



Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Brasil

Cardoso, Fabiana R.; Galante, Antonio H. A.; Teixeira, Itamar R.; da Silva, Alessandro G.; dos Reis, Elton F.

Fontes e doses de zinco na nutrição e produção de feijão-comum e mamona em consórcio

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 8, núm. 4, 2013, pp. 602-609

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119029239014>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Fontes e doses de zinco na nutrição e produção de feijão-comum e mamona em consórcio¹

Fabiana R. Cardoso², Antonio H. A. Galante², Itamar R. Teixeira², Alessandro G. da Silva³ & Elton F. dos Reis²

¹ Parte da dissertação do primeiro autor exigido para o Mestrado em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás, Unidade de Anápolis, GO

² Universidade Estadual de Goiás, Unidade de Anápolis, BR 153, Km 98, Campus Henrique Santillo, Fazenda Barreiro do Meio, CEP 75001-970, Anápolis-GO, Brasil.

Caixa Postal 459. Emails: fabianarcardsoso@yahoo.com.br; tonigalante@gmail.com; itamar.teixeira@ueg.br; fialhoreis@ueg.br

³ Universidade de Rio Verde, Faculdade de Agronomia, Campus Universitário, Fazenda Fontes do Saber, CEP 75901-970, Rio Verde-GO, Brasil. Caixa Postal 104. E-mail: silvaag@yahoo.com.br

RESUMO

A mamona é tida, pelo governo brasileiro, como a principal oleaginosa com vista à produção de biodiesel. Contudo, isto não aconteceu devido aos seus baixos patamares de rendimento, sobretudo na região nordeste onde é cultivada comumente sob sistema consorciado com culturas anuais como feijão-comum. Produtividades satisfatórias somente serão conseguidas através do conhecimento das reais exigências nutricionais das culturas participantes do sistema consorciado, ante o que se objetivou, neste trabalho, avaliar a nutrição e as características agronômicas das culturas de feijão-comum e mamona em consórcio submetidas a diferentes fontes e doses de zinco. Empregou-se o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5 + 4, com três repetições. Os tratamentos foram compostos de duas fontes de zinco (óxido de zinco = 15% de Zn e sulfato de zinco = 20% de Zn), combinadas com cinco doses de zinco (0,0; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0 kg ha⁻¹ de Zn no solo) em consórcio de feijão-comum e mamona, mais os tratamentos adicionais do sistema monocultivo de feijão e mamona, usando-se a dose de 4,0 kg ha⁻¹ das referidas fontes. Os teores foliares de fósforo, cálcio, magnésio, manganês e zinco em plantas de feijão e de mamona produzidas em sistema consorciado, foram influenciados pela adubação com zinco com o emprego do sulfato de zinco atribuído à sua maior solubilidade, comparativamente ao óxido de zinco. A fertilização com 4,1 e 4,9 kg ha⁻¹ de zinco via solo, propiciou maiores rendimentos de grãos de feijão e mamona em consórcio. O sistema de consorciamento feijão-comum e mamona foi mais eficiente que o monocultivo para as diferentes doses de zinco adicionadas via fertilizante.

Palavras-chave: adubação, associação de culturas, micronutriente, *Phaseolus vulgaris* L., *Ricinus communis* L.

Sources and doses of zinc on beans and castor beans nutrition and production under intercropping

ABSTRACT

The castor oil is taken by the Brazilian government as the main oilseed for biodiesel production. However, this did not happen because of their low levels of income, especially in the Northeast region, Brazil, where it is commonly grown under intercropping system with annual crops such as common bean. Satisfactory yields only be achieved with real knowledge of nutrient requirements of crops intercropping system participants. Therefore, this study aimed to assess the nutritional and agronomic traits of crops common bean and castor intercropping under different sources of zinc rates. The experimental of randomized block in 2 x 5 + 4 factorial in scheme design, with three replications. The treatments consisted of two sources of zinc (zinc oxide = 15% Zn and zinc sulfate = 20% Zn) combined with five rates of zinc (0,0; 1,0; 2,0; 4,0 and 8,0 kg ha⁻¹ Zn in soil) intercropping in common bean and castor, plus additional treatments single system common bean and castor, using a rate of 4,0 kg ha⁻¹ of said sources. It is concluded that fertilization with zinc influenced foliar the phosphorus, calcium, magnesium, manganese content and zinc in these crops in intercropping system, especially zinc sulphate, with the use of zinc sulfate, given its greater solubility compared to zinc oxide. The fertilization with 4,1 and 4,9 kg ha⁻¹ of zinc in soil, lead to the greatest yields of beans and castor under intercropping. The system of intercropping common bean and castor was more effective than the single, for different rates of zinc through fertilizer added.

Key words: fertilizer, intercropping, micronutrient, *Phaseolus vulgaris* L., *Ricinus communis* L.

Introdução

O consorciamento de culturas é de uso comum no Brasil, especialmente na pequena propriedade rural. Contudo, a vantagem efetiva desta técnica em relação ao sistema monocultivo torna-se mais evidente quando as culturas envolvidas apresentam diferenças entre suas exigências quanto aos recursos disponíveis, seja em qualidade ou quantidade (Teixeira et al., 2012). Desta forma, a eficiência dos cultivos consorciados é dependente da complementaridade entre as culturas envolvidas no tocante à parte nutricional, sendo este um dos fatores importantes para o sucesso do sistema em questão.

O cultivo da mamona, indicado pelo governo federal como principal cultura para projetos relacionados à produção de biodiesel, é usado sobretudo sob consorciamento com culturas de ciclo curto como o feijão-comum pertencente à espécie *P. vulgaris* L., principal fonte proteica da população de menor poder aquisitivo, podendo configurar como boa opção aos agricultores. Além disto, o feijoeiro-comum pode ser apontado como boa alternativa para consórcio por apresentar pequeno porte, ser adaptado morfofisiologicamente ao sistema visto da planta C3 ser capaz de repor nitrogênio ao solo, ser valorizado comercialmente e possuir exigência nutricional diferenciada da planta consorte etc. (Vieira, 2006).

Devido à importância da mamona para produção de biocombustível, estudos sobre a temática nutrição mineral de plantas foram retomados com informações geradas, sobretudo, para a região Nordeste (Camargo & Zabini, 2005; Chaves et al., 2009; Oliveira et al., 2010; Silva et al., 2012). Para a região Centro-Oeste as informações são incipientes (Silva et al., 2007); já a cultura do feijão-comum tornou-se altamente rentável na região Centro Sul do Brasil, com emprego de alto nível tecnológico na atividade e o que tem levado à obtenção de patamares de produtividade superiores a 3500 kg ha⁻¹ sob monocultivo, como ocorre na região Centro-Oeste em Estados como Goiás e Distrito Federal (CONAB, 2013) havendo, assim, uma lacuna sobre os aspectos relacionados à nutrição de plantas da cultura em condições de consórcio.

Apesar de o zinco ser o micronutriente, juntamente com boro de mais frequente resposta de culturas graníferas em condições tropicais, no caso do feijoeiro a capacidade de resposta ainda é conflitante, pois há casos de respostas positivas e negativas. Teixeira et al. (2004) por exemplo, constataram, avaliando a fertilização de manganês e zinco em um solo cujo teor de zinco (DTPA) era 0,5 mg kg⁻¹, que a aplicação de apenas 280 g ha⁻¹ de zinco via foliar promoveu acréscimo de 26% na produtividade do feijão cv. Pérola, que chegou a 1.795 kg ha⁻¹. Por outro lado, Teixeira et al. (2008) verificaram, avaliando fontes (sulfato e cloreto de zinco) e doses de zinco (0, 100, 200, 400 e 800 g ha⁻¹) que não houve aumento de produtividade do feijoeiro cv. Pérola à adubação com zinco via foliar em um solo com 2,1 mg kg⁻¹ de zinco (Mehlich-1).

A mamoneira é mais tolerante à deficiência de zinco devido à sua baixa exigência, assim como a alta capacidade de extração desse nutriente nas camadas mais profundas do solo (Ferreira et al., 2004), comparativamente ao feijoeiro. Pacheco et al. (2006) observaram, trabalhando com mamoneira, cultivar

IAC 226, que 20 mg kg⁻¹ de zinco foi o teor foliar associado à máxima produtividade econômica da cultura, enquanto Camargo & Zabini (2005) obtiveram, testando vários adubos foliares, mamoneiras sem sintomas de deficiência ou excesso de nutrientes, com teor foliar médio de zinco de 39 mg kg⁻¹. Teor de 9 mg kg⁻¹ de zinco foi observado no limbo superior de plantas de mamoneira do híbrido comercial de mamona Íris, coletado aos 84 dias após a semeadura, cultivadas em solução nutritiva (Lange et al., 2005). Chaves et al. (2009) investigaram o efeito de zinco sobre o estado nutricional da mamoneira BRS 188 Paraguaçu, conduzido em casa de vegetação e concluíram que 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 (14 a 43 mg kg⁻¹).

Não há, na literatura, informações disponíveis relativas aos aspectos nutricionais relacionados à resposta aos micronutrientes, em especial o zinco, considerado o mais limitante em solo de cerrado, em plantas de feijão comum e mamona cultivadas em sistema consorciado. Neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito de diferentes fontes e doses de zinco aplicadas via solo, na nutrição e na produção de feijão-comum e mamona em consórcio, nas condições edafoclimáticas da região central do Estado de Goiás.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no período compreendido entre agosto de 2011 e dezembro de 2012, na Estação Experimental da Emater em Anápolis, GO (antiga Agência Rural). As coordenadas geográficas da área são: 17°43'19" latitude Sul e 48°09'35" longitude Oeste. A altitude do município é de 820 m e o clima regional é classificado como Cwa-Mesotérmico úmido, com precipitação e temperatura média anual de 1750 mm e 25°C, respectivamente (SEPLAN, 2011).

Os dados de clima referentes à precipitação e as temperaturas máximas e mínimas ocorridos durante o experimento, são apresentados na Figura 1.

Amostras de um solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distroférreo (LVA) foram coletadas, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, e enviadas ao laboratório para análise químico-física, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

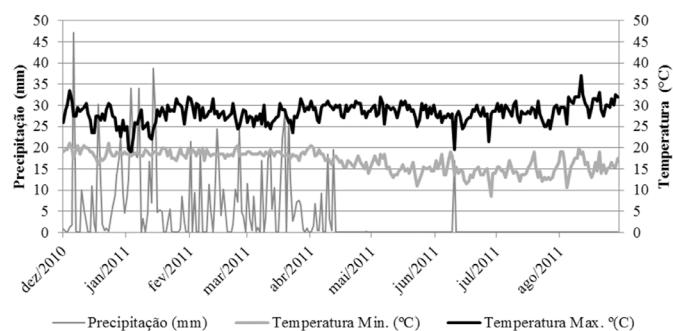


Figura 1. Dados diários climáticos do campo durante o ciclo das plantas consortes/monocultivos referentes às temperaturas máxima (Temp. máx.) e mínima (Temp. mín.) em graus Celsius (°C) e precipitação em milímetros (mm) em Anápolis, GO

Tabela 1. Resultado das análises química e física do solo em diferentes profundidades¹

Profundidade (cm)	pH (H ₂ O)	P (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Ca	Mg (cmol _c dm ⁻³)	Al ⁺³	H ⁺ +Al ³⁺	V (%)
0-20	6,1	2,1	72	4,5	1,5	0,1	5,5	61,0
20-40	5,2	0,9	59	3,3	1,1	0,5	7,4	53,2
Profundidade (cm)	B	Cu	Fe (mg dm ⁻³)	Mn	Zn	Areia	Silte (g kg ⁻¹)	Argila
0-20	0,3	1,8	175,0	16,5	3,7	315	153	532
20-40	0,1	1,2	123,5	22,6	1,2	275	134	591

¹ Análises realizadas de acordo com a metodologia descrita pela Embrapa (1997)

Empregou-se o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5 + 4, com três repetições. Os tratamentos foram compostos de duas fontes de Zn (óxido de zinco = 15% de Zn e sulfato de zinco = 20% de Zn) combinadas com cinco doses de zinco (0,0; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0 kg ha⁻¹ de Zn no solo) em consórcio de feijão-comum e mamona mais os tratamentos adicionais do sistema de monocultivo de feijão e mamona usando-se as referidas fontes na dose de 4,0 kg ha⁻¹, recomendado (feijão) ou próximo ao recomendado (mamona – 5,0 kg ha⁻¹ pela literatura (Chagas et al., 1999; CFSEMG, 1999).

As parcelas de mamona sob consórcio foram constituídas de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, espaçadas 3,0 m e nas suas entrelinhas foram colocadas quatro fileiras de feijão obedecendo ao espaçamento de 0,5 m entre elas. As parcelas dos sistemas monocultivos de mamona foram constituídas de quatro linhas de 5 m, espaçadas 3,0 m atendendo à recomendação de Azevedo & Gondim (2006); para o feijão foram utilizadas quatro fileiras de plantas com 5 m de comprimentos, espaçadas 0,5 m conforme sugestão de Araújo & Ferreira (2006). Tanto no sistema de consórcio quanto no de monocultivo foram tomadas as duas linhas centrais de cada parcela, como área útil. Detalhes das parcelas do consórcio e monocultivo das culturas de feijão e mamona podem ser vistos na Figura 2.

O preparo do solo foi realizado de modo convencional, com uma aração e duas gradagens. A calagem foi dispensada em função da boa fertilidade do solo inicial. Na adubação básica empregou-se o formulado 05-25-15, na dose de 400 kg ha⁻¹ para ambas as culturas. Posteriormente, os tratamentos foram aplicados via solo, antecedendo a semeadura, sendo o adubo distribuído junto com areia fina facilitando, assim, sua distribuição das dosagens, ao longo do sulco.

A semeadura de feijão-comum e mamona foi feita simultânea e manualmente, dentro dos sulcos das linhas, utilizando-se, respectivamente, as cultivares BRS Pérola e

BRS Paraguaçu. Foram semeados 25% a mais de sementes e 10 dias após emergência (DAE) foi efetuado o desbaste das plantas com o objetivo de atingir a densidade de mamona e feijão de 1 e 12 plantas por metro linear, respectivamente; aos 25 DAE foi efetuada a adubação de cobertura com ureia, na dose de 40 kg ha⁻¹ de N, em filete contínuo ao longo das linhas de plantio, na mamona e no feijão.

Durante o ciclo das culturas realizou-se controle de plantas daninhas em pós-emergência com o herbicida fomesafen+fluazifop-p-butilna dose de 1,0 L a.i. ha⁻¹, aos 20 e 30 DAE. Foram efetuadas duas aplicações do fungicida procymidone na dose de 1,0 kg a.i. ha⁻¹ para o controle de mofo-cinzento (*Amphobotrys ricini*) na cultura da mamona, e de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) no feijoeiro. Efetuou-se, ainda, a aplicação do inseticida deltametrina para controle de cigarrinha (*Empoasca kraemerii*) na dose de 50 mL a.i. ha⁻¹.

Por ocasião do pleno florescimento das culturas envolvidas no estudo foram realizadas coletas, aleatoriamente 10 folhas (4^a folha a partir do ápice da parte aérea, com retirada da nervura central) e 20 trifólios (3^a folha a partir do ápice da parte aérea) de mamona e feijão-comum, respectivamente, na área útil de cada parcela; posteriormente, os materiais foram analisados quanto aos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Na maturação dos grãos foram avaliados, no feijoeiro, o rendimento de grãos e seus componentes (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos); na cultura da mamona foram quantificados a produtividade de grãos e seus componentes (número de racemos por planta, número de bagas por racemo e massa de 100 grãos). A comparação entre os sistemas de cultivo consorciado e o monocultivo foi feita por meio de cálculo do Uso Eficiente de Terra (UET), conforme a fórmula citada por Vieira (2006): UET = Mc/Ms + Fc/Fs, em que Mc e Fc representam a produtividade das culturas 'M: mamona' e 'F: feijão' em consórcio, Ms e Fs são a produção do monocultivo. Considerando que se UET > 1 ocorre vantagem produtiva, se UET = 1 não ocorre vantagem produtiva e se UET < 1 então ocorre desvantagem produtiva.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando pertinentes as médias do fator fontes foram comparadas pelo teste "F" a 5% de probabilidade, enquanto o fator doses de Zn foi estudado por análise de regressão com escolha das equações, com base na significância do modelo a 5% pelo teste de Tukey "t", coeficiente de determinação e comportamento biológico da característica avaliada. Os cálculos estatísticos foram realizados pelo software de análises estatísticas – Sisvar 5.1 Build 72 (Ferreira, 2007).

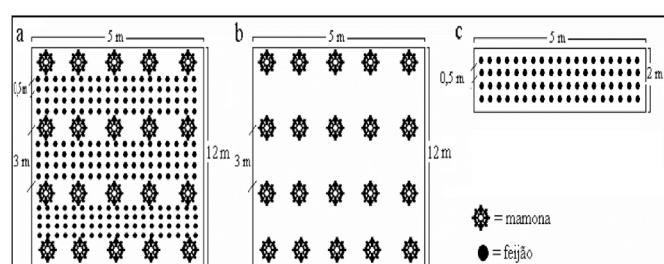


Figura 2. Esquema ilustrativo das parcelas sob consórcio mamona + feijão comum na entrelinha (a) e do monocultivo de mamona (b) e feijão comum (c)

Resultados e Discussão

Os teores foliares de fósforo e manganês no feijão consorciado foram influenciados pelas doses de zinco, enquanto o teor foliar de zinco foi influenciado pela interação fontes x doses de zinco (Tabela 2). Para mamona consorciada foram influenciados, pelas doses de zinco, os teores foliares de cálcio e magnésio. Não foi detectado qualquer efeito dos tratamentos sobre os demais nutrientes analisados para as culturas de feijão e mamona consorciadas, nem qualquer efeito significativo sobre os teores de macro e micronutrientes em folhas de feijão e mamona na interação consórcio x monocultivo (Tabela 3).

O teor foliar de fósforo apresentou comportamento quadrático em resposta à adubação com zinco, com decréscimo a partir da dose de zinco de 2,82 kg ha⁻¹ (Figura 3A). A ocorrência de interação negativa entre fósforo e zinco em que os teores de fósforo na folha decrescem em função da alta dosagem de zinco via adubação, é comumente relatada na literatura (Carneiro et al., 2008; Mousavi, 2011; Nichols et al., 2012), o que se deve à inibição não competitiva da absorção desses nutrientes concorrente, assim, com a afirmativa de Malavolta et al. (1997), ao considerarem que o excesso de zinco faz diminuir a absorção de fósforo. Comportamento quadrático das doses de zinco também foi verificado para o teor foliar de manganês (Figura 3B), com o seu decréscimo a partir do emprego de 4,03 kg ha⁻¹ Zn, comportamento atribuído à ocorrência de interações entre os nutrientes catiônicos em questão visto que apresentam similaridade de raio iônico e podem competir entre si pelos sítios de absorção das plantas (Moreira et al., 2003; Souza et al., 2010).

Comportamento quadrático e linear em relação ao teor foliar de zinco no feijoeiro foi verificado para as fontes sulfato de zinco e óxido de zinco, respectivamente, em função das doses de zinco (Figura 3C). O fato do sulfato de zinco ser mais solúvel pode ter promovido maior taxa de absorção pelas plantas, até determinado limite. Por outro lado, a fonte de óxido de zinco, por ser menos solúvel, foi capaz de fornecer continuamente o zinco para as plantas em menores quantidades, evitando toxidez. Esses resultados são concordantes com os obtidos por Flor et al. (1974) testando o efeito das fontes sulfato de zinco e óxido de zinco sobre germinação de sementes de arroz e verificarem que o óxido de zinco promove menores danos à germinação da semente em razão ser menos solúvel. Para Ribeiro & Santos (1996), o comportamento diferenciado entre essas fontes pode ser devido ao íon acompanhante do zinco, a granulometria que afeta a solubilidade e à presença de contaminantes, notadamente no ZnO comercial.

Os teores foliares de cálcio e magnésio em folhas de mamona consorciada com feijão apresentaram comportamento quadrático com os maiores valores obtidos de 2,5 e 0,6 dag kg⁻¹ nas doses de zinco de 3,8 e 3,1 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 4A e 4B). Por outro lado, os menores teores foliares de cálcio (2,1 dag kg⁻¹) e magnésio (0,5 dag kg⁻¹) foram verificados nas testemunhas cujos teores estão bem próximos ao tratamento em que foram empregados 8,0 kg ha⁻¹ de zinco configurando, desta forma, a ocorrência de efeito antagonista competitivo entre o zinco e os teores de cálcio e magnésio, a partir das dosagens de zinco superiores a 3,8 e 3,1 kg ha⁻¹. A ocorrência da interação antagonística entre micronutrientes catiônicos como o zinco e os teores de cálcio e magnésio, pode ser atribuída à similaridade de raio iônico, que pode competir entre si pelos

Tabela 2. Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos teores foliares médios de nutrientes em plantas de feijão consorciado com mamona e em sistema solteiro, submetidas a diferentes fontes e doses de zinco

Tratamentos	G.L.	Quadrados Médios										
		Nutrientes Foliares										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	2	0,0840 ns	0,002ns	0,162ns	0,078ns	0,005 ns	0,010ns	0,700ns	18,433ns	1408,633ns	230,833ns	122,033**
Fontes Zn (A)	1	0,000ns	0,013ns	0,012ns	0,0278ns	0,007ns	0,012ns	0,833ns	8,533ns	3141,633ns	14,700ns	246,533**
Doses Zn (B)	4	0,087ns	0,020*	0,073ns	0,102ns	0,005ns	0,017ns	1,883ns	10,583ns	15435,880ns	572,950*	206,283**
A x B	4	0,072ns	0,018	0,065ns	0,248ns	0,005ns	0,019ns	2,083ns	75,283ns	18421,380ns	182,450ns	189,450**
Mono.	-	0,025ns	0,220ns	0,044ns	0,132ns	0,012ns	0,036ns	1,378ns	50,250ns	9,213,56ns	429,279ns	168,956ns
Cons. x Mono.	-	0,050ns	0,150ns	0,060ns	0,157ns	0,006ns	0,018ns	1,446ns	52,439ns	7,323,69ns	530,435ns	180,369ns
Resíduo	18	0,044	0,005	0,119	0,104	0,003	0,002	1,367	37,878	8347,522	154,833	19,219
C.V. (%)	-	4,0	14,86	10,75	31,22	15,13	12,20	12,85	20,07	32,65	15,16	12,84

Trat. – Tratamentos; G.L. Graus de Liberdade; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ns Não significativo pelo teste F

Cons. – Consórcio; Mono. – Monocultivo

Tabela 3. Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos teores foliares médios de nutrientes em plantas de mamona consorciada com feijão em sistema solteiro, submetidas a diferentes fontes e doses de zinco

Tratamentos	G.L.	Quadrados Médios										
		Nutrientes Foliares										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	2	0,133ns	0,002ns	0,324*	0,474ns	0,018ns	0,001*	1,200ns	172,900**	294,433ns	93,100ns	180,133**
Fontes Zn (A)	1	0,001ns	0,001ns	0,010ns	0,007ns	0,003ns	0,000ns	0,833ns	10,800ns	5,633ns	26,133ns	17,633ns
Doses Zn (B)	4	0,029ns	0,001ns	0,014ns	0,637*	0,024*	0,000ns	1,133ns	21,617ns	5995,450ns	60,583ns	45,450ns
A x B	4	0,016ns	0,001ns	0,102ns	0,369ns	0,019ns	0,000ns	0,333ns	33,383ns	10529,380ns	197,217ns	45,883ns
Mono.	-	0,031ns	0,004ns	0,213ns	0,322ns	0,017ns	0,000ns	1,567ns	21,345 ns	324,879ns	82,213ns	47,245ns
Cons. x Mono.	-	0,025ns	0,002ns	0,116ns	0,215ns	0,013ns	0,000ns	1,213ns	23,413 ns	512,634ns	77,179ns	56,385ns
Resíduo	18	0,037	0,000	0,061	0,171	0,007	0,000	3,867	22,233	5095,507	151,804	29,874
C.V. (%)	-	4,68	11,66	12,16	16,58	14,66	15,73	19,46	13,17	24,81	15,02	37,35

Trat. – Tratamentos; G.L. Graus de Liberdade; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ns Não significativo pelo teste F

Cons. – Consórcio; Mono. – Monocultivo

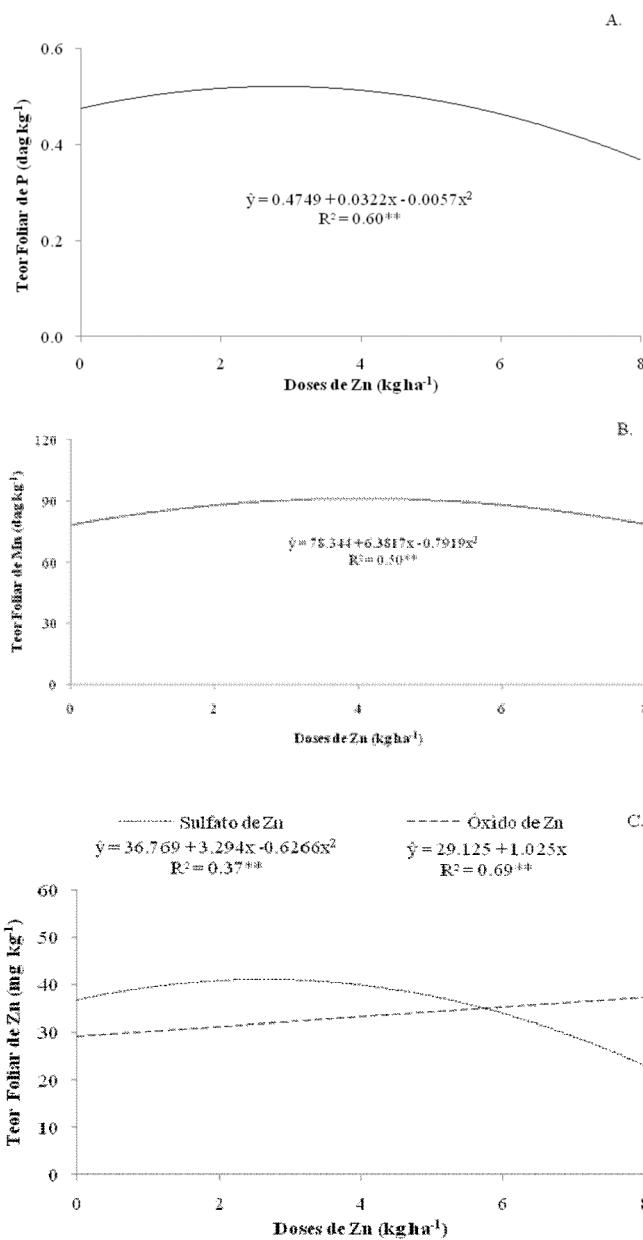


Figura 3. Teores foliares de fósforo (A), manganês (B) e zinco (C) em feijão consorciado com mamona submetido a diferentes doses de zinco. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t

sítios de absorção das plantas, situação esta também verificada em outras pesquisas (Moreira et al., 2003; Souza et al., 2010).

Os teores foliares médios de macronutrientes em folhas de feijão (dag kg^{-1}) em consórcio com mamona, de N, P, K, Ca, Mg e S foram respectivamente de 5,2; 0,5; 3,2; 1,0; 0,4 e 0,4; já os de micronutrientes (mg kg^{-1}) de B, Cu, Fe, Mn e Zn foram de 9; 31; 280; 82 e 34. Nas folhas de mamona em consórcio com feijão os teores de macronutrientes (dag kg^{-1}) N, P, K, Ca, Mg e S foram: 4,1; 0,2; 2,0; 2,5; 0,6 e 0,1 e para micronutrientes (mg kg^{-1}) B, Cu, Fe, Mn e Zn de 10; 36; 288; 82 e 15, respectivamente.

Para Martinez et al. (1999), os teores adequados de nutrientes encontrados em folhas de feijão no pleno florescimento são para macronutrientes (dag kg^{-1}) de: N= 3,0-3,5; P = 0,4-0,7; K = 2,7-3,5; Ca = 2,5-3,5; Mg = 0,3-0,6; S = 0,15-0,20, enquanto para os micronutrientes (mg kg^{-1}) são de: B = 100-

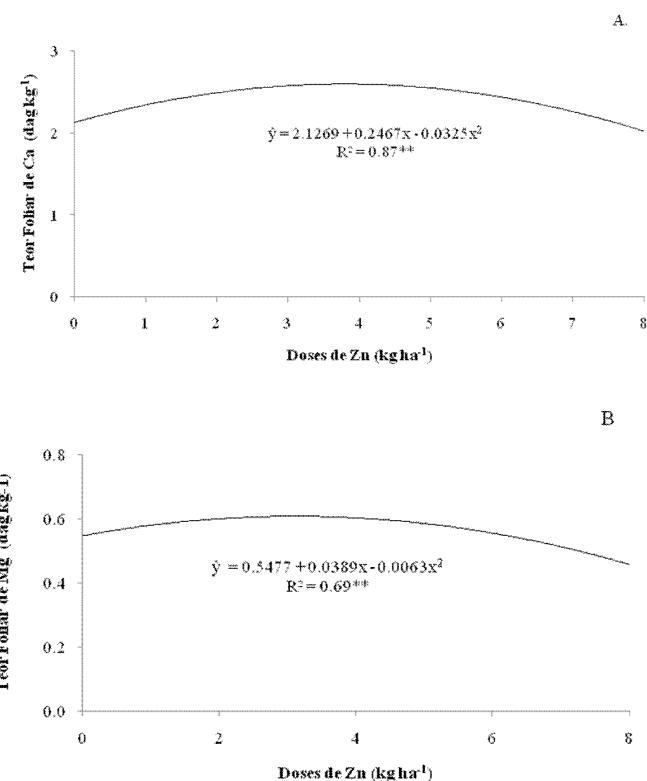


Figura 4. Teores foliares de cálcio (A) e magnésio (B) em mamona consorciada com feijão é submetida a diferentes doses de zinco. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t

150; Cu = 8-10; Fe = 300-500; Mn = 200-300 e Zn = 45-55. Em trabalho conduzido por Cruscolet et al. (2013) os teores de macronutrientes (dag kg^{-1}) adequados em folhas da cultivar de feijão Pérola foram: N = 3,5; P = 0,5; K = 2,2; Ca = 1,5; Mg = 0,4 e S = 0,17; já para mamona os teores de macronutrientes (dag kg^{-1}) de: N = 4,0-5,0; P = 0,3-0,4; K = 3-4; Ca = 1,5-2,5; Mg = 0,3-0,4 e S = 0,3-0,4, sendo que para micronutrientes não há valores de faixas de deficiência, sendo a comparação dos teores foliares médios feita com dados de literatura como em trabalho conduzido por Oliveira et al. (2010), cujos teores médios de nutrientes nas folhas de mamona cv. Al Guarany (porte alto) assim como o material usado na presente pesquisa por ocasião do florescimento, foram de: 5,0 dag kg^{-1} de N; 0,4 dag kg^{-1} de P; 2,3 dag kg^{-1} de K; 1,4 dag kg^{-1} de Ca; 0,3 dag kg^{-1} de Mg; 0,4 dag kg^{-1} de S; 15 mg kg^{-1} de Cu; 141 mg kg^{-1} de Mn e 42 mg kg^{-1} de Zn, considerados adequados para a cultura.

Neste contexto e com base nas informações de referência, pode-se constatar que, em geral, os teores médios foliares de nutrientes, à exceção de boro e manganês, que são inferiores aos dados de referência para feijão, estão dentro ou próximo dos limites considerados adequados para o bom crescimento/desenvolvimento das culturas de feijão-mamona, apesar de nos teores inferiores de boro e manganês apresentados acima não terem sido notados sintomas visuais de deficiência dos micronutrientes em questão na cultura do feijão.

Dentre as características agronômicas avaliadas do feijoeiro somente o rendimento de grãos foi influenciado significativamente pelos tratamentos. Quanto à mamoneira, as características número de racemos por planta e o rendimento de grãos sofreram influência significativa da interação fontes

Tabela 4. Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das características agronômicas de feijão e mamona sob o sistema de consórcio e solteiro, submetidos a diferentes fontes e doses de zinco

Tratamentos	G.L.	Características Agronômicas							
		Feijão				Mamona			
		NVP	NGV	P100GF	RENDF	NRP	NFR	P100GM	RENDM
Blocos	2	2,107 ^{ns}	0,285 ^{ns}	3,766 ^{ns}	83475,63 ^{ns}	157,2013 ^{**}	107,9770 ^{ns}	8,640 ^{ns}	60555,83 ^{ns}
Fontes B (A)	1	4,256 ^{ns}	0,236 ^{ns}	7,400 ^{ns}	96560,13 ^{ns}	1,121 ^{ns}	3,6750 ^{ns}	42,721 ^{ns}	0,83 ^{ns}
Doses B (B)	4	7,736 ^{ns}	0,231 ^{ns}	7,425 ^{ns}	725118,40 ^{**}	40,080 [*]	83,772 ^{ns}	91,171 ^{ns}	698301,20 ^{**}
A x B	4	3,157 ^{ns}	0,121 ^{ns}	13,095 ^{ns}	69588,13 ^{ns}	43,320 [*]	10,612 ^{ns}	20,792 ^{ns}	46857,08 ^{ns}
Mono.	-	3,524 ^{ns}	0,215 ^{ns}	9,568 ^{ns}	62524,980 ^{ns}	4,387 ^{ns}	15,578 ^{ns}	32,643 ^{ns}	20,859 ^{ns}
Cons. x Mono.	-	4,174 ^{ns}	0,198 ^{ns}	10,740 ^{ns}	55256,904 ^{ns}	5,285 ^{ns}	18,947 ^{ns}	35,284 ^{ns}	22,385 ^{ns}
Resíduo	18	6,118	0,569	4,567	141855,40	13,338	33,678	37,879	127143,80
C.V. (%)	-	21,19	18,00	9,53	26,24	21,07	17,04	8,02	23,83

Trat. – Tratamentos; G.L. Graus de Liberdade; * Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo. NVP – Número de vagens por planta; NGV – Número de grãos por vagem; P100GF – Peso de 100 grãos de feijão; RENDF – Rendimento de grãos de feijão; NRP – Número de racemos por planta; NFR – Número de frutos por racemo; P100GM – Peso de cem grãos de mamona; RENDM – Rendimento de grãos de mamona. Cons. – consórcio; Mono. – Monocultivo

x doses de zinco e doses de zinco, respectivamente. Não houve qualquer efeito significativo na interação consórcio x monocultivo (Tabela 4).

O maior rendimento do feijoeiro consorciado com mamona, de 1.850 kg ha⁻¹, foi obtido na dose de 4,1 kg ha⁻¹ de zinco, independente da fonte utilizada. Por outro lado, a maior dose de zinco testada (8,0 kg ha⁻¹) propiciou rendimento de feijão de apenas 1.170 kg ha⁻¹, correspondendo a decréscimo de 55% em relação à dose de zinco, que propiciou maior rendimento mostrando, desta forma, que, certamente, houve efeito prejudicial pelo excesso de zinco nas plantas de feijão em consórcio com mamona. Acréscimos de rendimento de grãos de feijão em resposta a adubação com zinco são encontrados em outros trabalhos de pesquisa, como no de Teixeira et al. (2004), corroborando então com os resultados obtidos. Ressalta-se que, mesmo com o teor de zinco no solo de 3,7 mg kg⁻¹ na camada de 0-20 cm (Tabela 1), considerado elevado na literatura para verificar resposta de lavouras à adubação (Galarão, 2004), a cultura do feijão cultivada em consórcio com mamona respondeu positivamente à adubação com zinco, fato este que permite observar que, certamente os atuais genótipos em cultivos de feijão são mais exigentes em zinco o que torna oportuna a revisão dos atuais níveis de zinco presentes nos solos de cerrado existentes nas tabelas de recomendação de adubação (Figura 5).

Com relação à cultura da mamona, o número de racemos por planta apresentou comportamento quadrático para sulfato de zinco (Figura 6A), com acréscimo até a dose de 3,0 kg ha⁻¹

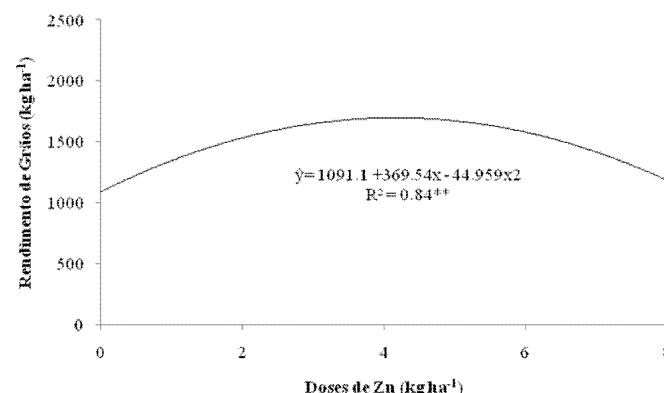


Figura 5. Rendimento de grãos de feijão consorciados com mamona submetidos a diferentes doses de zinco. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t

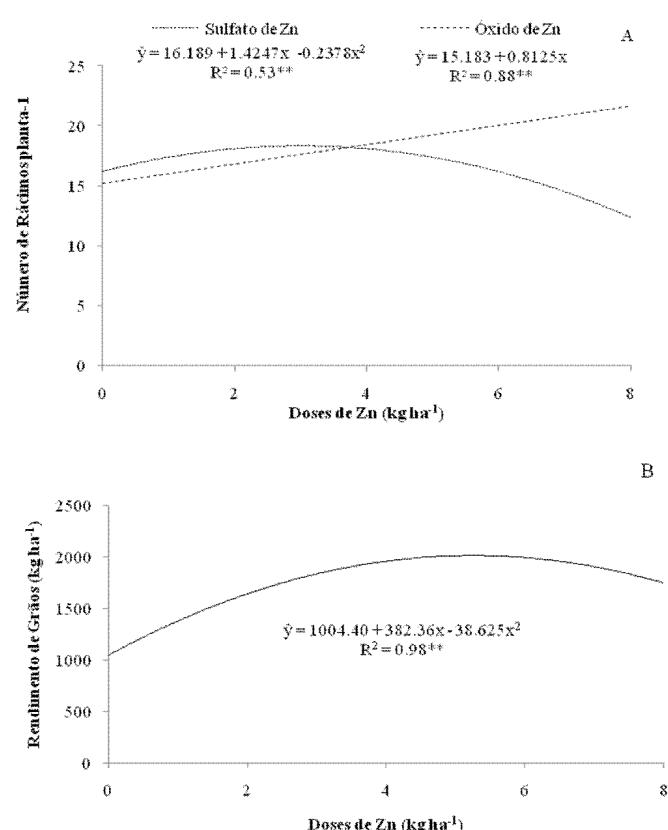


Figura 6. Número de racemos por planta (A) e rendimento de grãos (B) de mamona consorciada com feijão, submetidos a diferentes doses de zinco. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t

de zinco, seguido de decréscimo, atingindo valor inferior ao da testemunha na maior dose de zinco testada (8,0 kg ha⁻¹). Já para a fonte óxido de zinco, houve acréscimo linear do número de racemos por planta em resposta à sua adição, atingindo valor máximo de 21,6 na maior dose de zinco testada. Este diferencial entre fontes de zinco sobre a produção de racemos por planta de mamona se deve, certamente, à maior solubilidade do sulfato de zinco em relação ao óxido de zinco pois a primeira fonte é capaz de promover maior disponibilidade do nutriente em questão chegando a atingir níveis tóxicos a partir da dose que propiciou maior produção de racemos, ao passo que a fonte óxidos de zinco foi capaz de suprir o nutriente às plantas durante todo o ciclo da mamoneira, em quantidades adequadas.

O rendimento de grãos de mamona sob consórcio com feijão foi maior, de 1.951 kg ha⁻¹ na dose de 4,9 kg ha⁻¹

enquanto a maior dose testada de zinco propiciou decréscimo do rendimento, com valor obtido de 1.521 kg ha⁻¹ (Figura 6B), ou seja, 22% inferior, confirmando a hipótese levantada anteriormente sobre o efeito negativo promovido às plantas pelas maiores doses de zinco, independente da fonte usada. Por outro lado, na testemunha o rendimento de grãos da mamona foi de apenas 1.004 kg ha⁻¹, mostrando, desta forma, a importância da adubação com zinco em solos de cerrado, mesmo sem a comprovada deficiência do nutriente em questão.

A avaliação biológica dos sistemas de cultivo foi estudada por meio do UET o qual mostrou vantagem produtiva na combinação feijão e mamona sob consórcio, comparado ao monocultivo, em todas as doses de zinco utilizadas, com valores variando de 1,48 a 2,38 (Tabela 5). Considerando a média da UET obtida das doses de zinco verifica-se o valor de 1,98 o que permite afirmar que o sistema consorciado é 98% mais eficiente em relação ao cultivo monocultivo; ademais, pode-se afirmar que um UET de 1,98 significa que se faz necessário incorporar 0,98 hectare de área de monocultivo das espécies investigadas a mais, em comparação com a área consorciada, para que se tenha rendimentos idênticos. Com relação ao UET das fontes de zinco aplicadas no sistema consorciado, destaca-se que este foi novamente mais eficaz quando comparado com o monocultivo, uma vez que os valores variaram de 2,24 a 2,74, ou seja, acima de 1,0.

Tabela 5. Relação C/M (rendimento no consórcio/rendimento em sistema monocultivo) e uso eficiente de terra - UET dos sistemas de consórcio feijão-comum e mamona sob diferentes doses de zinco

Doses de Zn (kg ha ⁻¹)	C/M Feijão	C/M Mamona	UET
0	0,92	0,67	1,59
1,0	1,35	0,63	1,98
2,0	1,04	0,44	1,48
4,0	1,21	1,17	2,38
8,0	1,18	1,15	2,33
Fontes de Zn			
Sulfato	1,14	1,60	2,74
Óxido	0,88	1,36	2,24

Os resultados aqui obtidos para UET são concordantes com os outros trabalhos de pesquisa em que a cultura de mamona consorciada com outras espécies, mostrou-se mais eficiente que o monocultivo (Beltrão et al., 2010; Kumar et al., 2010; Teixeira et al., 2012). Além disto, pode-se verificar ainda que o consorciamento de feijão comum não promoveu redução da produtividade da oleaginosa em questão, além de demonstrar que na região Centro-Oeste podem ser obtidos altos patamares de rendimento de mamona.

Conclusões

A adubação com zinco influencia os teores foliares de P, Ca, Mg, Mn e Zn nas referidas culturas, especialmente de sulfato de zinco.

As aplicações de doses de 4,1 e 4,9 kg ha⁻¹ de zinco via solo, propiciam maiores rendimentos de grãos de feijão e de mamona sob sistema consorciado, respectivamente.

Não há diferença entre os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn nem das características agronômicas de

feijão-comum e mamona produzidas em consórcio em relação ao monocultivo.

O sistema de consorciamento feijão-comum e mamona é mais eficiente que o sistema monocultivo.

Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa dos terceiro e quarto autores, e pelo auxílio financeiro do projeto, Processo 482631/2009-0.

Literatura Citada

- Araújo, G. A. A.; Ferreira, A. C. B. Manejo do solo e plantio. In: Vieira, C.; Paula Júnior, T. J. P.; Borém, A. (Eds.). Feijão. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. Cap. 5, p.87-114.
- Azevedo, D. M. P.; Gondim, T. M. S. Cultivo da mamona: sistema de cultivo e espaçamento. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. (Embrapa Algodão. Sistemas de produção, 4 – 2.ed. Versão Eletrônica). <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/cultivo.html>. 20 Mai. 2013.
- Beltrão, N. E. M.; Vale, L. S.; Marques, L. F.; Cardoso, G. D.; Maracaja, P. B. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim. Revista Verde, v.5, n.5, p.67-73, 2010. <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/viewFile/384/pdf_57>. 23 Mai. 2013.
- 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. <http://oleo.ufla.br/anais_02/artigos/t070.pdf>. 23 Mai. 2013.
- Carneiro, L. F.; Furtini Neto, E. A.; Resende, A. V.; Curi, N.; Santos, J. Z. L.; Lago, F. J. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na interação fósforo-zinco em milho. Ciência Agrotecnologia, v.32, n.4, p.1133-1141, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000400015>>.
- Comissão e Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG. Mamona. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvares V., V. H. (Eds.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5º Aproximação. Viçosa: SBCS, 1999. p.311.
- Chagas, J. M.; Braga, J. M.; Vieira, C.; Salgado, L. T.; Junqueira Neto, A.; Araújo, G. A. A.; Andrade, M. J. B.; Lana, R. M. Q.; Ribeiro, A. C. Feijão. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V., V. H. (Eds.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5º. Aproximação. Viçosa: SBCS, 1999. p.306-309.
- Chaves, L. H. G; Cabral, P. C. P.; Barros Junior, G.; Lacerda, R. D. Efeito de zinco e cobre no estado nutricional da mamoneira, BRS 188. Paraguaçu. Caatinga, v.22, n.4, p.129-135, 2009. <<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/1364>>. 22 Mai. 2013.

- Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB. 7º levantamento de avaliação da safra de grãos 2012/13. <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_04_09_10_27_26_boletim_graos_abril_2013.pdf>. 15 Abr. 2013.
- Crusciol, C. A. C.; Soratto, R. P.; Castro, G. S. A.; Costa, C. H. M.; Ferrari Neto, J. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. Revista Ciência Agronômica, v.44, n.2, p.404-410, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000200025>>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documento, 1)
- Ferreira, D. F. Sisvar: sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 5.1 Build 72. Lavras: DEX/UFLA, 2007.
- Ferreira, M. M. M.; Ferreira, G. B.; Santos, A. C. M.; Xavier, R. M.; Severino, L. S.; Beltrão, N. E. M.; Dantas, J. P.; Moraes, C. R. A. 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, 2004. CD Rom.
- Flor, M. C. A.; Cheaney, R.; Neira, P. S. O problema da deficiência do zinco em arroz. Lavoura Arrozeira, v.27, n.282, p.20-23. 1974.
- Galrão, E. Z. Micronutrientes. In: Souza, D. M. G.; Lobato, E. (Eds.). Cerrado: correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.185-226.
- Kumar, H. C. S.; Mudalagiriyappa, J. L.; Nanjappa, H. V.; Ramachandrappa, B. K. Productive performance of castor (*Ricinus communis* L.) based intercropping systems under rain fed conditions of central dry zone in Karnataka. Journal of Agricultural Sciences, v.44, n.3, p.481-484, 2010. <<http://www.cabi.org/cabdrect/FullTextPDF/2013/20133156766.pdf>>. 15 Abr. 2013.
- Lange, A.; Martines, A. M.; Silva, M. A. C.; Sorreano, M. C. M.; Cabral, C. P.; Malavolta, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, n.1, p.61-67, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005000100009>>.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. 309p.
- Martinez, H. E. P.; Carvalho, J. G.; Souza, R. B. Diagnose foliar. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez, V. V. H. (Eds.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa: SBCS, 1999. p.143-168.
- Moreira, A.; Garcia, A. G.; Heinrichs, R.; Malavolta, E. Influências do magnésio, boro, manganês na absorção de zinco por raízes destacadas de duas cultivares de arroz. Semina: Ciências Agrárias, v.24, n.2, p.213-218, 2003. <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/2177/1869>>. 23 Mai. 2013.
- Mousavi, S. R. Zinc in crop production and interaction with phosphorus. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, v.5, n.9, p.1503-1509, 2011. <<http://www.ajbasweb.com/ajbas/2011/September-2011/1503-1509.pdf>>. 24 Mai. 2013.
- Nichols, B. A.; Hopkins, B. G.; Jolley, V. D.; Webb, B. L.; Greenwood, B. G.; Buck, J. R. Phosphorus and zinc interactions and their relationships with other nutrients in maize grown in chelator-buffered nutrient solution. Journal of Plant Nutrition, v.35, n.1, p.123-141, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2012.631672>>.
- Oliveira, J. P. M.; Scivittaro, W. B.; Castilhos, R. M. V.; Oliveira Filho, L. C. I. Adubação fosfatada para cultivares de mamoneira no Rio Grande do Sul. Ciência Rural, v.40, n.8, p.1835-1839, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010000800027>>.
- Pacheco, D. D.; Saturnino, H. M.; Gonçalves, N. P.; Santos, D. A.; Lopes, H. F.; Souza, R. P. D.; Dourado, I. C.; Antunes, P. D.; Ribeiro, D. P. 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. Aracaju. Anais... Aracaju: SAGRI; Embrapa Tabuleiros Costeiros; Embrapa Algodão, 2006. CD Rom.
- Ribeiro, N. D.; Santos, O. S. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. Ciência Rural, v.26, n.1, p.159-165, 1996. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84781996000100030>>.
- Secretaria de Planejamento do Estado de Goiás - SEPLAN. Coordenadas geográficas dos municípios. 2011. <<http://portalsepin.seplan.go.gov.br>>. 18 Jul. 2012.
- Silva, M. A.; Silva, F. E.; Nunes Júnior, E. S.; Costa, F. X.; Melo Filho, J. S. Cultivo de sequeiro da mamona adubada com casca de mamona e fertilizante nitrogenado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, n.4, p.375-379, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000400007>>.
- Silva, T. R. B.; Leite, V. E.; Silva, A. R. B.; Viana, L. H. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura da mamona em plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n.9, p.1357-1359, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000900018>>.
- Souza, H. A.; Rozane, D. E.; Prado, R. M.; Romualdo, L. M. Avaliação da interação de nutrientes na aplicação de zinco em sementes de arroz. Bioscience Journal, v.26, n.1, p.33-39, 2010. <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7032/4661>>. 23 Mai. 2013.
- Teixeira, I. R.; Borém, A.; Araújo, G. A. A.; Fontes, R. L. F. Manganese and zinc leaf application on common bean grown on a 'cerrado' soil. Scientia Agrícola, v.61, n.1, p.77-81, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162004000100013>>.
- Teixeira, I. R.; Borém, A.; Silva, A. G.; Kikuti, H. Fontes e doses de zinco no feijoeiro cultivado em diferentes épocas de semeadura. Acta Scientiarum. Agronomy, v.30, n.2, p.255-259, 2008. <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v30i2.1739>>.
- Teixeira, I. R.; Silva, G. C.; Oliveira, J. A. P.; Timossi, P. C. Arranjos de plantas do feijoeiro-comum consorciado com mamona. Caatinga, v.25, n.1, p.85-91, 2012. <<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/2259/pdf>>. 22 Mai. 2013.
- Vieira, C. Cultivos consorciados. In: Vieira, C.; Paula Júnior, T. J.; Borém, A. (Eds.). Feijão. Viçosa: UFV, 2006. p.493-528.