações de fósforo, zinco e cobre da parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.).

Tratamento	Concentração		
	Fósforo%.....	Zincomg / kg.....	Cobre
EFEITOS PRINCIPAIS DO FÓSFORO			
P ₀	0,06 a	44,78 a	9,73 a
P ₁	0,12 a	15,26 b	5,60 b
P ₂	0,28 b	15,41 b	6,98 b
EFEITOS PRINCIPAIS DO ZINCO			
Zn ₀	0,16 a	22,37 a	7,49 a
Zn ₁	0,14 a	27,91 b	7,46 a
EFEITOS PRINCIPAIS DO COBRE			
Cu ₀	0,15 a	25,93 a	7,19 a
Cu ₁	0,15 a	24,37 a	7,75 a
EFEITOS PRINCIPAIS DO MOLIBDÊNIO			
Mo ₀	0,15 a	25,39 a	7,37 a
Mo ₁	0,15 a	24,91 a	7,57 a
EFEITO DAS COMBINAÇÕES P x Zn x Cu x Mo			
P ₀ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	0,06 a	40,98 a	9,51 a
P ₀ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	0,05 a	43,80 b	9,51 a
P ₀ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	0,07 a	47,10 c	11,63 b
P ₀ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	0,06 a	31,56 d	8,46 cd
P ₀ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	0,06 a	52,24 e	9,16 ac
P ₀ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	0,06 a	51,01 e	9,86 a
P ₀ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	0,06 a	45,88 c	8,81 ac
P ₀ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	0,06 a	45,63 c	10,92 e
P ₁ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	0,12 a	12,23 f	4,23 f
P ₁ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	0,12 a	13,58 f	6,34 gh
P ₁ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	0,13 a	15,05 f	5,64 g
P ₁ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	0,13 a	16,15 fg	7,40 i
P ₁ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	0,11 a	15,90 f	5,99 g
P ₁ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	0,11 a	17,86 g	5,64 g
P ₁ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	0,10 a	13,34 f	5,29 g
P ₁ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	0,12 a	17,98 g	5,29 g
P ₂ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	0,33 b	13,82 f	6,69 h
P ₂ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	0,27 b	11,75 f	6,34 h
P ₂ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	0,29 b	11,99 f	7,05 hi
P ₂ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	0,30 b	10,52 f	7,05 hi
P ₂ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	0,26 b	18,10 g	7,05 hi
P ₂ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	0,27 b	19,82 g	5,99 g
P ₂ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	0,28 b	17,98 g	7,40 i
P ₂ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	0,25 b	19,21 g	8,10 d
CV (%)	16,50	25,50	21,30

Para cada efeito, médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Quadro 7. Resumo da análise de variância com os valores de F calculado para o peso seco, concentração de fósforo, zinco e cobre na parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.), cultivado em Cambissolo Eutrófico da Chapada do Apodi, Município de Quixeré, Ceará.

Fator de Variação	G. L.	Valor de F			
		Peso Seco	Fósforo	Zinco	Cobre
P	2	1196,71**	600,73**	168,90**	39,96**
Zn	1	0,15ns	7,19**	13,43**	0,01ns
Cu	1	0,09ns	0,07ns	1,06ns	2,23ns
Mo	1	1,25ns	0,50ns	0,10ns	0,30ns
Zn x Cu	1	0,39ns	0,26ns	0,38ns	0,30ns
P x Cu	2	0,34ns	0,17ns	1,03ns	0,19ns
Cu x Mo	1	0,20ns	0,20ns	0,64ns	0,01ns
P x Zn	2	4,60*	3,80*	1,40ns	0,30ns
Zn x Mo	1	0,31ns	0,83ns	1,46ns	0,15ns
P x Mo	2	0,89ns	1,46ns	1,25ns	0,82ns
P x Zn x Cu	2	0,10ns	0,72ns	0,26ns	0,92ns
Zn x Cu x Mo	1	0,46ns	1,41ns	1,36ns	2,22ns
P x Zn x Mo	2	0,16ns	0,07ns	0,12ns	3,90*
P x Cu x Mo	2	0,22ns	0,28ns	1,07ns	0,56ns
P x Zn x Cu x Mo	2	0,63ns	3,40*	1,07ns	0,64ns
C. V.(%)		10,74	16,50	25,50	21,30

* Significativo à 5%.

** Significativo à 1%.

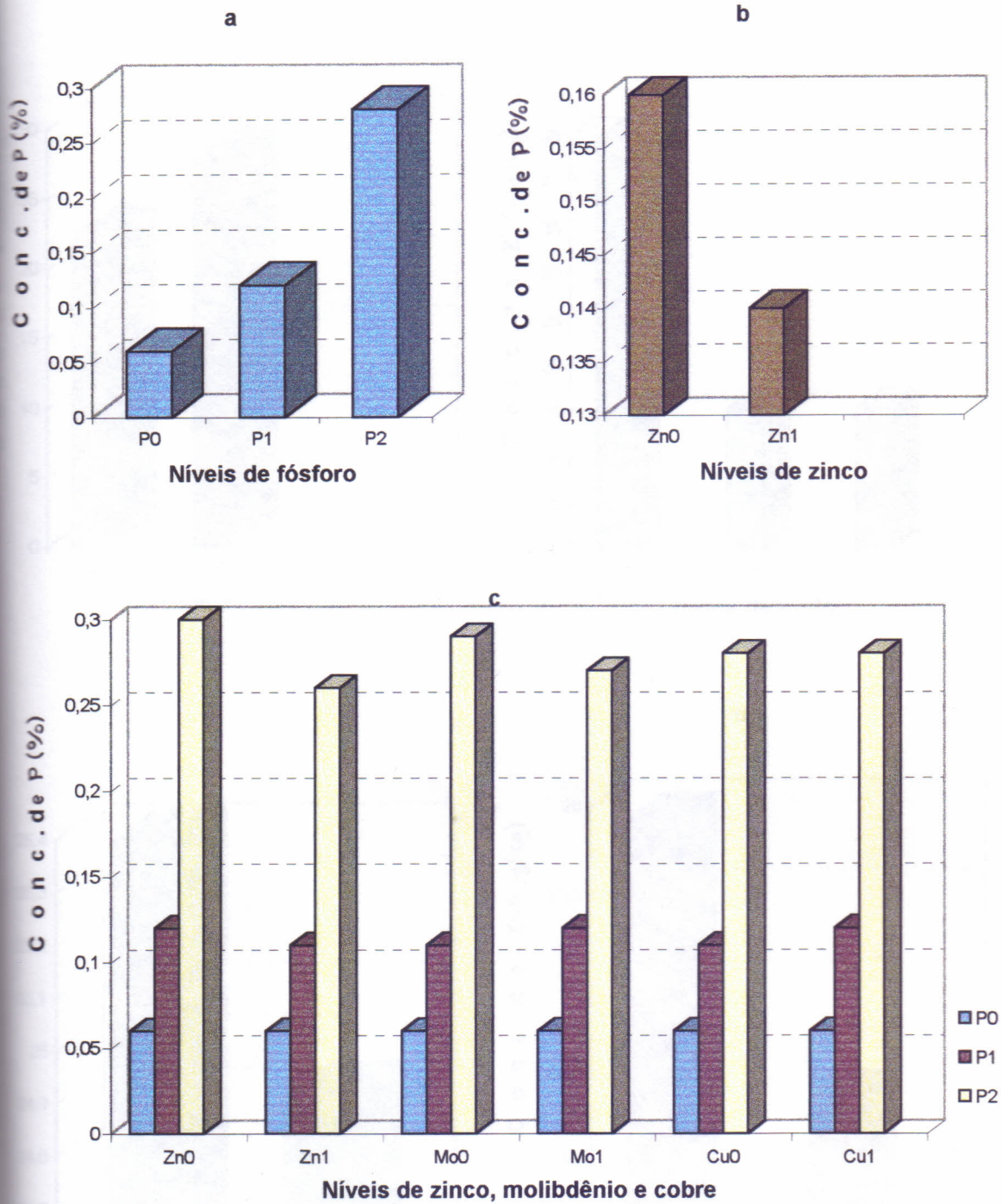


Figura 5: Concentração de fósforo na parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp) : a) por níveis de fósforo (P0=0mg/vaso; P1=600mg/vaso; P2=1200mg/vaso), b) por níveis de zinco (Zn0=0mg/vaso; Zn1=20mg/vaso) e c) por níveis de fósforo, zinco, cobre (Cu0=0mg/vaso; Cu1=15mg/vaso) e molibdênio (Mo0=0mg/vaso; Mo1=2mg/vaso).

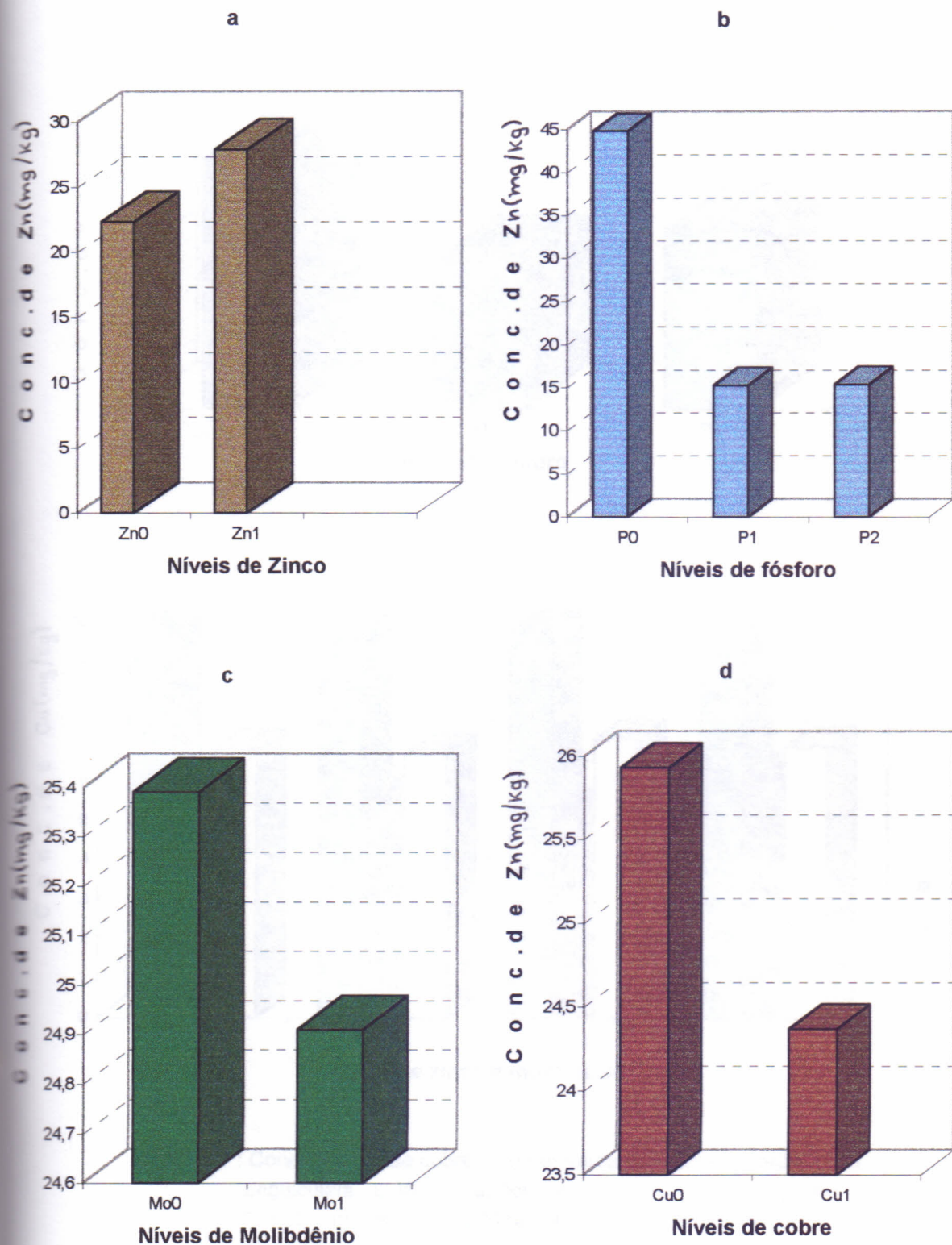
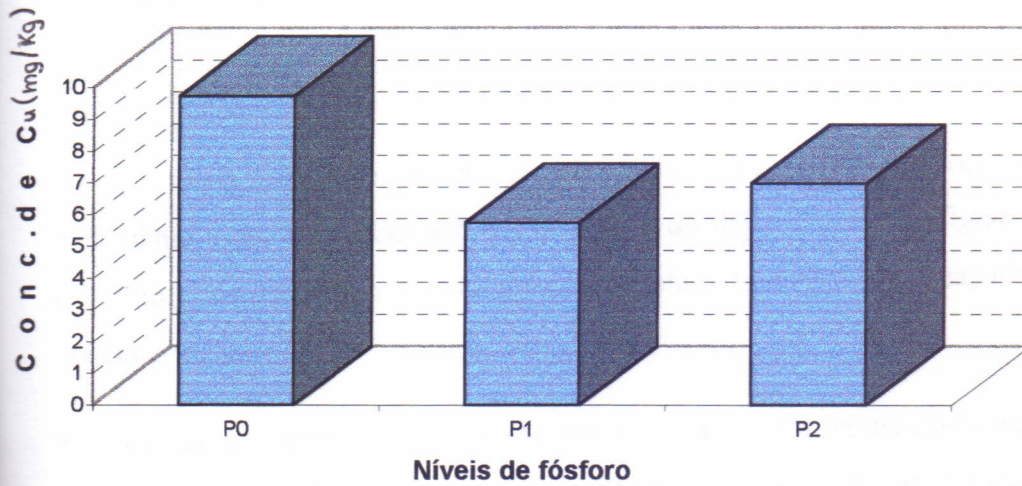


Figura 6 : Concentração de zinco na parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp):
 a) por níveis de zinco (Zn0=0mg/vaso; Zn1=20mg/vaso), b) por níveis de fósforo,
 (P0=0mg/vaso; P1=600mg/vaso; P2=1200mg/vaso), c) por níveis de molibdênio
 e d) por níveis de cobre (Cu0=0mg/vaso; Cu1=15mg/vaso).

a



b

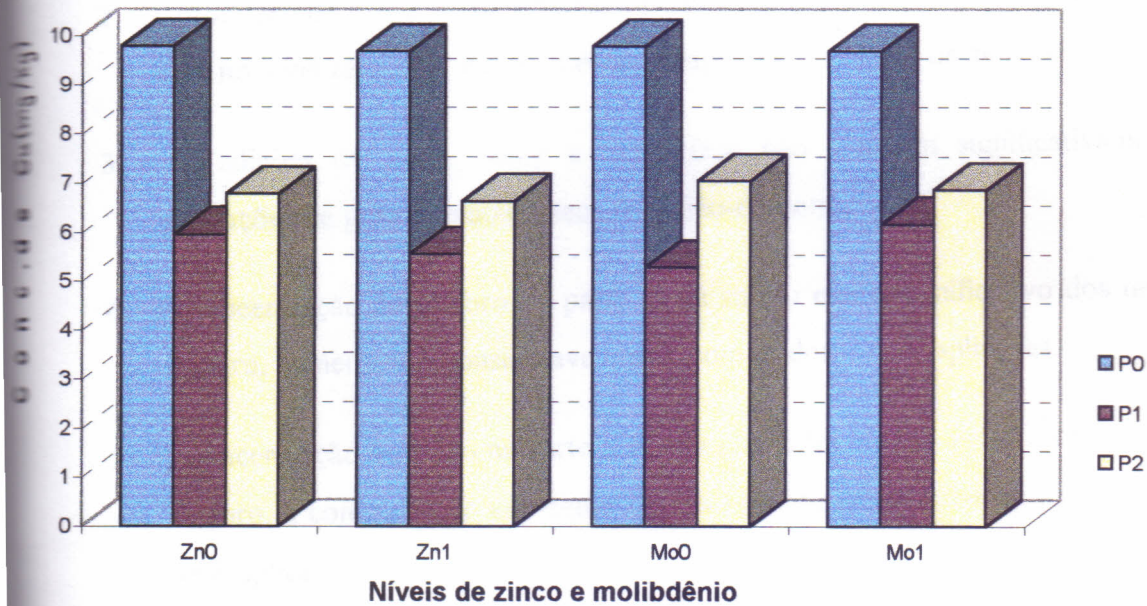


Figura 7 : Concentração de cobre na parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp) : a) por níveis de fósforo (P0=0mg/vaso; P1=600mg/vaso; P2=1200mg/vaso) e b) por níveis de fósforo, zinco (Zn0=0mg/vaso; Zn1=20mg/vaso) e molibdênio (Mo0=0mg/vaso; Mo1=2mg/vaso).

5 CONCLUSÕES

Pela análise dos resultados dos efeitos dos níveis de fósforo, zinco, cobre e molibdênio e das interações sobre a produção do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.), cultivado em Cambissolo Latossólico Eutrófico da Chapada do Apodi, concluiu-se que:

- 1 - O peso da matéria seca da parte aérea da planta foi influenciado exclusivamente pelas adições de fósforo, apesar da não ocorrência de diferenças estatisticamente significativas entre as doses P_1 e P_2 .
- 2 - A produção de grãos foi determinada pelas adições de fósforo, sendo praticamente nula no nível zero de P e sem diferenças significativas entre os demais níveis.
- 3 - As adições de zinco, cobre e molibdênio não afetaram significativamente as produções de grãos e matéria seca do feijão-de-corda.
- 4 - A concentração de fósforo da parte aérea sofreu efeito significativo dos níveis de fósforo, aumentando consideravelmente com as doses de P aplicadas.
- 5 - A concentração de zinco na parte aérea da planta foi afetada pelos níveis de zinco e fósforo; a concentração aumentou com o nível de zinco e diminuiu com os níveis de P aplicados.
- 6 - A concentração de cobre na parte aérea da planta diminuiu à medida que aumentou a quantidade de fósforo aplicada.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGBENIN, J. O. & TIESSEN, H. The effects of soil properties on the differential phosphate sorption by semiarid soils from northeast Brazil. *Soil Sci.*, Baltimore, vol. 157, n 1, 36-45, 1994.
- ALMEIDA, D. L. de & VELLOSO, A. C. X. Fixação de fósforo em solos do Estado do Rio de Janeiro. *Pesq. agróp. bras.*, 17(7): 1023- 1029, 1982.
- ALMEIDA, L. D. & BULISANI, E. A. Técnicas para aumentar a rentabilidade do feijoeiro, *Correio agrícola (BAYER)*, São Paulo, 1; 236-43, 1980.
- ALVAREZ V. H. & FONSECA D. M. da. Definição de doses de fósforo para determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios em casa de vegetação. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 14: 49-55, 1996.
- ANJOS, J. T.; PUNDEK, M.; TASSINARI G. & GRIMM, S. S. Efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre algumas propriedades químicas de um cambissolo húmico distrófico, cultivado com milho. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 5: 50-54, 1981.
- ARAUJO, J. P. P. de & WATT, E. E.; *O caupi no Brasil*. Brasília. Brasília, EBRAPA, 1988.
- ASSAAD, F. F. & NIELSEN, J. D. Adsorption of zinc in selected soils from denmark. *Acta Agriculturae Scandinavica*, Stockholm. 35:48-54, 1985.
- BACHE, B. W. Aluminum and iron phosphate studies relating to soils, II. Reactions between phosphate and hydrous oxides. *Soil Sci.*, Baltimore, 15: 110-116, 1964.
- BAHIA, F. G. T. C. Absorção de zinco em relação à adubação fosfatada e a calagem, em dois solos de Minas Gerais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1973. 31p. (Dissertação de Mestrado)
- BAKER, D. E. Copper: Soil,water, plant relation ships. *Federation proceedings*, Bethesda, 33:1188-93, 1974.
- 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. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 14:333-338, 1990.
- BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. da & BARBOSA, A. M. Interação entre calagem e zinco na absorção de nutrientes e produção de arroz de sequeiro em casa de vegetação. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 16:355-360, 1992.

- BATAGLIA, O. C. & DECHEN, A. R. Critérios alternativos para diagnose foliar. In Simpósio Avançado de Química e Fertilidade do Solo, Piracicaba, 1986, Anais, Campinas, Fundação Cargill, p. 115-36, 1986.
- BENDER, R. J. & BARROS, I. B. I. de. Efeito do molibdênio na produção e nos teores foliares de nutrientes do morangueiro. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 19(1):73-78, 1984.
- BERTONI, J. C.; ROSCOE, R.; CARVALHO, J. G. de & CAMARGO, R. de. Resposta de cultivares de arroz (*Oryza Sativa* L.) irrigado a diferentes doses de fósforo. II. Teores e acúmulo de fósforo e zinco. XXII Reunião Brasileira de Fertilidade e Nutrição de Plantas, Manaus - AM. Anais- Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Jul / 1996.
- BESSA, P. P. Características de sorção de fósforo em solos do Estado o Ceará. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1991. (Dissertação de Mestrado)
- BINGHAM, F. T. Relations between phosphorus and micronutrients in plants. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 27: 389-91, 1962.
- BITTENCOURT, V. C. & ZAMBELLO Jr., E. Comportamento do fósforo em solos tropicais I. Isotermas de Adsorção. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 10:59-64, 1975.
- BOLLAND, M. D. A.; POSNER, A. M. & QUIRK, J. P. Zinc adsorption by goethite in the absence and presence of phosphate. *Aust. J. Soil Res.*, Melbourne, 15(3): 279-286, 1977.
- BOWEN, J. E. "Trace element stress in plants". *Int. Symp. Los Angeles*, p. 24 p. 6-9, 1979.
- BOWEN, J. E. Absorption of copper, zinc and manganese by sugarcane tissue. *Plant Physiology*, Lancaster, 44: 255 - 61, 1969.
- BRAGA, J. M. Princípios básicos de química do solo, Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 179p, 1978.
- BUZETTI, S.; MURAOKA, T. & MAURO, A. D. Doses de zinco em diferentes condições de acidez de um solo de Cerrado II. Nível crítico na planta. *Pesq. agropec. bras.* Brasília, v.26, p.919, 1991.
- CABALLERO, S. U.; STEFANELLI, D.; OLIVEIRA C. de & VITAL R. Necessidades de nutrientes e calagem na produção de matéria seca do feijoeiro num Latossolo vermelho amarelo da Região de Barretos, São Paulo. *R. Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 22 (4): 387-391, 1987.

- CAMARGO, O . A. Reações e interações de micronutrientes no solo. Micronutrientes da Agricultura. Piracicaba, POTAFOS, p. 242, 1991.
- CARVALHO, A. M . de; FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P. de & KINJO, T. Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos Cerrados. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 19:61-67, 1985.
- CATANI, R. A. ; ALCARDE, J. C & FURLANI, R. P. A. Adsorção de molibdênio pelo solo., Anais da Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 27: 223-37, 1970.
- CAVALLARO, N. & McBRIDE, M. B. Zinc and copper and fixation by an acid soil clay: effect of selective dissolutions. Soil Sci Soc. Am. Proc., Madison, 48(5): 1050-1054, 1984.
- CHANG, S. C. & CHU, W.K. The fate of soluble phosphate applied to soils. Soil Sci. J., Baltimore, 12:286-293, 1961.
- CHAUDHRY, F. M. & LONERAGAN, J. E. Effects on nitrogen, copper and zinc fertilizers on the copper an zinc nutrition of wheat plant. Aust. J. Agric. Res., Melbourne, 21: 865-879, 1970.
- CHAUDHRY, F. M.; SHARIF, M; LATIF, A. & OURESHI, R. H. Zinc-copper antagonism in the nutrition of rice (*Oryza sativa L.*). Pl. Soil., Hague, 38: 573-580, 1973.
- CORRÊA, J. R. V.; JUNQUEIRA NETTO, A. ; RESENDE, P. M. de & ANDRADE, L. A. de B. Efeitos de *Rhizobium*, molibdênio e cobalto sobre o feijoeiro comum c. v. carioca. Pesq. agropec. bras., Brasília, 25(4):513-519, 1990.
- CUNHA, R. C. de A. ; CAMARGO, O .A. de & KINJO, T. Retenção de zinco em solos paulistas. Bragantia, Campinas, 53(2): 291-301, 1994.
- DANTAS, J. P.; BERGAMIN FILHO, H. & MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição, mineral do feijão macassar (*Vigna Sinensis Endl.*) IV. Exigências de Macro e Micronutrientes. Anais ESALQ, 36:425-34, 1979.
- ELLIS, B. G. & KNEZEK, B. D. Adsoption reactions of micronutrents in soils. In: MONTEVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. Ed. Micronutrients in agriculture, Soil Sci. Soc. Am., Madison, p. 59-78, 1972.
- ENGLER, R. M. & PATRICK Jr. W. H. Stability of sulfides of Manganese, iron, zinc, copper, and mercury in flooded and non flooded soil. Soil Sci., Baltimore, 119;217-21, 1975.

- EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas: Princípios e perspectivas. São Paulo, Ed. Universidade de São Paulo, 341p, 1975.
- FAGERIA N. K. & ZIMMERMANN, F. J. P. Interação entre fósforo, zinco e calcário em arroz de sequeiro. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 3:88-92, 1979.
- FAGERIA, N. K. Influência da aplicação de fósforo no crescimento, produção e absorção de nutrientes do arroz irrigado R. bras. Ci. Solo, Campinas, 4: 26-31, 1980.
- FERREIRA, M. E. & CRUZ, M. C. P da. Micronutrientes na agricultura, Piracicaba, Potafos, p. 151-157. 1991.
- FOX, R. L. & KAMPRATH, E. J. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 34: 902-907, 1970.
- GALLO, J. R. & MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à maturação. Bragantia, Campinas, n. 40, v. 20, p. 867- 884, 1961.
- GALRÃO, E. Z. & MESQUITA FILHO, M. V. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob Cerrado. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 5:167-170, 1981b.
- GALRÃO, E. Z. Níveis críticos de zinco em latossolo Vermelho-amarelo argiloso sob cerrado para a soja. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 17(1):83-87, 1993.
- GALRÃO, E. Z. Resposta do trigo à aplicação de cobre em solo orgânico de várzea. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 12: 275-279, 1988.
- GALRÃO, E. Z.; SOUZA, D. M. G. de & PEREJ, J. R. R. Caracterização de deficiências nutricionais em solos de várzeas da região dos Cerrados. Pesq. agropec. bras., Brasília, 19:1091-1101, 1984.
- GALRÃO, E. Z. & SOUSA, D. M. G. de. Resposta do trigo à aplicação de cobre em um solo orgânico. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 9: 149-153, 1985.
- GALRÃO, E. Z. & MESQUITA FILHO, M. V. de. Efeito de micronutrientes na produção e composição química do arroz (*Oryza Sativa* L.) e do milho (*Zea Mays* L.) em solo de cerrado. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 5:72-75, 1981b.
- GIORDANO, P. M. & MORTVEDT, J. J. Response of several rice cultivars to Zn. Agron. J., Madison, v. 66. P. 220-223, 1974.

- GONÇALVES, J. L. M.; NOVAIS, R. F. ; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L & RIBEIRO, A.C. Cinética de transformação de fósforo lábil em não-lábil em solos de Cerrado. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 13:13-24. 1989.
- GUPTA, V. C. & MUNRO, D. C. Influence of sulfur, molybdenum and phosphorus on chemical composition and yields of brussels sprouts and of molybdenum on sulfur contents of several plant species grown in the greenhouse. Soil Sci., Baltimore, 10: 114-8, 1969.
- GURLEY W. H. & GIDDENS, J. Factor affecting uptake, yield response, and carryover of molybdenum in soybean seed. Agron. J., Madison, 61: 7-9, 1969.
- HAAG, H. P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H. & BRANCO, H. G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. Bragantia, Campinas, 26(30): 381-91, 1967.
- HARMSSEN, K. & VLEK, P. L. C. The chemistry of micronutrient in soil. Fertilizer Research, Dordrech, 7: 1-42, 1985.
- HINGSTON, F. J.; POSNER, A. M. & QUIRK, J. P. Anion adsorption by goethite and gibbsite. I. The role of the proton in determining adsorption envelopes. Soil Sci J., London, 23: 177-192, 1972.
- HOLANDA, J. S. de & MEDEIROS, A. A. de, Caracterização de solos norte-riograndenses quanto à absorção de fósforo. Pesq. agropec. bras., Brasília, 19(10): 1279-1284, 1984.
- HOLFORD, I. C. R; WEDDERBURN, R. W. M. & MARTTINGLY, G. E. G. A langmuir two- surface equation as a model for phosphate adsorption by soils. Soil. Sci J., London, 25: 242-255, 1974.
- HOROWITZ, A. Os íons do molibdênio no solo - Um exemplo da aplicação dos diagramas Eh - pH. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 2:98 - 103, 1978.
- HSU, P. H. Fixation of phosphate by aluminum and iron in acidic soils. Soil Sci. Baltimore, 99:398 -402, 1965.
- IGUE, K. & BORNEMISZA, E. El problema del Zn en Suelos y plantas de regiones tropicales y de zonas templadas. Fitotecnia Latinoamericana, San Jose, 4: 29-44, 1967.
- KABATA, A. P. & PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. Florida. C.R. C. Press, 315p, 1984.

- KAMPRATH, E. J. Residual effect of large application of phosphorus on high phosphorus fixing soils. *Agron. J.*, Madison, 59:25-7, 1967.
- KIEHL, E. J. Manual de Edafologia. Relações Solo-Planta. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres., p.263, 1979.
- KORNDÖRFER, G. H.; EIMORI, I. E. & TEILECHEA, M. C. R. Efeito de técnicas de adição do zinco a fertilizantes granulados na produção de matéria seca do milho. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 11:329-332, 1987.
- KRAUSKOFF, K. B. Geochemistry of micronutrients. In: MORTVEDT, J. J. GIORDANO, P. M., LINDSAY, W. L. Ed. *Micronutrients in agriculture*, Madison, Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, p. 7-40, 1972.
- LAMBERT, D. H.; BAKER, D. E. & COLE Jr., H. The role of mycorrhizae in the interactions of phosphorus with zinc, copper, and other elements. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 43, 1979.
- LEÃO, R. M. A. & SANTOS O. S. dos. Efeitos do fósforo e do zinco no arroz de sequeiro em Latossolo vermelho escuro, *Ci. Rural*, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 139-143, 1993.
- LEÃO, R. M. A. Efeito do fósforo e do zinco no comportamento do arroz de sequeiro em Latossolo vermelho escuro sob vegetação de cerrado. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria., 123p, 1990. (Dissertação de Mestrado).
- LINDSAY, W. L. Zinc in soils and plant nutrition. *Advances in Agronomy*. New York, 24: 147-86, 1972.
- LONERAGAN, J. F. The availability and absorption of trace elements in soil - plant systems and their relation to movement and concentrations of trace elements in plants. In: NICHOLAS, D. J. D. & EGAN, A. R. Ed. *Trace elements in soil- plant - animal systems*, London, Academic Press, p. 109 - 34, 1975.
- LONERAGAN, J. F; GRUNES, D. L; WELCH, R. M.; ADUAYI, E. A.; TENGAH, A. LAZAR, V. A. & CARY E. E. Phosphorus accumulation and toxicity in leaves in relation to zinc supply. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v.46, P. 345-352, 1982.
- LOPES, A. S. & COX, F. R. Relação de características físicas, químicas e mineralógicas com fixação de fósforo em solos sob cerrados. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 3: 82-88, 1979.
- MACHADO, P. L. O. de A. & PAVAN, M. A. Adsorção de zinco por alguns solos do Paraná. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 11:253-256, 1987.

- MACKAY, D. C.; CHIPMAN, E. W. & GUPTA, V. C. Copper and molybdenum of crops crown on acid sphagnum peat soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 30: 755, 1966.
- MALAVOLTA E. Nutrição e Adubação. In: *Simpósio Brasileiro de Feijão*, 1. Campinas, 1971. *Anais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa*, p. 211-42, 1972.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, R. Ceres, Viçosa, 251p, 1980.
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral de plantas. In: *Curso de atualização em fertilidade do solo*, 1, Ilha Solteira, 1987. *Trabalhos apresentados, Campinas, Fundação Cargill*, p. 33-101, 1987.
- MALAVOLTA, E; VITTI, G. C; OLIVEIRA, S. A . Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Potafos, Piracicaba. 201p, 1989.
- MANDAL, B.; CHATTERJEE, J.; HAZRA, G. C. & MANDAL, L. N. Effect of preflooding on transformation of applied zinc and its uptake by rice in lateritic soils. *Soil Sci.*, Baltimore, v. 153, n. 3. 1992.
- MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F; RODRIGUES, A. & SACRAMENTO, L. V. S. do. Comportamento de variedades de soja cultivadas em diferentes doses de fósforo: I. Cinética de absorção de fósforo e ajustes morfológicos da planta. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 17: 231-238, 1993 a .
- MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F.; RODRIGUES, A. & SACRAMENTO, L.V. S. do. Comportamento de variedades de soja cultivadas em diferentes doses de fósforo: II. Translocação do fósforo absorvido e eficiência nutricional. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 17: 239-244, 1993 b .
- MAY, P. H. Socioeconomic profile of cowpea producers in Northern Brazil, S.1, S. Ed., 12p, 1982.
- McBRIDE, M. B. Forms and distribution of copper in solid and solution phases of soil. In: LONERAGAN, J. F. ROBSON, A. .D. Ed. *Copper in soils and plants*. Sidney, Academic Press, p. 25-45, 1981.
- McLAREN, R. G. & CRAWFORD, D. V. Studies on soil copper, I The fractionation of copper in soils. *Soil Sci. J. Oxford*, 24: 172-81, 1973.

- MULJADI, D.; POSNER, A. M. & QUIRK, J. P. The mechanism of phosphate adsorption by kaolinite, gibbsite and pseudoboehmite. Part II. The location of the adsorption on sites. *Soil Sci. J.*, London, 17: 230-237, 1966 b.
- MULJADI, D.; POSNER, A. M. & QUIRK, J. P. The mechanism of phosphate adsorption by kaolinite, gibbsite and pseudoboehmite. Part. I. The isotherms and effect of pH on adsorption. *Soil Sci J.*, London, 17: 212-229, 1966 a.
- MUNIZ, A. S.; NOVAIS, R. F.; BARROS N. F. & NEVES J. C. L. Nível crítico de fósforo na parte aérea da soja como variável do fator capacidade de fósforo do solo. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 9: 237-243, 1985.
- OLIVEIRA, I. P. de, & DANTAS, J. P. Nutrição mineral do caupi. O Caupi no Brasil, Brasília, EMBRAPA, 1988.
- OLIVEIRA, I. P. de & THUNG, M. D. T.; Cultura do feijoeiro, fatores que afetam a produtividade, Piracicaba, Potafos, p. 181, 1988.
- OLIVEIRA, L. A.; SMYTH, T. J. & BONETTI, R. Efeito de adubações anteriores na nodulação e rendimento da soja e do feijão caupi no latossolo amarelo da Amazônia. *R. bras. de Ci. Solo*, Campinas, 16; 195 - 201, 1992.
- OLIVEIRA, O. F. de; CAMARGO, C. E. de & RAMOS, V. J. Efeito do fósforo sobre os componentes de produção, altura das plantas e rendimento de grãos, em trigo. *Bragantia*, Campinas, 43(1): 31-44, 1984.
- OLSEN S. R. Micronutrient interactions. In: MORTVEDT J. J; GIORDANO, P. M: LINDASAY, W. L. Ed. *Micronutrients in Agriculture*. *Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, p. 243-64, 1972.
- OLSEN, E. R. & WATANABE, F. S. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the lanmuir isotherm, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* Madison, 21: 144-149, 1957.
- OLSEN, S. R. & WATANABE, F. S. Diffusion of phosphorus as related to soil texture and plant uptake *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 27: 648-653, 1963.
- OLSEN, S. R.; KEMPER, W. D. & JACKSON, R. D. Phosphate diffusion to plant roots. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 26: 222-227, 1969.
- PAIVA, J. B.; ALBUQUERQUE, J. J. L. & BEZERRA, F. F. Adubação mineral em feijão-de-corda (*Vigna Sinensis Endl*) no Ceará - Brasil. *R. Ci. Agron.*, Fortaleza, 1(2): 75-78, 1971.

- PARFITT, R. L. Anion adsorption by soils and soil materials. *Advances in agronomy*, New York, 30: 1-5, 1978.
- PARKER, D. R.; AGUILERA, J. J. & THOMASON, D. N. Zinc-phosphorus interactions in two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum L.*) Grown in chelator - buffered nutrient solutions. *Plant Soil*, 143:163-177, 1992.
- PARKER, M. B. & HARRIS, H. B. Soybean response to molybdenum and lime and the relation ship between yield and chemical composition. *Agron. J.*, Madison, 54(6): 480-483, 1962.
- PEREIRA, L. F. Efeitos da aplicação de calcário, fósforo e zinco no crescimento e nutrição do trigo(*Triticum aestivum L.*) e arroz(*Oryza sativa L.*) em dois solos de várzea do estado de Minas Gerais. Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras. 135p, 1985. (Dissertação de Mestrado)
- PESSOA, A. C. dos S.; KAMINSKI, J.; CASSOL, L. C. & SANTOS, D. R. dos. Efeito do calcário, do fósforo e do zinco no rendimento de pensacola, *Ci. Rural*, Santa Maria, v. 24, n.1 p.35-39, 1994.
- PETERSON, N. K. & PURVIS E. R. Development of molybdenum deficiency symptoms in certain crop plants. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 25:111-117, 1961.
- PETRIE, S. E. & JACKSON, T. L. Effects of lime, P, and Mo application on Mo concentration in subclover. *Agron. J.*, Madison, vol. 74, p. 1077 a 1081, 1982.
- PONTE, N. T. Aspectos do feijão caupi no Estado do Pará. In: Curso de Treinamento para pesquisadores de caupi, Goiânia, 1979. Assuntos, Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1979.
- PRICE, C. A.; CLARK, H. E. & FUNKHOUSER, E. A. Functions of micronutrients in plants. In: micronutrients in agriculture, Madison, Soil Sci. Soc. Am., Madison, p. 231-2, 1972.
- RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Potafos. p.343, 1991.
- RAIJ, B. van & MASCARENHAS, H. A. A. Calibração potássio e fósforo em solo para soja. In: Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 15. Campinas, 1975, Anais, Campinas, SBCS, p 309-15, 1976.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. & SILVA, N. M. da. Extraction of phosphorus, potassium, calcium and magnesium from soils by na ion-exchange resin procedure. *Communications in soil science and plant analyses*. New York, 17:547-66, 1986.

- RAIJ, B. van; QUAGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S. & BATAGLIA, O. C. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill, 170p, 1987.
- RAJAN, S. S. A. & FOX, R. L. phosphate adsorption by soils. II. Reactions In tropical acid soils. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 39: 849-851, 1975.
- RAJU, P. S.; CLARK, R. B.; MAITI, R. K. & MARANVILLE J. W. Phosphorus uptake, distribution and use by glossy and nonglossy sorghum. J. Pl. nutr., New York, 10: 2017-2024, 1987.
- REBOUÇAS, M. A. A.; CRISÓSTOMO, L. A. & PAIVA, J. B. ; ALVES, J. F. Estudo da adubação fosfatada em feijão-de-corda (*Vigna sinensis* , L. *Savip.*), pela análise química das folhas. Ci. Agron., Fortaleza, 7(1-2); 87-92, 1977.
- REDDY, M. R. & PERKINS, H. F. Fixation of zinc by clay minerals. Soil Sci. Amer. Proc., Madison, Vol. 38, 1974.
- REISENAVER, H. M. The effect of sulfur on the absorption and utilization of molybdenum by peas. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 27-553-5, 1963.
- RITCHEY, K. D.; COX, F.; GALRÃO, E. Z & YOST. R. Disponibilidade de zinco para as cultura do milho, sorgo e soja em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. Pesq. agropec. bras., Brasília, 21(3): 215-225, 1986.
- ROSOLEM, C. A. Nutrição e adubação de feijoeiro. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1987, 93p. (Boletim técnico, 8).
- RUSCHEL, A. P.; ROCHA, A. C. de M. & PENTEADO, A. de F. Efeito do boro e do molibdênio aplicados a diferentes revestimentos da semente de feijão (*Phaseolus Vulgaris*). Pesq. agropec. bras., Brasília, 49-52, 1970.
- SAEED, M. & FOX, R. L. Influence of phosphate fertilization on zinc adsorption by tropical soils. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 43: 683-6, 1979.
- SANTOS, A. B. dos. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* (L)) ao molibdênio e ao cobalto em solos de Viçosa e Paula. Cândido, Minas Gerais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1978. (Dissertação de Mestrado)
- SANTOS, O. S. dos. Micronutrientes na agricultura. Potafos, Piracicaba, p.14-217, 1991.

- SHUMAN, L. M. Zinc adsorption isotherms for soil clays with and without iron oxides removed. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 40:349-52, 1976.
- SHUMAN, L. M. Effect of phosphorus level on extractable micronutrients and their distribution among soil fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 52: 136-41, 1988.
- SILVEIRA, R. I; MELO, F. A . F.; BRASIL SOBRINHO, M. O . C., ARZOLLA, S. & SARRUGE, J. R. Influência do pH, dos teores de fósforo solúvel, da matéria orgânica e das frações granulométricas sobre a fixação de zinco pelo solo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo, 15. Campinas, 1975, Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, p. 113-7, 1976.
- SIMS, J. L. & PATRICK Jr., W. H. The distribution of micronutrient cations in soil under conditions of varying redox potencial and pH. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 42:258 - 62, 1978.
- SINGH, R.; MÖLLER M. R. F. & FERREIRA, W. de A. Cinética da sorção de fósforo em solos dos trópicos úmidos da Amazônia. *R. bras. Ci. do Solo*, Campinas, 7: 227-231, 1983.
- SINGH, R.; MÖLLER, M. R. F. & FERREIRA, W. de A. Características da sorção do fósforo relacionadas com propriedades selecionadas de solos dos trópicos úmidos da Amazônia. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 7: 233 - 241, 1983.
- SIQUEIRA, C. & VELLOSO, A. C. Adsorção de molibdênio em solos sob vegetação de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 2:24-28, 1978.
- SMYTH, T. J. & BASTOS, J. B. Adubação fosfatada para o milho e caupi em Latossolo Amarelo Álico, trópico úmido. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 20(11):1259-1264, 1985.
- SOUSA, V. L. de; Avaliação da disponibilidade e resposta do milho ao zinco em Latossolo Amarelo do Estado do Piauí. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 67p, 1992. (Dissertação de Mestrado)
- SOUZA, E. C. A. de & FERREIRA, M. E. Micronutrientes na agricultura, o zinco. Piracicaba, p. 219- 242, 1991.
- STEVERSON, F. J. & ARDAKANI, M. S. Organic matter reactions involuig micronutrients in soil. In: MORTVEDT, J. J; GIORDANO, P. M. & LINDSAY, W. L. ed. *Micronutrients in agraculture*. Soil Sci. Soc. Am., Madison, p. 79-114, 1972.
- STEVERSON, F. J. *Humus chemistry: genesis, compotion, m reactions*. New York, Hohn Wiley & Sons, p 443, 1982.

TEXEIRA, S. M.; MAY, P. H. & SANTANA, A. C. de. O Caupi no Brasil, Brasília, Embrapa, p.102, 1988.

VAHL, L. C.; GOMES, A. S. & BOTELHO, R. C. Influência do Ca + Mg, Zn e P sobre o rendimento e outras características da cultura do arroz irrigado. Agros., Pelotas, v. 13, n.2-3, p.65-75, 1978.

VARVEL, G. E. Effect of banded and broadcast placement of Cu Fertilizers on correction of Cu deficiency. Agron. J., Madison, 75: 99-101, 1983.

VASCONCELOS, I.; ALVES, J. F. & LIMA, I. T. Nodulação do feijão-de-corda, *Vigna Sinensis (L)*, Savi, ao longo do ciclo cultural da planta. Ci. Agron., Fortaleza, 6(1-2): 11-5. 1976.

YOUTS, S. E. Rspnse of wheat to rates, dates of application and sources of copper and other micronutrients. Agron. J., Madison, 56: 226-269, 1964.

Quadro 1a. Efeito da adubação fosfatada, do zinco, do cobre, do molibdênio e interações no peso da matéria seca da parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.).

Tratamentos	Peso da Parte Aérea(g)			
	PxZnxCuxMo	PxZnxCu	PxZn	P
P ₀ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	7,04 a	5,38 a	5,73 a	5,09 a
P ₀ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	3,71 a	6,07 a		
P ₀ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	4,70 a		4,13 a	
P ₀ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	7,43 a	4,46 a		
P ₀ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	4,16 a		4,78 a	
P ₀ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	4,09 a	56,94 b		
P ₀ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	5,27 a		55,01 b	
P ₀ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	4,28 a	60,68 b		
P ₁ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	56,29 b		60,79 b	58,38 b
P ₁ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	57,62 b	60,89 b		
P ₁ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	52,53 b		60,52 b	
P ₁ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	57,49 b	60,76 b		
P ₁ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	58,92 b		57,29 b	
P ₁ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	62,43 b	58,31 b		
P ₁ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	59,91 b		59,32 b	
P ₁ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	61,86 b	59,36 b		
P ₂ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	58,68 b		60,64 b	59,47 b
P ₂ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	62,35 b	60,76 b		
P ₂ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	60,24 b		57,29 b	
P ₂ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	61,27 b	58,31 b		
P ₂ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	57,77 b		59,32 b	
P ₂ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	56,80 b	59,36 b		
P ₂ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	59,28 b		59,32 b	
P ₂ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	59,36 b	59,32 b		

C. V.(%)=10,74

Médias seguidas por mesma letra minúscula iguais não diferem pelo teste de tukey ao nível de 5% de significância.

Quadro 2a. Efeito da adubação fosfatada, do zinco, do cobre, do molibdênio e interações na produção de grãos no feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.).

Tratamentos	Produção de grãos(g)			
	PxZnxCuxMo	PxZnxCu	PxZn	P
P ₀ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	2,64 a	1,32 a	0,83 a	0,42 a
P ₀ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	0,00 a			
P ₀ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	0,51 a	0,34 a		
P ₀ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	0,16 a			
P ₀ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	0,00 a	0,00 a		
P ₀ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	0,00 a			
P ₀ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	0,00 a	0,00 a		
P ₀ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	0,00 a			
P ₁ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	18,60 b	17,97 b	20,22 b	18,77 b
P ₁ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	17,34 b			
P ₁ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	26,48 b	22,47 b		
P ₁ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	18,45 b			
P ₁ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	16,69 b	16,15 b	17,32 b	
P ₁ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	15,61 b			
P ₁ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	21,19 b	18,49 b		
P ₁ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	15,78 b			
P ₂ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	14,77 b	16,42 b	17,76 b	16,87 b
P ₂ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	18,06 b			
P ₂ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	19,82 b	19,10 b		
P ₂ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	18,38 b			
P ₂ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	14,26 b	15,43 b	15,98 b	
P ₂ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	16,60 b			
P ₂ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	15,36 b	16,53 b		
P ₂ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	17,69 b			

C. V.(%)=25,15

Médias seguidas por mesma letra minúscula iguais não diferem pelo teste de tukey ao nível de 5% de significância.

Quadro 3a. Efeito de diferentes níveis de fosfatada, zinco, cobre e molibdênio na concentração média de fósforo no feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.).

Tratamentos	Concentração de fósforo (%)			
	PxZnxCuxMo	PxZnxCu	PxZn	P
P ₀ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	0,056 a	0,054 a	0,058 a	0,058 a
P ₀ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	0,049 a			
P ₀ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	0,066 a	0,061 a		
P ₀ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	0,055 a			
P ₀ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	0,059 a	0,060 a		
P ₀ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	0,060 a			
P ₀ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	0,062 a	0,060 a		
P ₀ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	0,057 a			
P ₁ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	0,112 a	0,116 a	0,123 a	0,116 a
P ₁ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	0,120 a			
P ₁ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	0,129 a	0,129 a		
P ₁ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	0,129 a			
P ₁ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	0,112 a	0,113 a		
P ₁ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	0,113 a			
P ₁ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	0,095 a	0,106 a		
P ₁ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	0,117 a			
P ₂ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	0,329 b	0,302 b	0,298 b	0,281 b
P ₂ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	0,274 b			
P ₂ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	0,287 b	0,293 b		
P ₂ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	0,298 b			
P ₂ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	0,256 b	0,262 b		
P ₂ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	0,268 b			
P ₂ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	0,278 b	0,265 b		
P ₂ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	0,252 b			

C. V.(%)=16,5

Médias seguidas por mesma letra minúscula iguais não diferem pelo teste de tukey ao nível de 5% de significância.

Quadro 4a. Efeito de diferentes níveis de fosfatada, zinco, cobre e molibdênio na concentração média de zinco nos tecidos da parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.).

Tratamentos	Concentração de zinco (mg/kg)			
	PxZnxCuxMo	PxZnxCu	PxZn	P
P ₀ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	40,98	42,39	40,86	44,78
P ₀ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	43,80			
P ₀ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	47,10	39,33		
P ₀ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	31,56			
P ₀ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	52,24	51,63		
P ₀ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	51,01			
P ₀ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	45,88	45,76		
P ₀ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	45,63			
P ₁ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	12,23	12,91	14,26	
P ₁ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	13,58			
P ₁ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	15,05	15,60		
P ₁ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	16,15			
P ₁ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	15,90	16,88		
P ₁ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	17,86			
P ₁ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	13,34	15,66		
P ₁ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	17,98			
P ₂ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	13,82	12,79	12,03	15,41
P ₂ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	11,75			
P ₂ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	11,99	11,26		
P ₂ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	10,52			
P ₂ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	18,10	18,96		
P ₂ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	19,82			
P ₂ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	17,98	18,60		
P ₂ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	19,21			

Quadro 5a. Efeito de diferentes níveis de fosfatada, zinco, cobre e molibdênio na concentração média de cobre nos tecidos da parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.).

Tratamentos	Concentração de cobre (mg/kg)			
	PxZnxCuxMo	PxZnxCu	PxZn	P
P ₀ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	9,51	9,51	9,76	9,73
P ₀ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	9,51			
P ₀ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	11,63	10,01		
P ₀ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	8,46			
P ₀ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	9,16	9,51	9,69	
P ₀ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	9,86			
P ₀ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	8,81	9,87		
P ₀ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	10,92			
P ₁ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	4,23	4,76	5,64	5,60
P ₁ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	5,29			
P ₁ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	5,64	6,52		
P ₁ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	7,40			
P ₁ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	5,99	5,82	5,56	
P ₁ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	5,64			
P ₁ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	5,29	5,29		
P ₁ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	5,29			
P ₂ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	6,69	6,52	6,79	6,976
P ₂ Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	6,34			
P ₂ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	7,05	7,05		
P ₂ Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	7,05			
P ₂ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	7,05	6,52	7,14	
P ₂ Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	5,99			
P ₂ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	7,40	7,75		
P ₂ Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	8,10			

Quadro 6a. Efeito de diferentes níveis de fósforo, zinco, cobre e molibdênio no peso da matéria seca da parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.).

Tratamentos	Peso da matéria seca da parte aérea(g)		
	P ₀	P ₁	P ₂
Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	7,04 a	56,29 b	58,68 b
Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	3,71 a	57,62 b	62,35 b
Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	4,70 a	52,53 b	60,24 b
Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	7,43 a	57,49 b	61,27 b
Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	4,16 a	58,92 b	57,77 b
Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	4,09 a	62,43 b	56,80 b
Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	5,27 a	59,91 b	59,28 b
Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	4,28 a	61,86 b	59,36 b

C. V.(%)=10,74

Médias seguidas por mesma letra minúscula iguais não diferem pelo teste de tukey ao nível de 5% de significância.

Quadro 7a. Efeito de diferentes níveis de fósforo, zinco, cobre e molibdênio na produção de grãos no feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.).

Tratamentos	Produção de grãos(g)		
	P ₀	P ₁	P ₂
Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	2,64 a	15,40 b	12,04 b
Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	0,00 a	14,18 b	15,51 b
Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	0,51 a	20,64 b	16,42 b
Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	0,16 a	12,94 b	18,38 b
Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	0,00 a	14,63 b	11,54 b
Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	0,00 a	11,88 b	16,60 b
Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	0,00 a	21,19 b	13,02 b
Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	0,00 a	14,23 b	13,92 b

C. V.(%)=25,15

Médias seguidas por mesma letra minúscula iguais não diferem pelo teste de tukey ao nível de 5% de significância.

Quadro 8a. Efeito de diferentes níveis de fósforo, zinco, cobre e molibdênio na concentração média de fósforo nos tecidos da parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp).

Tratamentos	Concentração de fósforo(%)		
	P ₀	P ₁	P ₂
Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	0,056 a	0,112 a	0,329 b
Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	0,049 a	0,120 a	0,274 b
Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	0,066 a	0,129 a	0,287 b
Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	0,055 a	0,129 a	0,298 b
Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	0,059 a	0,112 a	0,256 b
Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	0,060 a	0,113 a	0,268 b
Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	0,062 a	0,095 a	0,278 b
Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	0,057 a	0,117 a	0,252 b

C. V.(%)=16,5

Médias seguidas por mesma letra minúscula iguais não diferem pelo teste de tukey ao nível de 5% de significância.

Quadro 9a. Efeito de diferentes níveis de fósforo, zinco, cobre e molibdênio na concentração média de zinco nos tecidos da parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp).

Tratamentos	Concentração de zinco(mg/kg)		
	P ₀	P ₁	P ₂
Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	40,98 a	12,23 f	13,82 f
Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	43,80 b	13,58 f	11,75 f
Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	47,10 c	15,05 f	11,99 f
Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	31,56 d	16,15 fg	10,52 f
Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	52,24 e	15,90 f	18,10 g
Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	51,01 e	17,86 g	19,82 g
Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	45,88 c	13,34 f	17,98 g
Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	45,63 c	17,98 g	19,21 g

C. V.(%)=25,5%

Médias seguidas por mesma letra minúscula iguais não diferem pelo teste de tukey ao nível de 5% de significância.

Quadro 10a. Efeito de diferentes níveis de fósforo, zinco, cobre e molibdênio na concentração média de cobre nos tecidos da parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp).

Tratamentos	Concentração de cobre(mg/kg)		
	P ₀	P ₁	P ₂
Zn ₀ Cu ₀ Mo ₀	9,51 a	4,23 f	6,69 h
Zn ₀ Cu ₀ Mo ₁	9,51 a	6,34 gh	6,34 h
Zn ₀ Cu ₁ Mo ₀	11,63 b	5,64 g	7,05 hi
Zn ₀ Cu ₁ Mo ₁	8,46 cd	7,40 i	7,05 hi
Zn ₁ Cu ₀ Mo ₀	9,16 ac	5,99 g	7,05 hi
Zn ₁ Cu ₀ Mo ₁	9,86 a	5,64 g	5,99 g
Zn ₁ Cu ₁ Mo ₀	8,81 ac	5,29 g	7,40 i
Zn ₁ Cu ₁ Mo ₁	10,92 e	5,29 g	8,10 d

C. V.(%)=21,3

Médias seguidas por mesma letra minúscula iguais não diferem pelo teste de tukey ao nível de 5% de significância.

Quadro 11a. Peso médio(g) da matéria seca da parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.) para os níveis de P_xZn(i), P_xMo(ii) e P_xCu(iii).

i		
Níveis de fósforo	Sem Zinco (Zn ₀)	Com Zinco (Zn ₁)
P ₀	5,73 a	4,45 a
P ₁	55,97 b	60,78 b
P ₂	60,63 b	58,30 b

ii		
Níveis de Fósforo	Sem Molibdênio (Mo ₀)	Com Molibdênio (Mo ₁)
P ₀	5,30 a	3,02 a
P ₁	56,90 b	59,85 b
P ₂	59,01 b	59,95 b

iii		
Níveis de Fósforo	Sem Cobre (Cu ₀)	Com Cobre (Cu ₁)
P ₀	4,77 a	5,43 a
P ₁	58,81 b	57,95 b
P ₂	58,90 b	60,04 b

Quadro 12a. Concentração média de fósforo(%) na parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.) para os níveis de PxZn(i), PxMo(ii) e PxCu(iii).

i		
Níveis de Fósforo	Sem Zinco (Zn ₀)	Com Zinco (Zn ₁)
P ₀	0,056 a	0,059 a
P ₁	0,123 a	0,109 a
P ₂	0,297 b	0,264 b

ii		
Níveis de Fósforo	Sem Molibdênio (Mo ₀)	Com Molibdênio (Mo ₁)
P ₀	0,061 a	0,055 a
P ₁	0,112 a	0,120 a
P ₂	0,288 b	0,273 b

iii		
Níveis de Fósforo	Sem Cobre (Cu ₀)	Com Cobre (Cu ₁)
P ₀	0,056 a	0,060 a
P ₁	0,114 a	0,117 a
P ₂	0,282 b	0,279 b

Quadro 13a. Concentração média de zinco (mg/kg) na parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.) para os níveis de PxZn(i), PxMo(ii) e PxCu(iii).

i		
Níveis de Fósforo	Sem Zinco (Zn ₀)	Com Zinco (Zn ₁)
P ₀	40,86 a	48,70 b
P ₁	14,26 c	16,27 c
P ₂	12,03 c	18,78 d

ii		
Níveis de Fósforo	Sem Molibdênio (Mo ₀)	Com Molibdênio (Mo ₁)
P ₀	46,55 a	43,00 a
P ₁	14,13 b	16,39 b
P ₂	15,47 b	15,32 b

iii		
Níveis de Fósforo	Sem Cobre (Cu ₀)	Com Cobre (Cu ₁)
P ₀	47,01 a	42,55 a
P ₁	14,90 b	15,63 b
P ₂	15,88 b	14,93 b

Quadro 14a. Concentração média de cobre(mg/kg) na parte aérea do feijão-de-corda(*Vigna unguiculata*, L. Walp.) para os níveis de PxZn(i), PxMo(ii) e PxCu(iii).

i		
Níveis de Fósforo	Sem Zinco (Zn ₀)	Com Zinco (Zn ₁)
P ₀	9,78 a	9,69 a
P ₁	5,96 b	5,56 b
P ₂	6,79 b	6,64 b

ii		
Níveis de Fósforo	Sem Molibdênio (Mo ₀)	Com Molibdênio (Mo ₁)
P ₀	9,78 a	9,69 a
P ₁	5,29 b	6,17 b
P ₂	7,05 b	6,87 b

iii		
Níveis de Fósforo	Sem Cobre (Cu ₀)	Com Cobre (Cu ₁)
P ₀	9,51 a	9,96 a
P ₁	5,56 b	5,91 b
P ₂	6,62 b	7,42 b

Quadro 15a. Peso médio(g) da matéria seca da parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.) para os níveis de fósforo x nível zero de Zn, Cu e Mo(i); níveis de fósforo x nível um de Zn, Cu e Mo(ii).

i			
Níveis de Fósforo	Zn ₀	Mo ₀	Cu ₀
P ₀	5,73 a	5,30 a	4,77 a
P ₁	55,97 b	56,90 b	58,81 b
P ₂	60,63 b	59,01 b	58,90 b

ii			
Níveis de Fósforo	Zn ₁	Mo ₁	Cu ₁
P ₀	4,45 a	3,02 a	5,43 a
P ₁	60,78 b	59,85 b	57,95 b
P ₂	58,30 b	59,95 b	60,04 b

Quadro 16a. Concentração média de zinco(mg/kg) na parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.) para os níveis de fósforo x nível zero de Zn, Cu e Mo(i); níveis de fósforo x nível um de Zn, Cu e Mo(ii).

i			
Níveis de Fósforo	Zn ₀	Mo ₀	Cu ₀
P ₀	40,86 a	46,55 a	47,01 a
P ₁	14,26 b	14,13 b	14,90 b
P ₂	12,03 b	15,47 b	15,88 b

ii			
Níveis de Fósforo	Zn ₁	Mo ₁	Cu ₁
P ₀	48,70 a	48,70 a	42,55 a
P ₁	16,27 b	16,39 b	15,63 b
P ₂	18,78 b	15,32 b	14,93 b

Quadro 17a. Concentração média de cobre(mg/kg) na parte aérea do feijão-de-corda(*Vigna unguiculata*, L. Walp.) para os níveis de fósforo x nível zero de Zn, Cu e Mo(i); níveis de fósforo x nível um de Zn, Cu e Mo(ii).

i			
Níveis de Fósforo	Zn ₀	Mo ₀	Cu ₀
P ₀	9,78 a	9,78 a	9,51 a
P ₁	5,56 b	5,29 b	5,56 b
P ₂	6,79 b	7,05 b	6,62 b

ii			
Níveis de Fósforo	Zn ₁	Mo ₁	Cu ₁
P ₀	9,69 a	9,69 a	9,96 a
P ₁	5,56 b	6,17 b	5,91 b
P ₂	6,64 b	6,87 b	7,42 b

Quadro 18a. Peso médio(g) da matéria seca da parte aérea do feijão-de-corda(*Vigna unguiculata*, L. Walp.) para níveis de zinco(i) e molibdênio(ii).

i	
Níveis de Zinco	Peso da Parte Aérea(g)
Zn ₀	40,78 a
Zn ₁	41,18 a

ii	
Níveis de Molibdênio	Peso da Parte Aérea(g)
Mo ₀	40,40 a
Mo ₁	41,56 a

Quadro 19a. Concentração média de fósforo(%) na parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.) para níveis de fósforo(i) e zinco(ii).

i	
Níveis de Fósforo	Concentração de Fósforo(%)
P ₀	0,058 a
P ₁	0,116 a
P ₂	0,280 b

ii	
Níveis de Zinco	Concentração de Fósforo(%)
Zn ₀	0,159 a
Zn ₁	0,144 a

Quadro 20a. Concentração média de cobre(mg/kg) na parte aérea do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*, L. Walp.) para níveis de fósforo(i), zinco(ii) e molibdênio(iii).

i	
Níveis de Fósforo	Concentração de Cobre(mg/kg)
P ₀	9,73 a
P ₁	5,60 b
P ₂	6,96 b

ii	
Níveis de Zinco	Concentração de Cobre(mg/kg)
Zn ₀	7,49 a
Zn ₁	7,46 a

iii	
Níveis de Molibdênio	Concentração de Cobre(mg/kg)
Mo ₀	7,37 a
Mo ₁	7,57 a

Quadro 21a. Concentração média de zinco(mg/kg) na parte aérea do feijão-de-corda(*Vigna unguiculata*, L. Walp.) para níveis de fósforo(i), zinco(ii) e molibdênio(iii) e cobre(iv).

i	
Níveis de Zinco	Concentração de zinco(mg/kg)
Zn ₀	22,37 a
Zn ₁	27,91 a

ii	
Níveis de Fósforo	Concentração de zinco(mg/kg)
P ₀	44,78 a
P ₁	15,26 b
P ₂	15,40 b

iii	
Níveis de Molibdênio	Concentração de zinco(mg/kg)
Mo ₀	25,39 a
Mo ₁	24,91 a

iv	
Níveis de Cobre	Concentração de zinco(mg/kg)
Cu ₀	25,93 a
Cu ₁	24,37 a