

## EFEITO DE ZINCO E COBRE NO ESTADO NUTRICIONAL DA MAMONEIRA, BRS 188 PARAGUAÇÚ<sup>1</sup>

LÚCIA HELENA GARÓFALO CHAVES<sup>2\*</sup>, PAULO CESAR PINTO CABRAL<sup>2</sup>, GENIVAL BARROS JUNIOR<sup>3</sup>, RO-  
GÉRIO DANTAS DE LACERDA<sup>2</sup>

**RESUMO** - Apesar da adubação mineral ser um importante fator no aumento da produção, poucas pesquisas têm sido feitas em relação ao cultivo da mamoneira, principalmente utilizando os elementos zinco e cobre. Objetivando avaliar os efeitos destes elementos sobre o estado nutricional da mamoneira, dois experimentos foram conduzidos em casa de vegetação utilizando-se amostras de Neossolo Quartzarênico coletadas na camada superficial e peneiradas com malha de 5 mm de abertura. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições. Os tratamentos do primeiro experimento consistiram de cinco níveis de Zn (0; 2; 4; 6 e 8 mg dm<sup>-3</sup>) e do segundo experimento de cinco níveis de cobre (0; 1; 2; 3 e 4 mg dm<sup>-3</sup>), aplicados em fundação. Após o desbaste foi deixado em cada vaso uma planta da cultivar BRS 188 – Paraguaçu mantendo-se a umidade do solo próxima a capacidade de campo. Aos 90, 110, e 130 dias após a semeadura foram coletadas as 4<sup>a</sup>. folhas de cada planta; no final do período experimental, todas as folhas e caules foram coletados; em todo material vegetal foram determinados os teores de zinco e cobre. Os tratamentos com zinco influenciam de forma positiva os teores deste elemento nas folhas e no caule, sendo estes teores considerados adequados. Os tratamentos com cobre influenciam de forma positiva os teores deste elemento encontrado apenas nas 4<sup>a</sup>. folhas coletadas aos 90 e 130 DAS; entretanto, os teores do cobre, em todas as épocas e em todas as partes das plantas, são muito baixos.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis*. Micronutrientes. Nutrição mineral.

## ZINC AND COPPER EFFECT ON THE NUTRITIONAL STATUS OF CASTOR BEAN BRS 188 PARAGUAÇÚ

**ABSTRACT** - Despite the mineral fertilization is an important factor for increasing castor beans yield, few researches has been made on this issue, mainly on the use of zinc and copper. In order to evaluate the effects of these elements on the nutritional status of castor bean plant two experiments were carried out in a greenhouse. The substrate for the pot plants was a 5 mm-sieved surface soil (Neossolo Quartzarênico). The experimental design was a completely randomized with three replications. The treatments of first composed of five levels of Zn (0; 2; 4; 6 and 8 mg dm<sup>-3</sup>) and second experiment were composed of five levels of Cu (0; 1; 2; 3; and 4 mg dm<sup>-3</sup>) which were applied at the time of planting. One plant of castor bean, cultivar BRS 188 – Paraguaçu, was grown per pot after thinning and was irrigated whenever necessary. At 90, 110, and 130 days after planting were collected the 4<sup>th</sup>. leaves of each plant; at the end of the experimental period, all the leaves and stems were collected separately and in any plant material were determined the levels of zinc and copper. The Zn levels used affect the Zn level found in the leaves and stem, and this level is considered adequate. Cu treatments affect the Cu level found in the 4<sup>th</sup>. leaves collected at 90 and 130 DAP, however, the Cu level in all periods and all parts of plants is low.

**Keywords:** *Ricinus communis*. Micronutrient. Mineral nutrition.

\* Autor para correspondência.

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 05/08/2008; aceito em 09/07/2009.

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Agrícola, UFCG, avenida Aprígio Veloso, 882, 58625-900, Campina Grande-PB; lhgarofalo@hotmail.com

<sup>3</sup>UFRPE, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, 56490-000, Serra Talhada-PE

## INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.), pertencente à família Euphorbiaceae, é, tradicionalmente uma planta típica de pequena agricultura no Brasil, tendo sido cultivada, ao longo dos anos sob baixo e médio nível tecnológico, com pouco ou nenhum uso de adubo e corretivos (AZEVEDO et al., 1997). Devido a perspectiva de utilização do óleo da mamona como fonte energética na produção de biocombustível, nos últimos anos a ricinocultura vem se desenvolvendo de forma comercial em várias regiões brasileiras. Por ser uma cultura exigente em nutrientes minerais, fez com que o fator nutrição ganhasse importância nesse momento de expansão da cultura, incentivando, assim, o desenvolvimento de diversos trabalhos de pesquisa, principalmente os relacionados à nutrição mineral. Isto porque, a recomendação de adubação de uma cultura depende das demandas nutricionais das plantas para o crescimento vegetativo e a produção de frutos (LAVIOLA et al., 2007). A composição química, tanto quanto o acúmulo de nutrientes em folhas e frutos são informações imprescindíveis para se conhecer as exigências nutricionais de uma planta, as quais poderão servir como subsídios para se estimar a adubação (LAVIOLA et al., 2007).

No Brasil, ainda são poucos os estudos envolvendo nutrição mineral da mamoneira; no que diz respeito aos micronutrientes, alguns trabalhos já foram desenvolvidos por Hocking (1982), Rojas e Neptune (1971), Nakagawa et al. (1986), Paulo et al. (1989), Souza e Natale (1997) e Lange et al. (2005), tendo sido encontrado uma grande variação dos teores de boro, zinco, cobre, ferro e manganês nas folhas da mamoneira, o que pode ser atribuído a diferentes épocas de coleta, tipos de amostragem e variedades estudadas (LANGE et al., 2005).

O zinco (Zn) e o cobre (Cu), apesar de serem exigidos em pequenas quantidades pelas plantas, são nutrientes essenciais para o crescimento das plantas quando em níveis adequados, sendo conhecidos por desenvolverem importante papel na nutrição mineral, bioquímica e fisiologia das plantas, uma vez que são grupos prostéticos de enzimas ou fazem parte da estrutura de moléculas importantes (MARSCHNER, 1995). Segundo Santos et al. (2004) e Ferreira et al. (2004b), a mamoneira é muito sensível a baixos teores de cobre, condição que impõem reduções na produtividade superiores a 50%. Ela é mais tolerante a deficiência de zinco, seja por sua baixa necessidade ou pela alta capacidade de extração desse nutriente do solo (FERREIRA et al., 2004b).

Com o presente estudo objetivou-se avaliar o efeito da adubação mineral com zinco e cobre sobre o estado nutricional da mamoneira em relação a estes nutrientes.

## MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram realizados em casa de vegetação na Unidade Acadêmica do de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, no período de julho a novembro de 2007, dispostos em um delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos em um deles consistiram da aplicação de cinco doses de Zn (0; 2; 4; 6 e 8 mg dm<sup>-3</sup>), e no outro, da aplicação de cinco doses de Cu (0; 1; 2; 3 e 4 mg dm<sup>-3</sup>), com três repetições, utilizando-se como fontes dos elementos cloreto de zinco e cloreto de cobre. A escolha das referidas doses teve como base as doses médias de 5 mg dm<sup>-3</sup> de Zn e 1,5 mg dm<sup>-3</sup> de Cu, indicadas como adequadas para experimentos em condições de vasos, segundo recomendação geral de Malavolta (1981). As doses de Zn e Cu foram aplicadas ao solo juntamente com a água de irrigação, antes do plantio.

Utilizou-se nos dois experimentos, amostras de solo coletadas na camada superficial (0–20 cm) de um Neossolo Quartzarênico. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira com malha de 5 mm de abertura, sendo retiradas subamostras. Essas subamostras foram passadas em peneira de 2 mm de abertura e submetidas a caracterização física e química segundo os métodos adotados pela Embrapa (1997), tendo apresentado os seguintes resultados: areia = 770,5 g kg<sup>-1</sup>; silte = 84,6 g kg<sup>-1</sup>; argila = 144,9 g kg<sup>-1</sup>; pH (H<sub>2</sub>O) = 64,5; Ca = 2,41 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Mg = 2,37 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Na = 0,04 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; K = 0,02 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; H = 0,95 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Al = 0,20 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; MO = 6,5 g kg<sup>-1</sup>; P = 21,7 mg kg<sup>-1</sup>. De acordo com estes resultados atribuiu-se a este solo a classificação de franco arenoso.

Após seco e peneirado, 22 kg de solo foram acondicionados em vasos plásticos com capacidade para 25 litros, recebendo em seguida uma adubação equivalente a 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Como fonte de nutrientes utilizou-se o sulfato de amônio, uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. O fósforo e 30% da dose de potássio foram aplicados no plantio, tendo, o restante da dose de potássio e a dose de nitrogênio sido parceladas e aplicadas em cobertura ao longo do período experimental.

Cada vaso recebeu três sementes de mamona cultivar BRS 188 – Paraguaçu. O desbaste foi feito 20 dias após a emergência das plantas, mantendo-se uma planta por vaso.

Durante todo o período experimental (130 dias) o solo foi mantido com umidade próxima da capacidade de campo, tendo o conteúdo de água do solo sido monitorado por pesagem dos vasos e reposição de água, quando esta atingia níveis inferiores aos 100 % da água disponível para as plantas.

Com o intuito de acompanhar a absorção de cobre e zinco pelas plantas, já próximo ao final do experimento, ou seja, aos 90, 110 e 130 dias após a semeadura (DAS), de cada planta foi retirada a quar-

ta folha do ramo principal, a partir do ápice, para que nela fossem determinados os teores desses elementos. No final do experimento, as partes aéreas das plantas coletadas foram divididas em caule e folhas (limbo e pecíolo). No caso das folhas, considerou-se apenas o limbo das amostras coletadas para que neles fossem determinados os teores de cobre e zinco. Todo o material colhido foi identificado, acondicionado em sacos de papel, secado em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C, até atingir peso constante, pesado e triturado em moinho tipo Wiley (peneira com diâmetro de malha de 1 mm). Para a determinação das análises químicas das plantas, as amostras do material colhido foram digeridas em ácido nítrico e perclórico concentrados, segundo o método descrito por Malavolta et al. (1997). Em seguida, nos extratos, determinou-se cobre e zinco por espectrofotometria de absorção atômica.

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey. Efetuou-se análise de regressão dos teores dos elementos encontrados nas diversas partes das plantas em função dos tratamentos, considerando-se como representativa a equação de regressão que melhor explicava cada variável resposta.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

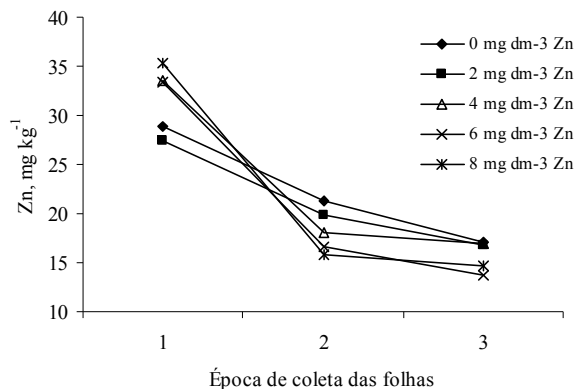
Os teores foliares de zinco, de acordo com a literatura, variam de 14 mg kg<sup>-1</sup> (HOCKING, 1982) a 43 mg kg<sup>-1</sup> (SOUZA; NATALE, 1997) em plantas desenvolvidas em solo de baixa e de alta fertilidade, respectivamente. Pacheco et al. (2006), trabalhando com mamoneira, cultivar IAC 226, observaram que 20 mg kg<sup>-1</sup> de zinco foi o teor foliar associado à máxima produtividade econômica da cultura. Já Camargo e Zabini (2005), testando vários adubos foliares, obtiveram mamoneiras, sem sintomas de deficiência ou excesso de nutrientes, com teor foliar médio de zinco de 39 mg kg<sup>-1</sup>. Teor de 9 mg kg<sup>-1</sup> de zinco foi observado no limbo superior de plantas de mamoneira, do híbrido comercial Íris, coletado aos 84 dias após a semeadura, cultivadas em solução nutritiva (LANGE et al., 2005). Esta variação de resultados pode ser atribuída a diferentes épocas de coleta, tipo de amostragem e variedades. No presente trabalho os teores foliares, em sua maioria, ficaram dentro do intervalo de 14 a 43 mg kg<sup>-1</sup>, acima citado (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância dos teores de zinco nas quartas folhas coletadas ao 90, 110 e 130 dias após a semeadura e e nas folhas e caule coletados no final do experimento.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		Quarta folha			Total de folhas	Caule
		90 DAS	110 DAS	130 DAS		
Tratamentos	4	34,443	15,784	7,367	37,333	456,086**
Resíduo	10	26,831	14,337	4,651	14,781	31,567
CV%		16,33	20,67	13,65	15,44	16,06
Doses de Zn (mg dm <sup>-3</sup> )		Médias mg kg <sup>-1</sup>				
0		28,86	21,33	17,08	21,50	18,87
2		27,39	19,86	16,75	23,63	28,54
4		33,61	18,06	16,91	22,31	32,96
6		33,45	16,59	13,64	29,85	47,69
8		35,25	15,77	14,62	27,23	46,87
DMS		13,64	10,19	5,80	10,34	15,12
Regressão Linear		106,3707 <sup>n</sup> <sub>s</sub>	62,2656 <sup>n</sup> <sub>s</sub>	19,3122 <sup>ns</sup>	93,7747 <sup>*</sup>	1694,5574**
Regressão Quadrática		0,0062 <sup>*</sup>	0,5763 <sup>ns</sup>	0,1429 <sup>ns</sup>	0,0915 <sup>ns</sup>	24,3048 <sup>ns</sup>

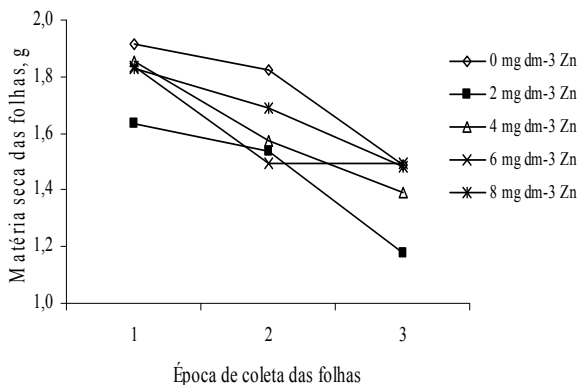
\*, \*\* significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo

Comparando os teores de zinco nas folhas coletadas aos 90, 110 e 130 DAS, observa-se que os mesmos, independentemente do tratamento que as plantas receberam, diminuíram, conforme é mostrado na Figura 1.



**Figura 1.** Teor de zinco nas quartas folhas da mamoneira, coletadas em três épocas (90; 110 e 130 DAS), submetida aos tratamentos com zinco.

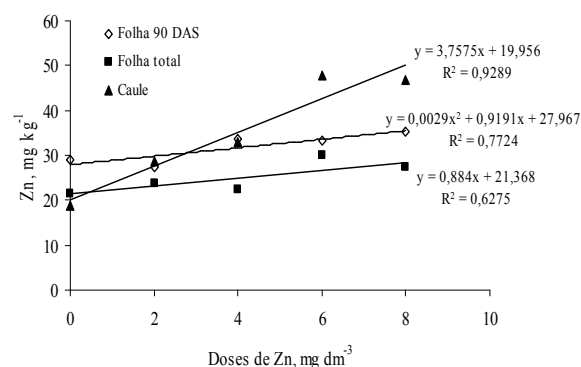
Essa diminuição pode estar relacionada com a produção de matéria seca das folhas, que também diminuiu (Figura 2), provavelmente, devido o lento desenvolvimento das plantas neste período. Em termos médios, as plantas aos 90 DAS apresentavam uma altura em torno de 0,50 m enquanto que aos 130 DAS encontravam-se com 0,55 m. Apesar das plantas não terem apresentado sintomas visuais de deficiência, o desenvolvimento das mesmas deve ter sido influenciado por alguma deficiência nutricional em relação aos macronutrientes, com ênfase, principalmente, ao teor de fósforo ( $30 \text{ kg ha}^{-1}$ ), o qual, segundo Ferreira et al. (2004a), é o responsável pelo atraso no desenvolvimento da cultura. Almeida et al. (2007), em ensaios com variações de NPK, aplicando doses, quatro vezes superior as utilizadas neste trabalho, obtiveram, aos 77 dias após semeio, uma altura de planta 40 % maior do que aquelas observadas no presente trabalho.



**Figura 2.** Matéria seca das quartas folhas da mamoneira, submetida aos tratamentos com zinco, coletadas em três épocas (90; 110 e 130 DAS).

Apesar de não se ter referências na literatura sobre os níveis adequados de zinco no caule de mamoneiras, os teores observados estiveram, em geral, acima dos teores foliares (Tabela 1), sugerindo que no caule, em relação às folhas, ocorre maior acúmulo do elemento.

Em geral, o aumento da concentração de um nutriente na solução do solo provoca um aumento correspondente na absorção deste nutriente pelas plantas. Apesar disto ter sido observado em relação aos tratamentos com zinco aplicados ao solo, através da análise de regressão pode-se observar que os mesmos influenciaram, de forma significativa, apenas os teores do elemento encontrados nas 4<sup>a</sup>. folhas coletadas aos 90 DAS (regressão quadrática), nas folhas (total) e nos caules coletados no final do experimento (regressão linear) (Tabela 1). A representação gráfica desta influência pode ser observada na Figura 3.



**Figura 3.** Teor de zinco nas quartas folhas, coletadas aos 90 dias após a semeadura, e nas folhas e caule coletados no final do experimento, em função das doses do elemento aplicadas ao solo.

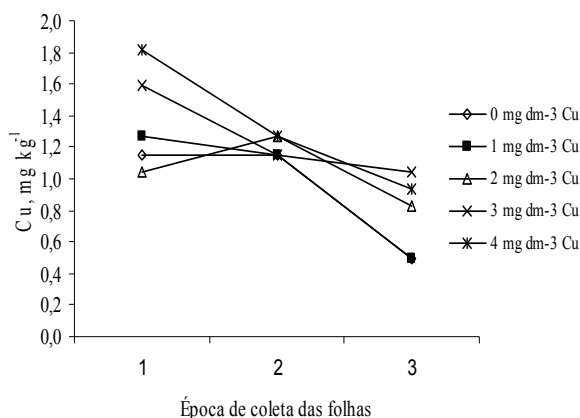
Inversamente ao que ocorreu com o zinco, os teores de cobre nas folhas (Tabela 2), ficaram abaixo dos teores encontrados por outros autores. Em trabalhos de pesquisa, Paulo et al. (1989), Lange et al. (2005), Camargo e Zabini (2005) e Pacheco et al. (2006), encontraram em folhas de mamoneira, 7,8; 6,0; 8,8 e 8 mg kg<sup>-1</sup> de cobre, respectivamente. Isto sugere que os teores de cobre no solo disponíveis às plantas eram baixos. O teor inicial do elemento no solo ( $0,2 \text{ mg dm}^{-3}$ ) já era muito baixo e, mesmo somado às quantidades fornecidas através dos tratamentos, não aumentou o suficiente para que houvesse elevadas quantidades disponíveis do elemento para as plantas, visto que o mesmo é facilmente adsorvido pelos colóides do solo, principalmente, pela matéria orgânica. A baixa concentração do cobre nas folhas também pode estar relacionada ao fato do cobre ser adsorvido pelas raízes, o que limitaria a translocação do elemento para o xilema e para a parte aérea (LIAO et al., 2000); esta adsorção se deve à grande superfície de carga negativa fixa que favorece a adsorção de íons dentro e através da parede celular (FERNANDES; SOUZA, 2006).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância dos teores de cobre nas quartas folhas coletadas ao 90, 110 e 130 dias após a semeadura e e nas folhas e caule coletados no final do experimento.

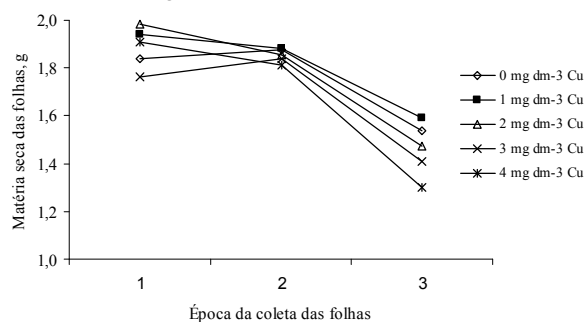
Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		Quarta folha			Total de folhas	Caule
		90 DAS	110 DAS	130 DAS		
Tratamentos	4	0,281 *	0,0177ns	0,2073ns	0,0760ns	0,00
Residuo	10	0,065	0,1033	0,0680	0,3340	0,00
CV%		18,43	26,35	33,72	41,88	0,00
Doses de Cu (mg dm <sup>-3</sup> )		Médias mg kg <sup>-1</sup>				
0		1,17	1,17	0,50	1,20	0,2
1		1,30	1,13	0,50	1,47	0,2
2		1,07	1,30	0,83	1,27	0,2
3		0,60	1,20	1,07	1,60	0,2
4		1,80	1,30	0,97	1,37	0,2
DMS		0,69	0,86	0,70	1,55	0,00
Regressão Linear		0,7363**	0,033ns	0,675*	0,065ns	0,00

\*, \*\* significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo.

Os teores de cobre nas quartas folhas diminuíram com relação à época de coleta (Figura 4), acompanhando a diminuição da matéria seca das mesmas, no mesmo período (Figura 5). Isto também pode estar relacionando com a dose de adubação nitrogenada fornecida à cultura; se esta não foi adequada, pode ter comprometido o comportamento do cobre dentro da planta, visto que, de acordo com a literatura, este elemento caminha, tanto no xilema como no floema, na forma de complexos com o grupo amino, pois, o íon Cu<sup>+2</sup> tem forte afinidade com o átomo de N (MARSCHNER, 1995). O cobre é considerado pouco móvel no floema, o que também pode ter influenciado na sua redistribuição dentro da planta, fazendo com que ocorresse, em geral, menores teores do elemento nas folhas mais novas.

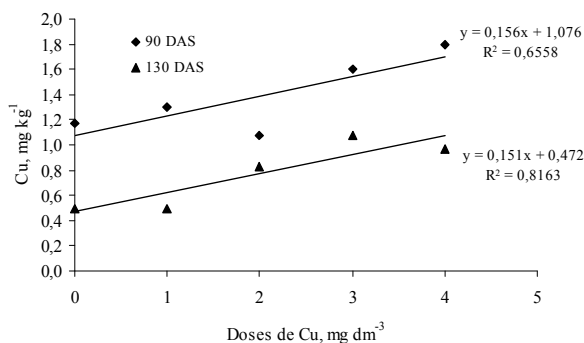


**Figura 4.** Teor de cobre nas quartas folhas da mamoneira, submetida aos tratamentos com cobre, coletadas em três épocas (90; 110 e 130 DAS)



**Figura 5.** Matéria seca das quartas folhas da mamoneira, submetida aos tratamentos com cobre, coletadas em três épocas (90; 110 e 130 DAS)

Apesar dos baixos teores de cobre observados nas folhas e no caule, através da análise de regressão, pode-se observar que houve efeito significativo dos tratamentos sobre os teores de cobre nas folhas coletadas aos 90 e 130 DAS (Tabela 2), com representação gráfica apresentada na Figura 6.



**Figura 6.** Teor de cobre nas quartas folhas, coletadas aos 90 e 130 dias após a semeadura, em função das doses do elemento aplicadas ao solo.

Os teores de cobre encontrados nos caules das plantas foram ainda menores do que aqueles encontrados nas folhas (Tabela 2).

## CONCLUSÕES

Os tratamentos com níveis crescentes de zinco aumentam os teores deste elemento nas folhas e no caule os quais se encontram na faixa considerada adequada para as culturas;

Os tratamentos com níveis crescentes de cobre aumentam os teores deste elemento apenas nas quartas folhas coletadas aos 90 e 130 dias após a semeadura, entretanto, os teores do cobre, em todas as épocas e em todas as partes das plantas, são muito baixos.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da Bolsa de Produtividade em Pesquisa ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A.P. et al. Desenvolvimento e produção da variedade de mamona BRS-188 sob diferentes níveis e fontes de macronutriente. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, 4, 2007. Campina Grande. **Anais...**, Campina Grande: UFCG, 2007. CD Rom

AZEVEDO, D.M.P. et al. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no nordeste do Brasil**. Campina Grande: Embrapa – CNPA, 1997. 52p. (Circular Técnica, 25).

AZEVEDO, D.M.P. et al. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 350p.

CAMARGO, A.P.M.; ZABINI, A.V. Diagnóstico nutricional da mamoneira em resposta a adubação foliar no oeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2, 2005. Varginha. **Resumos Expandidos...**Lavras: UFLA, 2005. CD Rom.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo, 1997. 212p.

FERNANDES, M.S.; SOUZA, S.R. **Absorção de**

**nutrientes**. In: FERNANDES, M.S. (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2006. cap.5. p.115-152.

FERREIRA, G.B. et al. Deficiência de fósforo e potássio na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004a. CD Ron.

FERREIRA, M.M.M. et al. Deficiência de enxofre e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004b. CD Ron.

HOCKING, P.J. Accumulation and distribution of nutrients in fruits of castor bean (*Ricinus communis* L.). **Annals of Botany**, v.49, p.51- 62, 1982.

LANGE, A. et al. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.1, p. 61-67, 2005.

LAVIOLA, B.G. et al. Acúmulo de macronutrientes em frutos de cafeeiros em Viçosa-MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5, 2007. **Anais...**Águas de Lindóia, 2007. CD Rom

LIAO, M.T. et al. Copper uptake and translocation in chicory (*Chicorium intybus* L. cv. Grasslands Puna) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill c.v. Rondy) plants grown in NFT system. I. Copper uptake and distribution in Plants. **Plant and Soil**, v.221, p.135-142, 2000.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3.ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1981. 606p.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic, 1995. 902p.

NAKAGAWA, J.; LEVORATO, E.; BOARETTO, A.E. Efeito de doses crescentes de termofosfato na presença e ausência de micronutrientes em dois cultivares de mamona (*Ricinus cummunis* L.). **Científica**, v.14, p. 55-64, 1986.

PACHECO, D. D. et al. Diagnóstico nutricional para micronutrientes em mamona adubada com NPK em solo de chapada da Bacia do Rio do Jequitinhonha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2,

---

2006. Aracajú. **Anais...** Aracajú: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006. CD Rom.

PAULO, E.M. et al. Deficiência de boro na mamona. **Bragantia**, v.48, p. 241-247, 1989.

ROJAS, A.I.; NEPTUNE, A.M.L. Efeitos dos macronutrientes e do ferro no crescimento e composição química da mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivada em solução de nutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v.28, p.31-67, 1971.

SANTOS, A.C.M. et al. Deficiência de cálcio e magnésio na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004. Campina Grande. **Anais....** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD Rom.

SOUZA, E.C.A.; NATALE, W. Efeito do boro e do zinco na cultura da mamoneira. **Científica**, v.25, n.2, p. 327-333, 1997.