

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CIÊNCIAS
EXATAS E TECNOLÓGICA
MESTRADO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**Fontes e doses de boro na nutrição, produção e qualidade de
sementes de feijão-comum em consorcio com mamona**

Mateus de Leles Lima

Anápolis
2011

**FONTES E DOSES DE BORO NA NUTRIÇÃO,
PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE
FEIJÃO-COMUM EM CONSORCIO COM MAMONA**

MATEUS DE LELES LIMA

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas de Anápolis como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Engenharia de Sistemas Agroindustriais, para obtenção do título de MESTRE.

Orientador: Professor Dr. Itamar Rosa Teixeira

Anápolis
2011

LIMA, Mateus de Leles.

Fontes e doses de boro na nutrição, produção e qualidade de sementes de feijão-comum em consórcio com mamona - 2011. 61 f. il.

Orientador: Prof. Dr. Itamar Rosa Teixeira.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás.

Mestrado *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola, 2011.
Bibliografia.

1. Ciências Agrárias. 2. Engenharia Agrícola. 3. Tecnologia e Produção de Sementes. I. Título.

**FONTES E DOSES DE BORO NA NUTRIÇÃO, PRODUÇÃO E QUALIDADE
DE SEMENTES DE FEIJÃO-COMUM EM CONSÓRCIO COM MAMONA**

Por

Mateus de Leles Lima

Dissertação apresentada como parte de exigência para obtenção do título de MESTRE
EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Aprovada em: ___/___/___

Prof. Dr. Itamar Rosa Teixeira
Orientador

Prof. Dr. João Carlos Nabout
Membro

Prof. Dr. Paulo Alcanfor Ximenes
Membro

*Aos meus pais José Maurício e Dalva e aos meus irmãos Daniel e Gabriel pelo carinho,
amor, confiança e incentivo.*

DEDICO.

À minha amada pelo carinho, amor, companheirismo, amizade e compreensão,

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãos, pelo incentivo, carinho, compreensão e confiança;

À toda minha família, pelo constante apoio e confiança;

À Universidade Estadual de Goiás pela oportunidade em realizar o curso de Mestrado;

À Universidade Federal de Goiás pela oportunidade de realizar disciplinas no Programa de Pós Graduação da Escola de Agronomia;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao professor Dsc. Itamar Rosa Teixeira pela orientação e dedicação;

Ao professor Dsc. Ivano Alessandro Devilla, pelo apoio, conselhos, sugestões e colaboração no decorrer do todo o mestrado;

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás pela amizade, colaboração, conselhos e conhecimentos transmitidos durante este trabalho;

Ao professor Dsc. Paulo Alcanfor Ximenes pelo apoio, conselhos, conhecimentos transmitidos e pela amizade;

Aos meus amigos da Engenharia Agrícola da UEG João Paulo, João Mauricio, Poliana, Josué, Renata, Lucas, Eline, Ludimilla, Daniel, Danilo, Antonio, Fabiana, Rafael e aos outros tantos que direta ou indiretamente fizeram parte dessa caminhada;

À Eliete, secretária do curso de pós-graduação, pela dedicação à nós, alunos do mestrado;

Aos funcionários do Laboratório de Engenharia Agrícola da UEG, em especial ao Waldeir, Igor e Elba, pelo apoio e amizade;

Aos inúmeros amigos, que aqui conquistei e que tanto me apoiaram;

A todos que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	Erro! Indicador não definido.x
ABSTRACT	Erro! Indicador não definido.xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Importância sócio-econômica do feijão-comum e mamona.....	3
2.2. Emprego do consorciamento de culturas.....	4
2.3. Boro na nutrição de plantas	5
2.4. Resposta de feijão e mamona à adubação boratada.....	8
2.5. Influência da adubação boratada na qualidade de sementes.....	9
3 MATERIAIS E MÈTODOS	11
3.1. Informações gerais	11
3.2. Delineamento experimental e tratamentos	12
3.3. Implantação e condução	Erro! Indicador não definido.12
3.4. Características avaliadas.....	Erro! Indicador não definido.13
3.5. Análise estatística	Erro! Indicador não definido.15
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	Erro! Indicador não definido.16
4.1. Aspectos nutricionais	Erro! Indicador não definido.16
4.2. Aspectos agronômicos.....	22
4.3. Qualidade fisiológica das sementes.....	27
5 CONCLUSÕES.....	35
6 AGRADECIMENTOS	35
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos teores foliares médios de nutrientes em plantas de feijão consorciadas com mamona, submetidas a diferentes fontes e doses de boro. Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis-GO, 2011.....	17
TABELA 2 - Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos teores foliares médios de nutrientes em plantas de mamona consorciadas com feijão, submetidas a diferentes fontes e doses de boro. Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis-GO, 2011.....	18
TABELA 3 - Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das características agrônômicas de feijão e mamona consorciadas, sob diferentes fontes e doses de boro Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis-GO, 2011.....	23
TABELA 4 - Relação C/M (rendimento no consórcio/rendimento em monocultivo) e uso eficiente de terra - UET dos sistemas de consórcio feijão-comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) e mamona (<i>Ricinus communis</i> L.).....	26
TABELA 5 - Relação C/M (rendimento no consórcio/rendimento em monocultivo) e uso eficiente de terra - UET dos sistemas de consórcio feijão-comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) e mamona (<i>Ricinus communis</i> L.).....	26
TABELA 6 - Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) da qualidade fisiológica das sementes de feijão consorciada com mamona, sob diferentes fontes e doses de boro. Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis-GO, 2011.....	29
TABELA 7 - Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) da qualidade fisiológica das sementes de mamona consorciada com feijão, sob diferentes fontes e doses de boro. Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis-GO, 2011.....	32

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Dados diários climáticos do campo durante o ciclo das plantas consortes/monocultivos referentes à temperatura máxima (Temp. max.) e mínima (Temp. mín.) em graus Celsius (°C) e precipitação em milímetros (mm) em Anápolis-GO, 2011.....	11
FIGURA 2. Teor nutricional em folhas de feijão em consórcio com mamona, sob diferentes fontes de boro. Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Anápolis-GO, 2011.....	19
FIGURA 3. Teor nutricional em folhas de mamona em consórcio com feijão, sob diferentes fontes de boro. Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Anápolis-GO, 2011.	20
FIGURA 4. Características agronômicas de feijão consorciado com mamona, sob diferentes doses de boro. Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Anápolis-GO, 2011.....	24
FIGURA 5. Características agronômicas de mamona consorciada com feijão, sob diferentes doses de boro. Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Anápolis-GO, 2011.....	25
FIGURA 6. Qualidade fisiológica de sementes de feijão consorciado com mamona, sob diferentes fontes de boro no teste germinação. Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Anápolis-GO, 2011.....	30
FIGURA 7. Qualidade Fisiológica de sementes de mamona consorciada com feijão, sob diferentes doses de boro no teste de primeira contagem. Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Anápolis-GO, 2011.....	33

FONTES E DOSES DE BORO NA NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE FEIJÃO-COMUM EM CONSÓRCIO COM MAMONA

RESUMO

O consorciamento de culturas é de uso comum no Brasil, especialmente na pequena propriedade rural. Contudo, a vantagem efetiva dessa técnica em relação ao monocultivo se torna mais evidente quando as culturas participantes do sistema apresentarem diferenças entre as suas exigências quanto aos recursos disponíveis, seja em qualidade e/ou quantidade. As produtividades satisfatórias das culturas envolvidas somente serão conseguidas com conhecimentos das reais exigências nutricionais das plantas no sistema consorciado. Diante disso, objetivou-se neste trabalho avaliar a nutrição, características agronômicas e a qualidade fisiológica das sementes das culturas de feijão-comum + mamona sob consórcio, submetidas a duas fontes e cinco doses de boro nas condições edafoclimáticas do cerrado goiano. Empregou-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial $2 \times 5 + 2$, com três repetições. Os tratamentos foram compostos de duas fontes de boro (boráx = 11% B e ácido bórico = 17% B), combinadas com cinco doses de boro (0,0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 kg ha⁻¹ de B no solo) em consórcio de feijão-comum com mamona, mais os tratamentos adicionais do monocultivo de mamona e de feijão. Conclui-se que: a) Em geral, os teores foliares de enxofre, nitrogênio, cálcio, magnésio e ferro nas plantas de feijão-comum e de mamona sob consórcio, foram influenciados pelas fontes e doses de boro; b) O rendimento de feijão-comum cultivado sob consórcio com mamona, foi influenciado pela adubação boratada. Em contrapartida, o maior rendimento da mamona consorciada com feijão-comum, 2.040 kg ha⁻¹ de grãos, foi obtido com a dosagem de 1,9 kg ha⁻¹ de boro, independente da fonte usada; c) O sistema de consorciamento feijão-comum + mamona foi mais eficiente que o monocultivo, conforme os valores médios de UET – 1,88 para as diferentes doses de boro adicionadas via fertilizante; d) A qualidade de sementes de feijão-comum produzida sob consórcio com mamona foi influenciada positivamente pelas doses de boro; e) As fontes e doses de boro influenciaram a qualidade de sementes de mamona, produzidas em consórcio e monocultivo.

Palavras chave: *Ricinus communis* L., *Phaseolus vulgaris* L., consórcio de culturas, nutrição, micronutriente, adubação boratada.

ABSTRACT**SOURCES AND DOSES OF BORON IN NUTRITION AND PRODUCTION IN COMMON BEAN IN CONSORTIUM WITH CASTOR**

The intercropping of crops is commonly used in Brazil, especially in small farms. However, the actual advantage of this technique compared to the monoculture becomes more evident when the differences between cultures involved present their demands on the resource, both in quality or quantity. It is added that yields satisfactory crops involved will only be achieved with knowledge of the actual nutrient requirements of crops intercropping system participants. Therefore, this study aimed to assess the nutrition, agronomic characteristics and seed physiological quality of common bean crops in castor more consortium, subject to different sources of boron doses at conditions of the goiano open pasture. We used the randomized block design, factorial scheme $2 \times 5 + 2$, with three replications. The treatments consisted of two sources of boron (B = 11% borax and boric acid B = 17%) combined with five doses of boron (0.0, 0.5, 1.0, 2.0 and 4.0 kg ha⁻¹ of soil B) in a consortium of common bean more castor oil, plus additional treatment of monoculture and castor beans. We conclude that: a) In general, foliar concentrations of sulfur, nitrogen, calcium, magnesium and iron in common bean plants in castor more consortium, were influenced by the sources and doses of boron b) The yield of beans grown in consortium with common castor beans, was influenced by fertilizer borate. In contrast, the highest yield of castor intercropped with common bean, 2,040 kg ha⁻¹ grain was obtained at a dosage of 1.9 kg ha⁻¹ of boron, regardless of the font used, c) The system of intercropping beans commonplace castor was more effective than the monoculture, as the values of UET - 1.88 d) The quality of common bean seeds produced in consortium with castor oil was positively influenced by the levels of boron. In contrast, the sources and doses of boron did influence the quality of castor seeds produced in monoculture and consortium.

Keywords: *Ricinus communis* L., *Phaseolus vulgaris* L., intercropping of crops, nutrition, micronutrient, fertilizer borate.

1 INTRODUÇÃO

O consorciamento de culturas é de uso comum no Brasil, especialmente na pequena propriedade rural. Contudo, a vantagem efetiva dessa técnica em relação ao monocultivo se torna mais evidente quando as culturas envolvidas apresentarem diferenças entre as suas exigências quanto aos recursos disponíveis, seja em qualidade, quantidade e época de demanda. Desta forma, a eficiência dos cultivos consorciados é dependente da complementaridade entre as culturas envolvidas.

Neste contexto, o cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.), indicada pelo governo federal como primeira escolha para projetos relacionados à produção de biodiesel, e usada sobretudo sob consorcimento com culturas de ciclo curto como o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), principal fonte protéica das classes de menor poder aquisitivo, pode configurar como boa opção aos agricultores. Para isto a utilização de sementes de qualidade torna-se essencial, já que estas configuram-se como insumo básico na produção agrícola. Ademais, a adoção do sistema possibilitará ao agricultor familiar conviver com a seca no período de entressafra em regiões de períodos climáticos bem definidos como nas áreas de cerrado, proporcionando ganhos extras, melhorando, conseqüentemente, a sua qualidade de vida.

Com relação à mamoneira, pode dizer que tem sido utilizada com muito sucesso no consórcio com culturas anuais de ciclo curto (TÁVORA et al., 1988; AZEVEDO et al., 1998a; AZEVEDO et al., 1998b; AZEVEDO et al., 1999; AZEVEDO et al., 2001; KUMAR, 2002; CORRÊA et al., 2006), pela facilidade de ser conduzida e pelo retorno do capital que tem proporcionado ao produtor com a venda de suas sementes, além da incorporação de restos culturais e do resíduo de fertilizante que permanece no solo. Nesse sentido, o feijoeiro-comum pode ser apontado como boa alternativa para consórcio, por ser importante na alimentação do brasileiro, como pela adaptação morfofisiológica das plantas ao sistema por ser planta C3 (VIEIRA, 2006), além de ser uma fabacea (leguminosa), e portanto, com capacidade de repor nitrogênio ao solo.

Para o caso da mamona usada em consórcio com o feijão, há na literatura informações referentes somente a espécie *Vigna unguiculata* cujas denominações atribuídas são: feijão miúdo, feijão de corda, feijão catador, dentre outras, mas como é sabido, esse material apresenta alta agressividade de crescimento por ser de hábito trepador (Tipo IV), podendo comprometer seriamente, o rendimento da mamona, conforme constatado por Corrêa et al. (2006).

Em geral, a adubação da mamoneira é pouco estudada no Brasil, com predomínio de uma literatura antiga (CANECCHIO FILHO e FREIRE, 1958; NAKAGAWA e NEPTUNE, 1971; SOUZA e NEPTUNE, 1976; NAKAGAWA et al., 1986). Contudo, estudos nessa temática foram retomados recentemente (LANGE et al., 2005; SEVERINO et al., 2006a; SEVERINO et al., 2006b; SILVA et al., 2007; LIMA et al., 2008) devido à importância da cultura na produção de biocombustível, porém são ainda escassos, e contemplam poucos genótipos de uso comum pelos produtores, além de serem recomendados em sua maioria, para a região nordeste.

Para a região Centro-Oeste, onde a cultura da mamona é emergente ainda não se dispõe de informações a respeito do assunto, e em algumas situações as recomendações de adubações de cultivo solteiro são generalizadas, sem o real conhecimento da exigência da lavoura nas condições edafoclimáticas predominantes na região em questão. Obstante, pode-se dizer que estudos abordando o assunto nutrição de mamona foram realizados há mais de trinta anos, utilizando cultivares tradicionais, não havendo, portanto, conhecimento referente aos aspectos nutricionais dessa oleaginosa atualmente.

Com relação ao feijoeiro, pode-se afirmar que a cultura em monocultivo se tornou altamente rentável, com emprego de alto nível tecnológico na atividade, e o que tem levado a obtenção de patamares de produtividade superiores a 3500 kg ha⁻¹, como acontece na região Centro-Oeste em estados como Goiás e Distrito Federal. Porém, para a condição de consórcio, estudos de nutrição mineral são praticamente inexistentes.

Acrescenta-se que produtividades satisfatórias das culturas envolvidas no consorciamento somente serão conseguidas com conhecimentos das reais exigências nutricionais de plantas de mamona e feijão-comum sob sistema de consorciado. Diante disso, estudos devem ser realizados com o propósito de avaliar as respostas das plantas em lavoura consorciada de mamona e feijão-comum e sua influência da qualidade de sementes produzidas, visando fornecer informações relevantes a técnicos e produtores, com particular ênfase a pequena propriedade familiar.

Diante da escassez de informações sobre as exigências nutricionais do cultivo em consórcio de feijão-comum e mamona, este trabalho objetivou avaliar o efeito de duas fontes e cinco doses de boro na nutrição, produção e qualidade de sementes de feijão-comum e mamona, sob consórcio nas condições edafoclimáticas da região central do Estado de Goiás.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância sócio-ecomômica do feijão-comum e mamona

O feijão é um dos alimentos mais antigos e importantes na alimentação humana e remontam aos primeiros registros históricos noticiados. No antigo Egito e na Grécia eram cultivados e cultuados como símbolo de vida. Na Roma antiga o feijão era largamente utilizado nas suas festas gastronômicas, e até mesmo como pagamento de apostas. A disseminação do feijão no mundo é atribuída, pela maioria dos historiadores, a ocorrência das guerras, já que este alimento era parte essencial da dieta dos guerreiros em batalha. As grandes explorações auxiliaram a difundir este habito alimentar para as diversas regiões do globo (EMBRAPA, 2004).

O Brasil configura-se como o maior produtor mundial de feijão-comum pertencente à espécie *Phaseolus vulgaris* L. (FAO, 2009). Na safra de 2008 a produção dos seis principais países produtores de feijão, envolvendo aproximadamente cinco espécies mais cultivadas, representou cerca de 65,2% da produção mundial, tendo o Brasil colaborado com cerca de 17%, ocupando o segundo lugar neste ranking.

O cultivo do feijão no território nacional é feito em três safras distintas, águas, seca e inverno. Na última safra, 2010/11 foi produzida 3,8 milhões de toneladas de feijão em uma área cultivada de 4,0 milhões de hectares e produtividade de 945 kg ha⁻¹ envolvendo a média das três safras citadas acima (CONAB, 2011). Paraná, São Paulo e Minas Gerais são os maiores produtores nacional. Contudo, os maiores patamares de produtividade são obtidos no Distrito Federal e Goiás, com valores superiores a 2500 kg ha⁻¹, na safra de inverno.

Com relação à cultura de mamona (*Ricinus communis* L.), no Brasil esta oleaginosa possui importante papel socioeconômico, sobretudo nas regiões com menor disponibilidade hídrica, como o Nordeste brasileiro. Na safra 2010/11 cultivou-se aproximadamente 219,3 mil hectares de mamona, com produção de 141,3 mil toneladas e produtividade de 644 kg ha⁻¹, sendo a Bahia o maior produtor nacional (CONAB, 2011). O Brasil é o terceiro produtor mundial de mamona e o segundo exportador.

Seu sistema de produção pode ser praticado por pequenos produtores, é intensivo em mão-de-obra (gerando empregos) e podem ser em consórcio e/ou rotação de outras culturas, além de utilizar pouco agrotóxico e adaptar-se perfeitamente aos

mais variados sistemas de cultivo, além de propiciar de suas sementes um óleo de características ímpares (FREITAS e FREDO, 2005).

Da mamona também é aproveitada os subprodutos que são destinados para a alimentação animal e recuperação de solos esgotados. A torta de mamona é recomendada para a alimentação animal devido ao alto teor de proteína, porém não muito utilizado pois depende de um processo, relativamente caro, para a desintoxicação deste subproduto, levando as usinas de óleo a vender a torta apenas como fertilizante.

Diferentemente da soja, girassol, amendoim e outras oleaginosas, a mamona não é destinada à alimentação humana, conseqüentemente, sob o ponto de vista social não haveria concorrência com tal mercado. Além do mais, as discussões a respeito do biodiesel têm procurado priorizar oleaginosas que propiciem maior geração de emprego e renda, além de inserir regiões que estejam à margem do processo de desenvolvimento econômico (PIRES et al., 2004).

Devido a estas medidas governamentais a cultura da mamona teve grande expansão, promovendo demanda crescente por tecnologias favoráveis à produção e à qualidade das sementes desta espécie. Desta forma, as pesquisas na área de produção e controle de qualidade de sementes de mamona se justificam pela necessidade do mercado de sementes de qualidade, escassez de informações referentes à tecnologia de produção, aumento da área plantada com a cultura e potencialidade da espécie (OLIVEIRA et al., 2006).

2.2. Emprego do consorciamento de culturas

A consorciação de culturas consiste no cultivo simultâneo de duas ou mais espécies numa área agrícola, tendo a dimensão espacial e temporal de convivência entre as plantas cultivadas (PINTO, 2011). Teixeira et al. (2005a) definem o consorciamento como prática em que são cultivadas duas ou mais culturas, com diferentes ciclos ou arquitetura vegetal, em uma mesma área, não semeadas ou plantadas na mesma época, mas que convivem simultaneamente por boa parte do ciclo vegetal. Os referidos autores consideram ainda, que esta técnica é usada para aumentar a produtividade das lavouras e obter maiores lucros por unidade de área, possibilitando a maximização da utilização dos recursos ambientais sem desequilíbrio ecológico, sobretudo, para os pequenos agricultores em regiões tropicais.

A maioria das culturas de ciclo anual, utilizados pela agricultura familiar, faz-se uso de sistemas de cultivo consorciados com duas ou mais culturas exploradas na mesma área e tempo. No tocante ao uso de mamona e feijão, o sistema de consórcio mais recomendado envolve a mamona com a espécie de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e/ou feijão-comum, dependendo da região de cultivo (BELTRÃO et al., 2006a). Trabalhos a respeito do manejo das espécies consorciadas envolvendo a cultura da mamona com culturas alimentares são cada vez mais freqüentes (AZEVEDO et al., 1997; BELTRÃO et al., 2006b; CORRÊIA et al., 2006; LIMA et al., 2008; PINTO et al., 2011).

O cultivo da mamona consorciada com outras espécies cultivadas tem se mostrado vantajoso em relação ao monocultivo, no que se refere a produtividade, resistência às pragas e doenças e estabilidade de produção, além de contribuir para o balanceamento da dieta e a economia do produtor. Dentre outros benefícios, o consórcio pode aumentar a eficiência no uso da terra e diminuir o risco de redução na produção, com isso diminuindo o risco de insucesso econômico.

O feijão-comum é o preferido nos consórcios culturais devido ser de ciclo vegetativo curto e pouco competitivo, além de ser semeado em diferentes épocas. É uma cultura relativamente tolerante à competição movida pela planta consorte, é um dos alimentos básicos do povo brasileiro e seu preço geralmente alcança bons níveis no mercado. No que diz respeito ao feijão-comum em consorciamento, a maioria dos trabalhos dizem respeito a associação com milho (SANGOI e ALMEIDA, 1993; CANDAL NETO e VIEIRA, 1994; RAPOSO et al., 1995; KRONKA et al., 2000; ANDRADE et al., 2001; FLESCHE, 2002; COSTA e SILVA, 2008), sendo que na maioria destes estudos tem sido comprovado a eficiência dos consorciamentos em relação em monocultivos.

2.3. Boro na nutrição de plantas

A nutrição de plantas tem destacada relevância no crescimento/desenvolvimento das plantas. Há atualmente 17 nutrientes considerados essenciais para as plantas, tais como: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, cloro, ferro, manganês, molibdênio, níquel e zinco (FERNANDES, 2006).

Qualitativamente os micronutrientes possuem a mesma importância que os macronutrientes na nutrição das plantas, contudo sua importância nas adubações tem sido negligenciada pelos produtores, e conforme relatos de deficiência cada vez mais constantes nas lavouras, especialmente, nos solos de cerrado. As poucas informações disponíveis na literatura sobre o tema na fertilização das plantas, são a maior parte oriundas de misturas de micronutrientes (AMBROSANO et al., 1996; BRAGA e VIEIRA, 1998; BOARO et al., 1999; SEVERINO et al., 2006a, 2006b; SILVA et al., 2007), não estando claro o real efeito isolado de cada nutriente. Entretanto, algumas investigações conduzidas recentemente passaram a trabalhar com a aplicação individualizada dos micronutrientes (TEIXEIRA et al., 2004, 2005b; ROSOLEM et al., 2008; MORAES et al., 2008; LANA et al., 2009), buscando fornecer à técnicos e produtores resposta pormenorizadas do seu fornecimento nas adubações.

O boro é o micronutriente juntamente com o zinco, que frequentemente se mostra mais deficiente nos solos brasileiros (MALAVOLTA et al., 1997), comportamento atribuído a fatores como pouca matéria orgânica existente nos solos, associado a pobreza natural dos solos tropicais, bem como a susceptibilidade à lixiviação em razão de sua ocorrência como molécula neutra no solo – H_3BO_3 . Além disso, as dificuldades de manejo do boro, esta principalmente associado com possíveis toxidez quanto as doses pouco acima das exigidas pelas culturas (MELHORANÇA et al., 2005).

As principais fontes de adubação boro são o bórax ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) com 11% em sua constituição e o ácido bórico (H_3BO_3) com 17% em sua constituição, sendo esta primeira o produto mais utilizado para correção de deficiência. Estas duas fontes são comumente encontradas no mercado brasileiro.

Malavolta et al. (1997) consideram que a toxidez de boro é tão grave quanto a sua deficiência, manifestando-se por um amarelecimento nas folhas das plantas. Para Lima et al. (2007) os problemas de toxidez de boro não ocorrem normalmente em solos agrícolas, a menos que compostos possuidores de boro na sua constituição tenham sido adicionados em quantidade excessiva, como por exemplo, via fertilização. Assim, é necessário se conhecer os níveis adequados deste nutriente no solo e na planta, para se fazer uma recomendação segura.

O boro é encontrado na fase sólida do solo de três formas: nos minerais, adsorvidos em argilominerais e na matéria orgânica e nos hidróxidos de Al e Fe. As formas de boro disponíveis para as plantas no solo representam uma pequena fração

do boro total, com teores em torno de 0,1 a 3,0 mg kg⁻¹; esta se encontra na solução do solo como forma de ácido bórico em condições de pH neutro, formando complexos com Ca ou ligados a compostos orgânicos solúveis, forma que este nutriente é absorvido pela planta (FERNANDES, 2006). Para Abreu et al. (2007) a adsorção de boro pelos óxidos de Fe e Al é dependente do pH, sendo a sua disponibilidade maior entre pH 5,0 e 7,0; decrescendo abaixo e acima desta faixa.

Em solos brasileiros, Malavolta (1980), cita as faixas de 30 a 60 mg kg⁻¹ para boro total e 0,06 e 0,5 mg kg⁻¹ para boro disponível. No caso de solo de cerrado, Buzetti et al. (1990) encontraram valores entre 0,11 e 0,18 mg kg⁻¹, e como nível crítico para produção de grãos entre 0,19 a 1,23 mg kg⁻¹ de boro no solo. Por outro lado, Fageria et al. (1996) considera 4,4 mg kg⁻¹ como nível de boro tóxico para as plantas no cerrado, enquanto para Nable (1997) este valor é de 5,0 mg kg⁻¹. Fageria (2000), encontrou em solo de cerrado toxidez para soja e milho com concentração de boro no solo de 5,2 e 5,7 mg kg⁻¹.

Mesmo pouco móvel na planta o boro é de fundamental importância na translocação de açúcares e no metabolismo de carboidrato, desempenhando papel importante no florescimento, no crescimento do tubo polínico, nos processos de frutificação, no metabolismo de N e na atividade de hormônios (FERNANDES, 2006). O boro participa de uma série de processos fisiológicos dentro da planta, o que faz com que sua deficiência se confunda com a de outros nutrientes como as de P e K. Entre as diversas funções, duas estão muito bem definidas: síntese da parede celular e integridade das membranas plasmáticas. Assim, na sua deficiência não há o crescimento de novas raízes e nem de novas brotações (YAMADA, 2000).

Moraes-Dallaqua et al. (2000) investigando alterações anatômicas provocadas pela aplicação de boro em solução nutritiva na raiz de feijão cv. Carioca, observaram que a omissão desse micronutriente, na solução nutritiva, provocou inibição da divisão e alongamento celular, hipertrofia de células, desorganização de elementos vasculares na raiz, impedindo que a planta completasse seu ciclo, morrendo ao redor do 55º dia após o transplante. Crescimento reduzido de raízes e da parte aérea, diminuição da superfície foliar, abortamento floral e deformação de frutos e folhas também é descrito por Fernandes (2006) como sintomas de deficiência de boro na planta.

Em casos de deficiência, a adição de boro pode ser feita via solo, através da semente ou em aplicações foliares, onde é absorvido com ânion borato (B(OH)₄⁻). No sulco de plantio, as recomendações são de 0,5 a 1,0 kg boro/ha, na forma de borax

ou de boratos (BRAGA, 1972; RAIJ et al., 1996). Doses superiores a 1,75 kg boro/ha reduzem a germinação e emergência, com reflexos na produtividade (SILVEIRA et al., 1996).

2.4. Resposta de feijão e mamona à adubação boratada

O boro é um elemento essencial para o desenvolvimento normal de diversas culturas, participando de várias reações biológicas, tendo sua eficiência relatada em algumas pesquisas com feijão (MARIANO et al., 1999; SILVA et al., 2006; FARINELLI et al., 2006; CASTAGNEL e SILVA, 2009; SOUZA et al., 2011). Contudo, quando aplicado em dosagem inadequada pode provocar grandes perdas de produtividade. Ressalta-se que o boro é dentre os nutrientes, aquele que possui o mais estreito limite entre suficiência e deficiência (MARSCHNER, 1995).

A recomendação de Galvão (2004) para teor baixo de boro em solo de cerrado para cultivo de feijão é de 2,0 kg ha⁻¹; essa dose pode ser distribuída a lanço ou fracionada em três partes e aplicadas na semeadura em três cultivos sucessivos.

Souza et al. (2011) estudando em Latossolo, em condição casa de vegetação, a calagem combinada com doses de boro (0; 0,6; 1,2; 1,8; e 2,4 mg dm⁻³ de B) verificaram que a cultivar de feijão cv. BRS Talismã respondeu à calagem e à adubação boratada, tendo atingido bons índices de produção com a utilização de 1,8 kg ha⁻¹ de B com doses crescentes de calcário. Mariano et al. (2000) estudando a fertilização com boro em diferentes doses em solos de várzea, concluíram que nas folhas do feijoeiro os níveis críticos inferiores estiveram entre 44,2 e 68,1 mg kg⁻¹, e os superiores, entre 143,6 e 199,1 mg kg⁻¹.

Para Fageria (2000) na cultura do feijoeiro, a dose adequada de boro é de 0,9 mg kg⁻¹ e para sua toxidez é de 2,8 mg kg⁻¹ de boro aplicado. Silva et al. (2006), avaliando a aplicação foliar de cálcio e boro no feijoeiro, concluíram que a aplicação via foliar de nitrato de cálcio e ácido bórico no feijoeiro, no período de abertura das primeiras flores, aumentou a retenção de vagens e, conseqüentemente, elevou a produtividade.

Estudando a aplicação foliar de boro no feijoeiro, Castagnol e Silva (2009) observaram que independente da época de aplicação, a resposta do feijoeiro foi positiva quanto ao seu desempenho reprodutivo.

Malavolta (1980) considera o teor foliar de boro entre 30-60 mg kg⁻¹ como adequado para o bom crescimento/desenvolvimento da cultura do feijão-comum,

enquanto para Ambrosano et al. (1997) este valor varia de 15-26 mg kg⁻¹. Já para Martinez et al. (1999), este teor varia de 100-150 mg kg⁻¹. Desta forma, pode-se dizer que existe certa discrepância na literatura quanto o teor foliar de boro tido como adequado para o feijão.

São poucos os estudos envolvendo nutrição mineral da mamona no Brasil. No tocante aos macronutrientes foram desenvolvidos trabalhos recentes no intuito de caracterizar deficiências e teores adequados na planta (SEVERINO et al., 2006b; SILVA et al., 2007; LAVRES JÚNIOR et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010). Já para os micronutrientes, trabalhos recentes aumentaram, contudo são ainda escassos (LANGE et al., 2005; SEVERINO et al., 2006a; CHAVES et al., 2009; OLIVERIA et al., 2010), em condições tropicais.

Lange et al. (2005) investigaram o efeito da aplicação de micronutrientes na mamona por meio dos seguintes tratamentos: completo, omissão de B, omissão de Cu, omissão de Fe, omissão de Mn, omissão de Mo e omissão de Zn. Concluíram que: a omissão de B, Fe e Mn resultou em sintomas característicos de deficiência; os sintomas se desenvolveram primeiramente em plantas deficientes em Fe ou Mn, seguidas das deficientes em B. A produção de massa seca foi afetada na seguinte ordem: Fe>Mn>B. No caso específico da emissão boro esta redução foi de 26% em relação ao tratamento completo. Tanto as folhas superiores como as inferiores refletem o estado nutricional da mamona em relação a B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn.

Objetivando quantificar o crescimento inicial de cultivares de mamona adubadas com boro, Rodrigues et al. (2009) observaram que a cultivar Mirante 10 foi a que obteve menor crescimento do sistema radicular. Para número de folhas a cultivar AL-Guarani foi superior à Mirante 10 e Nordeste. Também a cultivar AL-Guarani melhor se destacou quanto à produção de massa seca total, enquanto a cultivar Mirante 10 produziu mais massa seca comparada à cultivar Nordeste.

Para a cultura da mamona não há na literatura tabelas referentes a teores foliares adequados de micronutrientes, justificado pelas poucas pesquisas realizadas até o momento.

2.5. Influência da adubação boratada na qualidade de sementes

De acordo com Ambrosano et al. (1996), quatro componentes podem expressar a qualidade de sementes: genético, físico, sanitário e fisiológico. Para Vieira (2006), o

componente fisiológico pode ser influenciado pelo ambiente em que as sementes se formam. Portanto, deve-se considerar a germinação e o vigor, procurando selecionar sementes com maior potencial fisiológico, em função de tratamentos culturais aplicados, como adubação mineral (Andrade et al., 1999).

No entanto, trabalhos que objetivaram relacionar adubação e nutrição de plantas com a qualidade fisiológica das sementes são em número reduzido e os resultados nem sempre são concordantes (Carvalho et al., 2001).

Com relação à influência de boro sobre a qualidade fisiológica de sementes, pode-se dizer que os resultados de pesquisa são contraditórios, como os de Ohse et al. (2001) e Ribeiro et al. (1994) que tratando de sementes de arroz e milho, respectivamente, com boro obtiveram decréscimo da germinação e do vigor. Por outro lado, Kappes et al. (2008) verificaram em sementes de soja que a qualidade das sementes não foram influenciadas pela aplicação foliar de boro. Wazilewski e Gomes (2009) trabalhando com aplicação de boro em sementes de girassol não observaram incremento significativo na produção de massas fresca e seca. Bonacin et al. (2009) aplicando diferentes doses de boro no solo também concluíram que as características morfofisiológicas de sementes de girassol não foram influenciadas.

No tocante às sementes de feijão e mamona, destaca-se que existem poucos relatos de literatura abordando o assunto, sendo os resultados obtidos ainda conflituosos, pois há casos de resposta positiva como nos trabalhos de Silva et al. (2006) e Farinelli et al. (2006), que verificaram acréscimos de vigor das sementes de feijão com a adição da adubação com boro e cálcio, enquanto Oliveira et al. (2010), verificaram em sementes de mamona que o boro influenciou negativamente a germinação e o vigor e aumentou a porcentagem de sementes duras e dormentes.

Vale lembrar que a determinação da adubação com boro para feijão e mamona sob consórcio é de extrema relevância para aumentar a produção das culturas envolvidas, assim como prevenir possíveis deficiências dos nutrientes em questão que poderão prejudicar o crescimento/desenvolvimento das plantas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Informações gerais

O experimento foi conduzido na safra das “águas” de 2010/2011, na Estação Experimental da Emater em Anápolis-GO (Antiga Agencia 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 de 1750 mm e temperatura média anual de 25°C (SEPLAN, 2011).

Os dados de clima referente à precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa ocorrida de dezembro de 2010 a agosto de 2011, são apresentados na Figura 1.

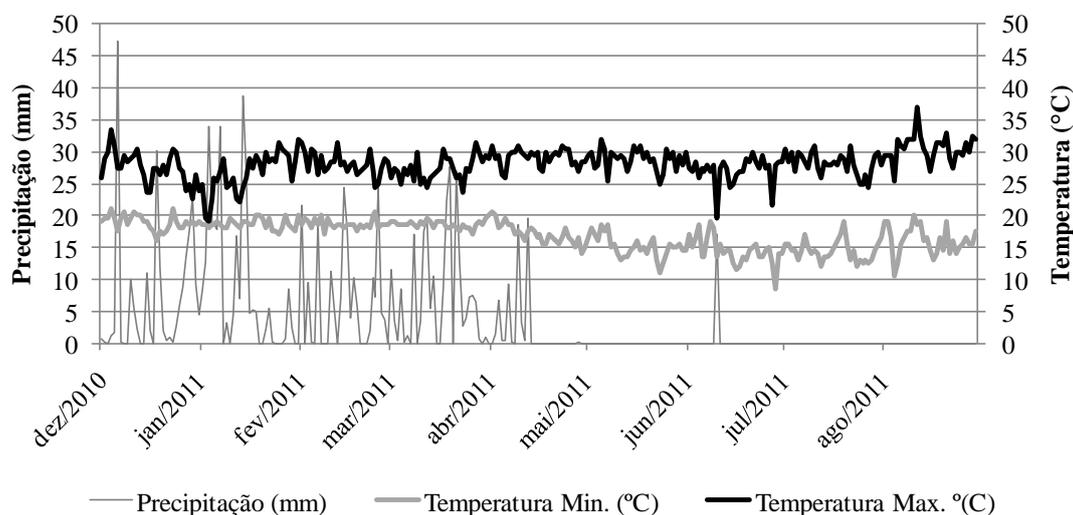


FIGURA 1. Dados diários climáticos do campo durante o ciclo das plantas consortes/monocultivos referentes à temperatura máxima (Temp max.) e mínima (Temp mín.) em graus Celsius (°C) e precipitação em milímetros (mm) em Anápolis-GO, 2011. Fonte: Secretaria de Ciências e Tecnologia do Estado de Goiás.

Amostras de solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distroférico foram coletadas e enviadas ao laboratório para análise químico-física, cujos resultados foram: pH (H₂O) = 6,1; P (mg dm⁻³) = 2,1; K⁺ (cmol_c dm⁻³) = 7,2; Ca²⁺ (cmol_c dm⁻³) = 4,5; Mg²⁺ (cmol_c dm⁻³) = 1,5; Al³⁺ (cmol_c dm⁻³) = 0,3; H+Al³⁺ (cmol_c dm⁻³) = 5,5; m (%) = 0,4; V (%) = 61; B (mg dm⁻³) = 0,3; Cu (mg dm⁻³) = 1,8; Fe (mg dm⁻³) = 175,0; Mn (mg dm⁻³) = 16,5; Zn (mg dm⁻³) = 3,7; carbono orgânico (g kg⁻¹) = 23; areia (g kg⁻¹) = 315; silte (g kg⁻¹) = 153 e argila (g kg⁻¹) = 532.

3.2. Delineamento Experimental e Tratamentos

Empregou-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial $2 \times 5 + 2$, com três repetições. Os tratamentos foram compostos de duas fontes de B (boráx = 11% B e ácido bórico = 17% B) combinadas com cinco doses de B (0,0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 kg ha⁻¹ de B no solo) em consórcio (Mamona + Feijão), mais o tratamento adicional do monocultivo de mamona e do feijão em que foi empregada a dose de boro de 1,0 kg ha⁻¹, tendo como fonte o ácido bórico.

3.3. Implantação e condução

As parcelas de mamona sob consórcio foram constituídas de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 3,0 m, e nas suas estrelinhas foram colocadas quatro fileiras de feijão obedecendo ao espaçamento de 0,5 m entre as mesmas (Figura 2). As parcelas dos monocultivos de mamona foram constituídas de quatro linhas de cinco metros, espaçadas de 3,0 m; para feijão foram utilizadas quatro fileiras de plantas com cinco metros de comprimentos, espaçadas de 0,5 m. Tanto no sistema de consórcio como de monocultivo, foram tomadas as duas linhas centrais de cada parcela como área útil.

A cultivar de mamona utilizada foi a Paraguaçu, a qual possui porte médio (altura média de 1,6m), caule coberto de cera com coloração roxa, frutos semi-deiscentes, sementes grandes de cor preta e alto teor de óleo (48%). Esta cultivar foi desenvolvida para o cultivo na região semi-árida e uso na agricultura familiar com semeadura e colheita manual. Possui grande tolerância a seca e susceptibilidade moderada ao mofo-cinzento (EMBRAPA, 2007).

Quanto ao feijão, empregou-se a cultivar Pérola, que possui tipo comercial de grãos carioca, porte semi-ereto e ciclo normal (85-95 dias). Possui resistência à ferrugem, ao mosaico comum e a uma raça de antracnose. Apresenta também resistência intermediária (a doença ataca, mas sem grandes perdas de produção) à murcha do fusarium e à mancha angular (EMBRAPA, 2004).

O preparo do solo foi realizado de modo convencional, com uma aração e duas gradagens. A semeadura de mamona e feijão foi feita simultaneamente e manualmente dentro dos sulcos das linhas. Semeou-se 25% a mais de sementes, e 10 dias após

emergência (DAE) foi efetuado o desbaste das plantas com o objetivo de atingir 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, em filete contínuo ao longo das linhas de plantio tanto na mamona e do feijão.

Após feitas as análises de solo foi utilizado a adubação referente às necessidades do solo da estação experimental com o formulado 05-25-15 na dose de 400 kg ha⁻¹ para ambas as culturas. Durante o ciclo das culturas realizou-se controle de plantas daninhas em pós-emergência por meio de enxada e controle químico da mistura comercial dos herbicidas fomesafen+fluazifop-p-butil - dose de 1,0 L ha⁻¹, aos 20 e 30 dias de emergência das culturas. Foram efetuadas duas aplicações do fungicida procymidone na dosagem de 1,0 kg 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 kraemeri*) - dose de 50 ml ha⁻¹.

3.4. Características avaliadas

Por ocasião do pleno florescimento das culturas envolvidas no estudo foram realizadas coletadas 10 folhas e 20 trifólios 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 foi quantificada a produtividade de grãos e seus componentes (número de racemos por planta, número de bagas por racemo e massa de 100 grãos).

Logo após a colheita avaliou-se a qualidade fisiológica das sementes pelos seguintes testes: teste padrão de germinação (TPG), primeira contagem da germinação, vigor e a viabilidade pelo teste de tetrazólio e a condutividade elétrica.

O teste padrão de germinação foi realizado com quatro repetições, entre três folhas de papel germitest umedecidas com água equivalente a três vezes o seu peso original. Utilizou-se 25 sementes/repetição no caso da mamona e 50 sementes/repetição

para o feijão, enroladas e acondicionadas em germinador sob temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 3$. Avaliou-se o percentual de plântulas normais no lote no décimo quarto e oitavo dia após a montagem do teste, respectivamente, para mamona e feijão (BRASIL, 2009). Em conjunto com o TPG foi conduzido o teste de primeira contagem, sendo a avaliação realizada no sétimo e quinto dia de montagem do teste para a mamona e feijão, respectivamente. Computou-se a porcentagem de plântulas normais. Para estes testes utilizou-se, para a mamona, o fungicida comercial Vitavax-Thiram na dose de 100 de ingrediente ativo do produto/100 kg de semente, para o controle de fungos.

Para o teste de tetrazólio utilizou-se 200 sementes divididas em quatro repetições para a verificação da viabilidade e vigor das sementes de mamona e feijão. Segundo recomendações de Brasil (2009) para o feijão o pré-umedecimento foi realizado entre folhas de papel toalha durante 24 horas a temperatura de 25°C ; logo após o umedecimento a coloração das amostras foi feita com o sal tetrazólio em solução a 0,1%, mantidas em câmara tipo BOD por período de 2 a 4 horas a temperatura de 40°C . Para as sementes de mamona o pré-umedecimento também foi feito entre papel, mais em temperatura de 25°C por 18 horas. Cortou-se longitudinalmente e diagonalmente as sementes evitando atingir o eixo embrionário, e no preparo das sementes para a coloração utilizou-se a solução de tetrazólio a 1%, mantendo as sementes imersas na solução por 6 a 24 horas a 30°C em câmara tipo BOD.

No teste de condutividade elétrica para a mamona utilizou-se a metodologia de Souza et al. (2009), sendo usadas 25 sementes/repetição em 75 mL de água deionizada a temperatura de 25°C no período de 6 horas. Para o feijão o teste foi realizado no sistema de copos recomendado por Krzyzanowski et al. (1999), empregando 50 sementes/repetição, previamente pesadas e acondicionadas em copos plásticos, contendo 75 mL de água deionizada, colocados e mantidos no germinador a temperatura constante de 25°C durante 24 horas. Após período no germinador os recipientes foram retirados, levemente agitados, e a condutividade foi medida, com auxílio de um condutivímetro portátil calibrado marca GEHAKA CG-220. O resultado obtido da leitura do condutivímetro foi dividido pelo peso de cada amostra, e o resultado expresso em $\mu\text{S}/\text{cm}^3$.

A comparação entre os sistemas de cultivo consorciado e de monocultivo foi procedida através do Uso Eficiente de Terra (UET) conforme a fórmula proposta (WILLEY e OSIRU, 1972; MEAD e RILEY, 1981).

$$UET = Mc/Ms + Fc/Fs$$

em que Mc e Fc representa a produtividade das culturas 'M: mamona' e 'F: feijão' em consórcio, Ms e Fs é a produtividade do monocultivo. Considerando que se $UET > 1$ então ocorre vantagem produtiva, se $UET=1$ não ocorre vantagem produtiva, se $UET < 1$ então ocorre desvantagem produtiva.

3.5. Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando pertinente as médias do fator qualitativo (fontes) foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Já o fator quantitativo (doses de B) foi estudado por análise de regressão. Os dados obtidos na qualidade fisiológica foram transformados ($\arcsin \sqrt{x/100}$) e submetidos à análise de variância. Os cálculos estatísticos foram realizados pelos softwares de análises estatísticas – SISVAR versão 5.1.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Aspectos nutricionais

O teor de enxofre no feijoeiro consorciado com mamona foi influenciado significativamente pelo fator fonte de boro. Os demais nutrientes não sofreram qualquer efeito dos tratamentos testados (Tabela 1). Quanto à mamona, os teores foliares de nitrogênio cálcio, magnésio, enxofre, ferro e manganês foram influenciados pelas fontes de boro, assim como a interação dos tratamentos fatorial x adicional sobre o teor foliar de ferro e manganês (Tabela 2). A exceção dos teores foliares de cálcio, boro, ferro e zinco para o feijoeiro e de cálcio e cobre para a mamoneira, com valores de coeficiente de variação acima de 20%, de maneira geral, pode-se constatar boa precisão experimental na obtenção dos dados (Tabelas 1 e 2), conforme valores de referência de Pimentel Gomes (1990): baixos – inferiores a 10%; médios – de 10 a 20%; alto – de 20 a 30% e muito alto – superior a 30%.

O emprego da fonte ácido bórico foi mais eficaz em promover acréscimo do teor de enxofre (0,20 dag/kg), comparativamente ao boráx (0,10 dag/kg), em folhas de feijão consorciado com mamona (Figura 2). Estes resultados se justificam pela ocorrência de interação positiva entre boro e enxofre, atribuído à mobilidade destes nutrientes dentro da planta (MALAVOLTA et al., 1997). Além disso, ao fato do ácido bórico apresentar alta solubilidade em água e está presente no solo na forma molecular e não iônica, favorece seu caminamento em profundidade e possibilita maior contato com o sistema radicular das plantas (WEAST e ASTLE, 1982), aumentando a sua disponibilidade, associado a maior disponibilidade de boro na fonte ácido bórico em relação ao boráx.

Com relação aos teores foliares de nutrientes na cultura da mamona, notou-se que o teor de nitrogênio foi maior com a aplicação do ácido bórico, em comparação com boráx (Figura 3), atribuído certamente a maior disponibilidade destes dois nutrientes dentro da planta (MALAVOLTA et al., 1997), comportamento semelhante ao enxofre.

TABELA 1. Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos teores foliares médios de nutrientes em plantas de feijão consorciadas com mamona, submetidas a diferentes fontes e doses de boro. Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis-GO, 2011.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios										
		Nutrientes Foliares										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	2	0,241 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,316*	2,76*	0,216*	0,000 ^{ns}	571,72 ^{ns}	42,70 ^{ns}	98,80 ^{ns}	70,300 ^{ns}	149,63 ^{ns}
Fontes B (A)	1	0,016 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,071 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,001*	4,41 ^{ns}	43,20 ^{ns}	4296,03 ^{ns}	73,63 ^{ns}	83,33 ^{ns}
Doses B (B)	4	0,132 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,066 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,024 ^{ns}	0,001 ^{ns}	43,66 ^{ns}	23,62 ^{ns}	10226,75 ^{ns}	97,717 ^{ns}	155,78 ^{ns}
A x B	4	0,012 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,071 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,000 ^{ns}	27,57 ^{ns}	34,61 ^{ns}	6358,78 ^{ns}	98,717 ^{ns}	33,08 ^{ns}
Resíduo	18	0,071	0,004	0,030	0,34	0,021	0,000	172,35	23,29	6609,09	146,263	71,63
Cons. x Mon.	-	0,216 ^{ns}	0,218 ^{ns}	0,171 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,000 ^{ns}	73,70 ^{ns}	0,27 ^{ns}	7706,67 ^{ns}	36,82 ^{ns}	8,07 ^{ns}
C.V. (%)	-	6,1	19,83	10,10	28,97	23,15	10,67	30,85	14,27	27,79	14,73	23,42

* Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo; Cons. x Mon.: Consórcio x Monocultivo.

TABELA 2. Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos teores foliares médios de nutrientes em plantas de mamona consorciadas com feijão, submetidas a diferentes fontes e doses de boro. Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis-GO, 2011.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios										
		Nutrientes Foliares										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	2	0,026 ^{ns}	0,027*	0,007 ^{ns}	0,043 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,074*	162,90*	25,22 ^{ns}	568,23 ^{ns}	233,03 ^{ns}	575,63*
Fontes B (A)	1	0,096*	0,005 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,739*	0,049*	0,024*	43,20 ^{ns}	17,05 ^{ns}	672,13 ^{ns}	1190,70*	32,03 ^{ns}
Doses B (B)	4	0,006 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,078 ^{ns}	0,125 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,006 ^{ns}	14,28 ^{ns}	38,62 ^{ns}	3230,05 ^{ns}	343,08 ^{ns}	15,95 ^{ns}
A x B	4	0,040 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,031 ^{ns}	0,119 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,002 ^{ns}	35,78 ^{ns}	112,38 ^{ns}	24749,88*	265,12	70,28 ^{ns}
Resíduo	18	0,014	0,005	0,033	0,077	0,005	0,003	14,19	72,86 ^{ns}	4083,75	211,59	36,71
Cons. x Mon.	-	0,006 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,008 ^{ns}	3,27 ^{ns}	93,75 ^{ns}	86792,07*	1983,75*	198,02 ^{ns}
C.V. (%)	-	2,39	15,53	7,75	24,91	18,58	16,08	13,08	25,17	18,43	17,14	16,09

* Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo; Cons. x Mon.: Consórcio x Monocultivo.

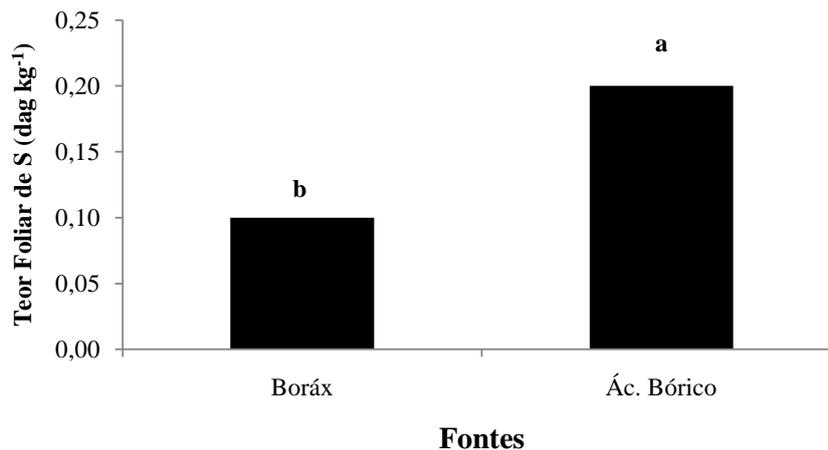


FIGURA 2. Teor nutricional em folhas de feijão em consórcio com mamona, sob diferentes fontes de boro. Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Anápolis-GO, 2011.

Contrariamente, o emprego da fonte borax promoveu maiores teores foliares de cálcio, magnésio, enxofre e manganês em folhas de mamona (Figura 3). Já o teor de ferro nas folhas de mamona sofreu influência tanto de fontes como de doses de boro, com interação significativa destes fatores, com comportamento contrário das curvas quadráticas para as fontes de boro estudadas (Figura 3).

Nutrientes como cálcio e manganês, caracterizam-se pela baixa a média mobilidade dentro da planta (MALAVOLTA et al. 1997), respectivamente, havendo nestes casos necessidade de fornecimento contínuo destes nutrientes ao longo do ciclo das culturas. Contudo, os resultados dos acréscimos promovidos pela aplicação de borax sobre os teores foliares de cálcio e manganês, provavelmente ocorreu devido à liberação mais lenta do boro pela fonte borax, porém continuamente, aumentando a mobilidade dos referidos nutrientes dentro das plantas. No caso do ácido bórico, a liberação mais rápida de boro no solo, com consequente perdas de nutrientes ao longo do seu perfil, restringindo assim a sua disponibilidade às plantas, dificultando a mobilidade de cálcio e manganês na planta.

O boro influencia positivamente à absorção e translocação de cátions (DECHEN e NACHTIGALL, 2006), sendo esta a provável explicação para os acréscimos dos teores foliares de cálcio, magnésio e manganês na mamona em resposta a adição das doses de boro. Contrariamente, plantas deficientes em boro apresentam transporte deficiente de nutrientes catiônicos para os tecidos vegetais (MARSHNER, 1995).

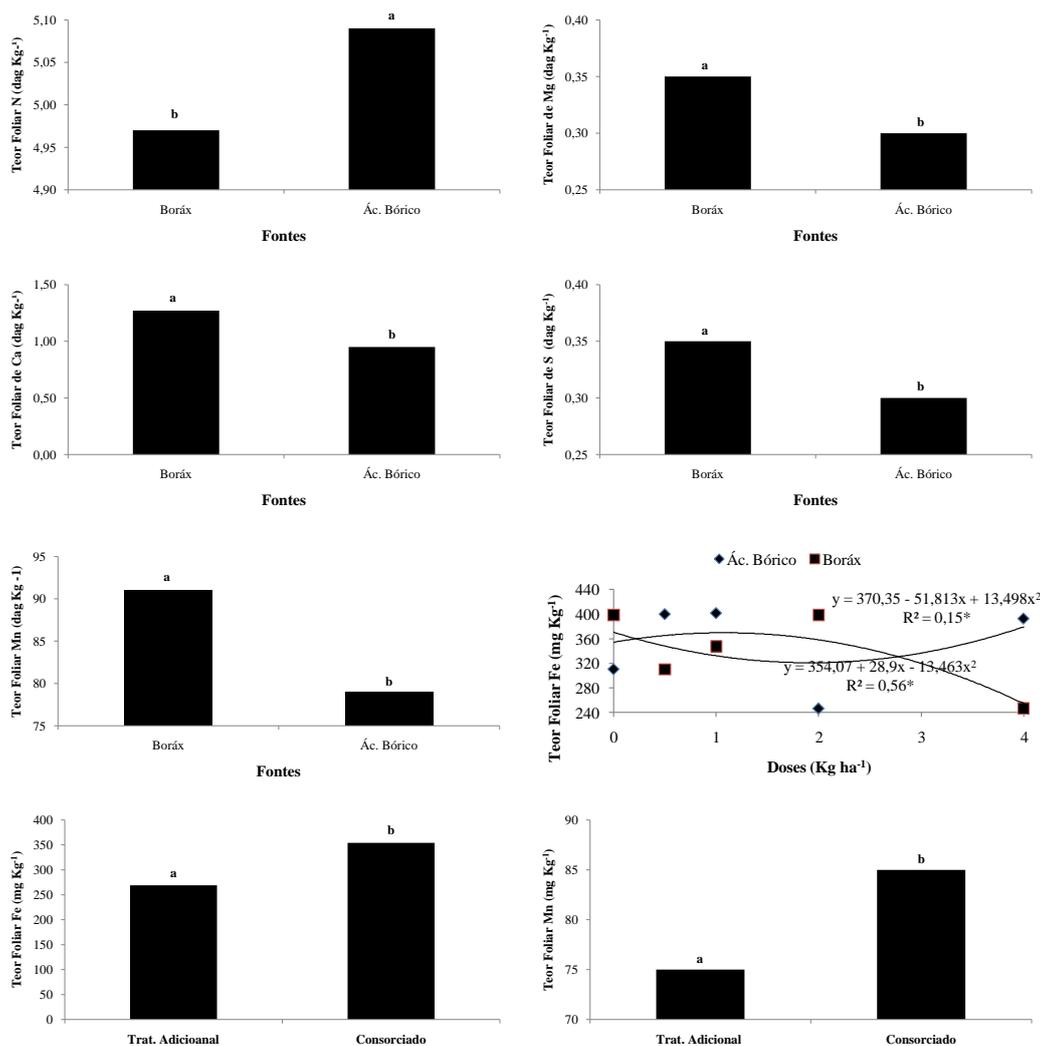


FIGURA 3. Teor nutricional em folhas de mamona em consórcio com feijão, sob diferentes fontes de boro. Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Anápolis-GO, 2011.

Quanto à comparação do sistema consorciado x monocultivo, para o feijão não foi detectado influência de nenhuma característica avaliada em função dos tratamentos testados. Porém, para a mamona ocorreu influência nas fontes de boro sobre os teores foliares de ferro e manganês (Figura 3), obtendo-se maiores médias para o sistema de cultivo em consórcio. A provável hipótese para este comportamento se deve a criação de microclima favorável no sistema consorciado, como melhor aeração e umidade do solo, favorecendo o predomínio formas disponíveis em solução (Fe^{2+} e/ou Mn^{2+}) às plantas por processo de oxi-redução, prontamente solúveis no solo (CAMARGO et al. 2001). Destaca-se que suprimento de ferro e manganês depende muito mais de fatores como umidade, aeração do meio e pH do solo do que propriamente da quantidade presente no solo, conforme relato de Borkert et al. (2001).

Os teores foliares médios de macronutrientes em folhas de feijão (em dag/kg), sob consórcio, de N, P, K, Ca, Mg e S foram respectivamente de 4,4; 0,3; 1,7; 2,0; 0,6 e 0,1; para os micronutrientes (em mg/kg) de B, Cu, Fe, Mn e Zn foram de 43; 34; 293; 82 e 36. Por outro lado, os teores médios encontrados nas folhas de mamona consorciado com feijão para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn foram respectivamente de: 5,0; 0,5; 2,4; 1,1; 0,4; 0,3; 29; 34; 347; 85 e 38. Para Martinez et al. (1999) os teores adequados de nutrientes encontrados em folhas de feijão no pleno florescimento são para macronutrientes (em dag/kg) 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, e para mamona 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. Já para os micronutrientes (em mg/kg) em folhas de feijão é de: B= 100-150; Cu= 8-10; Fe= 300-500; Mn= 200-300 e Zn= 45-55, enquanto para mamona não foi encontrado valores de referência disponíveis na literatura.

Desta forma, baseando-se nas informações de referências, constata-se, a exceção do boro e manganês (que estão aquém dos valores citados acima), que os teores foliares médios dos demais nutrientes analisados, em geral, estão dentro ou próximo dos limites considerados adequados para bom crescimento/desenvolvimento das culturas de feijão e mamona. Destaca-se que apesar dos teores de boro e manganês serem inferiores aos valores de literatura, não foi observado qualquer sintoma de deficiência destes nutrientes nas plantas de feijão.

Os teores de boro tanto nas folhas de feijão e de mamona sob consórcio, não sofreram qualquer influência da aplicação dos tratamentos, mesmos naqueles em que foi usada alta dosagem do referido nutriente, discordando de outros resultados de pesquisa que encontraram acréscimos dos teores foliares de boro em resposta a adição de doses crescentes da adubação boratada em feijão (MARIANO et al., 1999; CASTAGNEL e SILVA, 2009; SOUZA et al., 2011) e em mamona (LANGE et al., 2005). Este comportamento provavelmente ocorreu em razão das duas culturas envolvidas na pesquisa ter regulado a taxa de absorção de boro, e que refletiu na boa nutrição das plantas conforme os teores médios obtidos dentro dos limites adequados para as referidas culturas, uma vez que não foi detectado sintomas de deficiência/toxidez de boro nas plantas. Além disso, o boro disponível do solo ($0,5 \text{ mg/dm}^3$), conforme resultado da análise do solo, pode ter contribuído para atender as exigências das culturas envolvidas.

4.2. Aspectos agronômicos

Dentre as características agronômicas avaliadas no feijão consorciado com mamona, somente o número de grãos por vagem foi influenciado pelo fator doses de boro. Para mamona o peso médio de cem sementes e o rendimento foram influenciados pelas dosagens de boro, enquanto o número de racemos por planta e o número de frutos por racemo foram influenciados pela interação consorciamento e o monocultivo (tratamento adicional). As demais características de ambas as culturas não sofreram qualquer influencia dos tratamentos testados (Tabela 3).

Os coeficientes de variação das características agronômicas do feijão número de vagens por planta e rendimento de grãos foram superiores a 20%, assim como as características da mamona número de frutos por racemos e rendimento, podendo-se afirmar que houve baixa precisão experimental na obtenção dos dados, conforme valores já citados (PIMENTEL GOMES, 1990). Contudo, vale ressaltar que as características acima citadas sofrem influencia predominante do meio em condições de campo, refletindo em elevados valores de C.V., normalmente acima de 20%, concordante, portanto, com relatos de Oliveira et al. (2009).

O número de grãos por vagem de feijão, apesar desta característica contar com influencia genotípica, conforme lembrado, foi detectado efeito quadrático das doses de boro sobre o mesmo (Figura 4), com decréscimo de valor a partir da dose de $1,31 \text{ kg ha}^{-1} \text{ B}$, promovido certamente pela toxidez do micronutriente, visto se o boro possuidor do mais estreito limite entre deficiência e toxidez dentre os nutrientes minerais essenciais para as plantas (MALAVOLTA et al, 1997). Entretanto, o acréscimo obtido para o número de grãos por vagem em função da adubação boratada até a dose de $1,31 \text{ kg ha}^{-1} \text{ B}$, não refletiu em acréscimo de produtividade do feijoeiro (Tabela 3). Este resultado é discordante de outros estudos (MASCARENHAS et al., 1998; MARIANO et al., 1999; SOUZA et al., 2011), em que encontraram resposta positiva do feijoeiro a adubação com boro, o que se deve, certamente, ao atendimento da exigência nutricional em boro pelo feijoeiro diretamente pelo solo.

TABELA 3 - Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das características agrônômicas de feijão e mamona consorciadas, sob diferentes fontes e doses de boro. Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis-GO, 2011.

Fonte de Variação	G.L.	Características Agrônômicas							
		Feijão				Mamona			
		NVP	NGV	P100GF	RENDF	NRP	NFR	P100GM	RENDM
Blocos	2	10,2843 ^{ns}	0,3523 ^{ns}	5,6816 ^{ns}	32841,30 ^{ns}	146,5534 ^{ns}	3578,433 ^{ns}	6,7687 ^{ns}	39509,23 ^{ns}
Fontes B (A)	1	0,9013 ^{ns}	0,0653 ^{ns}	9,3186 ^{ns}	41962,80 ^{ns}	1,2425 ^{ns}	264,033 ^{ns}	10,0561 ^{ns}	28768,03 ^{ns}
Doses B (B)	4	8,7438 ^{ns}	0,6113*	1,5059 ^{ns}	16140,12 ^{ns}	43,4174 ^{ns}	1467,300 ^{ns}	68,5656*	1055710,00*
A x B	4	3,4772 ^{ns}	0,1220 ^{ns}	1,7825 ^{ns}	11434,72 ^{ns}	41,7512 ^{ns}	1645,700 ^{ns}	28,9804 ^{ns}	532473,90 ^{ns}
Resíduo	18	4,0091	0,1820	3,2245	48518,67	1022,4160	4411,137	11,0101	186540,70
Cons. x Mon.	-	0,42 ^{ns}	5,58 ^{ns}	11,01 ^{ns}	31,89 ^{ns}	5344,36*	2002,52*	52,24 ^{ns}	305164,02 ^{ns}
C.V. (%)	-	20,17	10,42	7,95	20,89	16,47	20,26	3,88	26,92

* Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo. Cons. x Mon.: Consórcio x Monocultivo.

NVP – Número de vagens por planta; NGV – Número de grãos por vagem; P100GF – Peso de cem grãos de feijão; RENDF – Rendimento de feijão; NRP – Número de racemo por planta; NFR – Número de frutos por racemo; P100GM – Peso de cem grãos de mamona; RENDM – Rendimento de mamona.

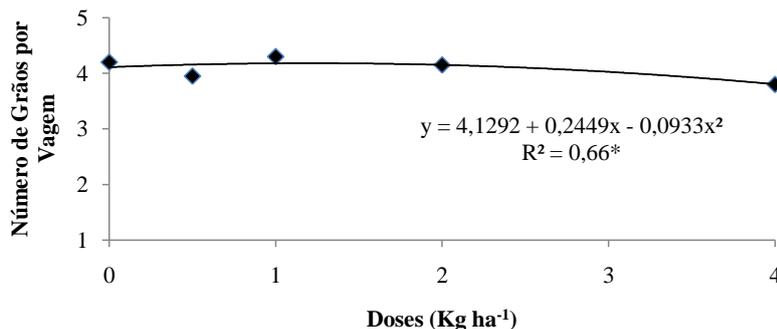


FIGURA 4. Características agrônômicas de feijão consorciado com mamona, sob diferentes doses de boro. Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Anápolis-GO, 2011.

Para a mamona o peso médio de cem sementes foi influenciado pelas doses de boro, com decréscimo linear em resposta à sua adição (Figura 5). Conforme justificativa anteriormente para o feijão, mesmo sendo característica genotípica, e portanto, com pouca influencia das condições ambientais, a adubação com boro teve significativa influencia sobre a sua constituição. Contudo, diferentemente da planta de feijão, o rendimento de grãos da mamona foi influenciada pelas doses de boro, em que valor máximo – 2.040 kg ha⁻¹ foi obtido com o emprego de 1,9 kg ha⁻¹ de boro (Figura 5). Estes resultados confirmam a hipótese levantada anteriormente, sobre os efeitos danosos da adubação boratada quando utilizada em dosagem superior a recomendada.

Com relação ao rendimento médio da mamona obtido – 1.500 kg ha⁻¹ (dados não mostrados) sob consorciamento com feijão, pode-se dizer que este foi aproximadamente duas vezes e meio superior a média nacional de mamona - 637 kg ha⁻¹ da safra 2009/10 (CONAB, 2011) sob monocultivo, ou seja, a cultura tida como secundária – feijão não promoveu qualquer prejuízo à produção da mamona. Vale lembrar, que neste caso a cultura do feijão é considerada como um produto extra da atividade, conforme consideração de Vieira (2006), e que proporciona mais ganhos financeiros aos produtores.

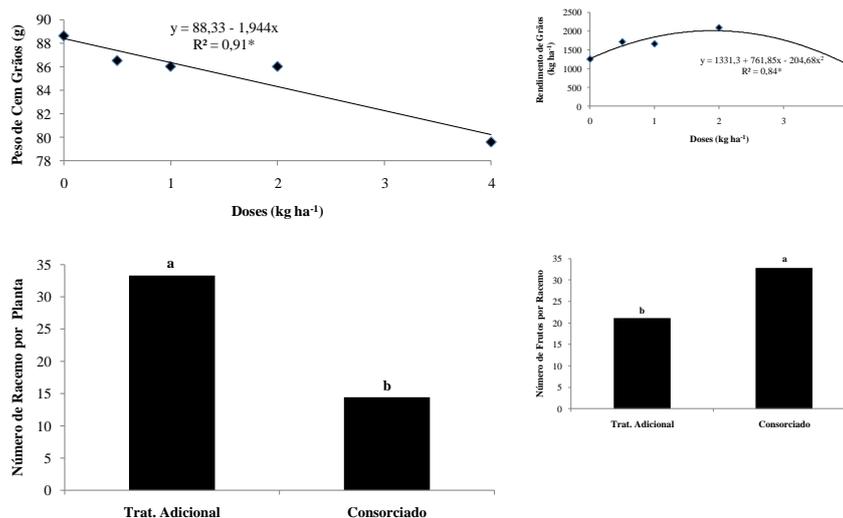


FIGURA 5. Características agrônômicas de mamona consorciada com feijão, sob diferentes doses de boro. Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Anápolis-GO, 2011.

Quando comparados, tratamento adicional (monocultivo) e consorciamento, nota-se diferença significativa para o número de racemos por planta e número de frutos por racemo no cultivo da mamona. O consorciamento propiciou valor médio do número de racemo por planta – 14, inferior ao monocultivo - 33 (Figura 5). Diferentemente, o número de frutos por racemo em consórcio, com média de 34 foi maior que no monocultivo, com média de 21 (Figura 5). Em trabalho conduzido por Carvalho (2005) com a cultivar BRS Paraguaçu, foi encontrando média de 30 frutos por racemo, e portanto, próximo aos valores ao obtido na presente.

TABELA 4 - Relação C/M (rendimento no consórcio/rendimento em monocultivo) e uso eficiente de terra - UET dos sistemas de consórcio feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.).

Doses (kg ha ⁻¹)	C/M Feijão	C/M Mamona	UET
0	0,92*	0,88**	1,80***
0,5	0,86	0,87	1,73
1	0,96	0,97	1,93
2	1,11	0,96	2,07
4	0,99	0,89	1,88

Produção (kg ha⁻¹), nas diferentes doses de boro, para cultura do feijão em monocultivo: 0 (kg ha⁻¹ B) = 437,64; 0,5 (kg ha⁻¹ B) = 462,18; 1 (kg ha⁻¹ B) = 454,31; 2 (kg ha⁻¹ B) = 402,56; 4 (kg ha⁻¹ B) = 409,25. Produção (kg ha⁻¹), nas diferentes doses de boro, da cultura do feijão sob consórcio: 0 (kg ha⁻¹ B) = 401,25; 0,5 (kg ha⁻¹ B) = 398,06; 1 (kg ha⁻¹ B) = 438,12; 2 (kg ha⁻¹ B) = 447,46; 4 (kg ha⁻¹ B) = 408,15. Exemplo do cálculo do UET: * (401,25/437,64); ** (1263,5/1438); *** C/M feijão+C/M mamona.

TABELA 5 - Relação C/M (rendimento no consórcio/rendimento em monocultivo) e uso eficiente de terra - UET dos sistemas de consórcio feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.).

Fontes	C/M Feijão	C/M Mamona	UET
Ác. Bórico	1,01*	0,90**	1,91***
Boráx	0,93	0,93	1,86

Produção (kg ha⁻¹), nas diferentes fontes de boro, para cultura do feijão em monocultivo: Ác. Bórico = 430,71 kg ha⁻¹ B; Boráx = 406,50 kg ha⁻¹ B.

Produção (kg ha⁻¹), nas diferentes fontes de boro, da cultura do feijão sob consórcio: Ác. Bórico = 428,95 kg ha⁻¹ B; Boráx = 437,43 kg ha⁻¹ B.

Exemplo do cálculo do UET: * (430,71/428,95); ** (1506,73/1665); *** C/M feijão+C/M mamona.

$$UET = (Mc/Ms) + (Fc/Fs) = 1,88 \text{ kg ha}^{-1}$$

A avaliação biológica dos sistemas de cultivo foi estudada por meio do UET, o qual mostrou vantagem produtiva na combinação mamona + feijão sob consórcio, comparado ao monocultivo, em todas as dosagens de boro utilizadas, com valores variando de 1,73 a 2,07 (Tabela 4). Considerando-se a média da UET obtida das dosagens de boro, nota-se um valor de 1,88 o que permite afirmar que o sistema consorciado é 88% mais eficiente em relação ao cultivo solteiro. Ademais, pode-se dizer que um UET de 1,88, significa dizer, que faz necessário incorporar 0,9 hectare de área de monocultivo das espécies investigadas a mais, em comparação a área de consorciada, para que se tenha rendimentos idênticos.

Com relação ao UET das fontes de boro aplicadas no sistema consorciado (Tabela 5), pode-se dizer que este foi novamente mais eficaz quando comparado com o monocultivo, uma vez que os valores variaram de 1,86 a 1,91, ou seja acima de 1,0.

Os resultados aqui obtidos para UET são concordantes aos outros trabalhos de pesquisa em que a cultura de mamona consorciada com outras espécies mostrou-se mais eficiente que o monocultivo (PINTO et al., 2011; BELTRÃO et al., 2010a; BELTRÃO et al., 2010b; KUMAR et al., 2010; AZEVEDO et al., 2007; CORRÊA et al., 2006).

4.3. Qualidade fisiológica das sementes

Houve efeito significativo dos tratamentos sobre a viabilidade das sementes de feijão avaliadas no teste de germinação - TPG. Para vigor, a exceção do resultado do vigor na primeira contagem, efeitos significativos foram detectados para as doses de boro nos testes de tetrazólio e condutividade elétrica (Tabela 6). Quando comparada as médias do feijão consorciado com o tratamento adicional observa-se que não houve diferença significativa entre estes tratamentos sobre a qualidade fisiológica das sementes analisadas. Quanto à precisão experimental, pode-se notar valores de C.V. variando entre 4,7 a 8,0%, e que segundo critério de Pimentel Gomes (1990), enquadra-se como boa precisão na obtenção dos dados.

O ácido bórico interferiu positivamente na taxa de germinação das sementes de feijão, atingindo percentual máximo de 93%, enquanto a utilização do boráx propiciou taxa de germinação de 89% (Figura 6). Estes resultados são concordantes aos obtidos na parte nutricional das plantas, com conseqüente acúmulo de boro nas sementes.

Destaca-se, que o nutriente boro está estritamente relacionado com a qualidade fisiológica das sementes produzidas por atuar diretamente no crescimento do tubo polínico durante o processo de fecundação (MARCHNER, 1995). A melhoria da qualidade fisiológica de sementes de feijão em função da adubação com boro adicionado com cálcio foi verificado em outros resultados de pesquisa (FARINELLI et al., 2006; SILVA et al., 2006).

Os percentuais de germinação obtidos, independente da dose de boro usada no estudo, estão acima dos padrões mínimos exigidos para comercialização de sementes de feijão, que varia de 80 a 85%, conforme exigência do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 2009).

A questão do vigor é de extrema importância, pois de acordo com Krzyzanowski et al. (1999), sementes com baixo vigor, mesmo com alta porcentagem de germinação,

podem resultar em prejuízos aos agricultores, quando submetidas a condições desfavoráveis de campo, principalmente pelo estabelecimento inadequado do estande.

TABELA 6 - Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) da qualidade fisiológica das sementes de feijão consorciada com mamona, sob diferentes fontes e doses de boro. Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis-GO, 2011.

Fonte de Variação	G.L.	Características Fisiológicas				
		1° TPG	TPG	VIGTZ	VIABTZ	CE
Fontes B (A)	1	0,030 ^{ns}	0,05*	0,037*	0,003 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Doses B (B)	4	0,005 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,039*	0,039*	0,28*
A x B	4	0,029 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,012 ^{ns}	0,12 ^{ns}
Resíduo	57	0,008	0,01	0,002	0,0061	0,09
Cons. X Mon.	-	0,0004 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0082 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,022 ^{ns}
C.V. (%)	-	7,32	8,00	4,70	6,03	5,81

* Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo. Cons. x Mon.: Consórcio x Monocultivo.

1°TPG - Vigor pelo teste padrão de germinação; TPG – Viabilidade pelo teste padrão de germinação; VIGTZ – Vigor pelo teste de tetrazólio; VIABTZ – Viabilidade pelo teste de tetrazólio; CE – Teste de condutividade elétrica.

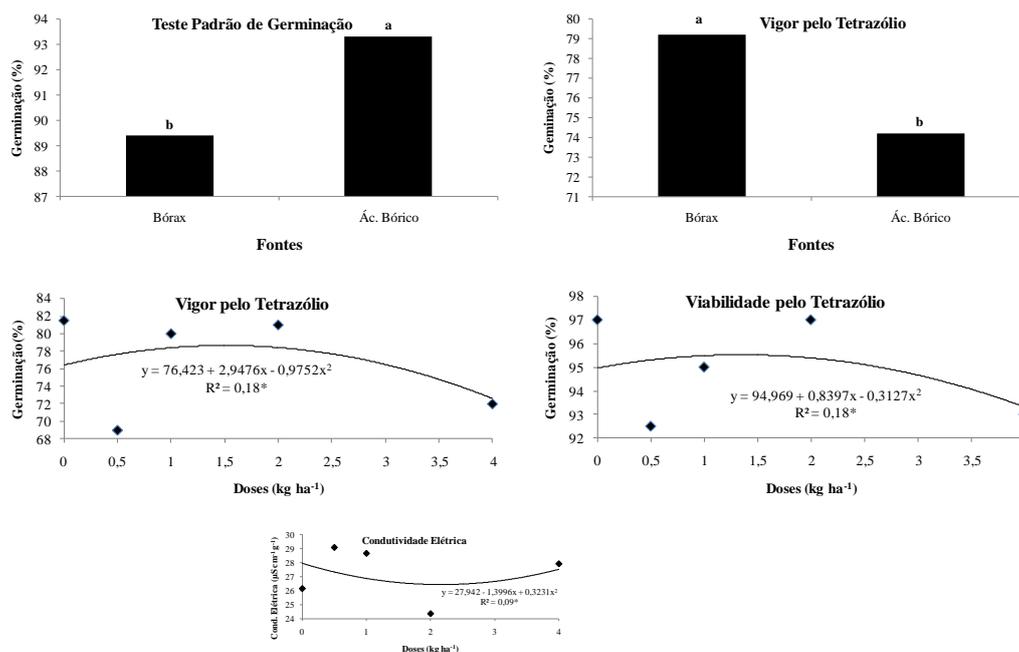


FIGURA 6. Qualidade fisiológica de sementes de feijão consorciado com mamona, sob diferentes fontes de boro no teste germinação. Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Anápolis-GO, 2011.

Neste contexto, o vigor das sementes avaliado pelo teste de tetrazolio foi influenciado pelas fontes e doses de boro aplicadas a cultura do feijão, com média percentuais de 79% e 74% para o borax e ácido bórico, respectivamente (Figura 6), enquanto para as doses de boro obteve-se maior percentual de germinação – 79% com o emprego da dose de 1,5 kg ha⁻¹ de boro (Figura 6). Farinelli et al. (2006) e Silva et al. (2006) analisando sementes de feijão submetida à aplicação de boro e cálcio via foliar, obteve médias respectivas de 89 e 81% vigor analisados nos testes de envelhecimento acelerado e primeira contagem, portanto valor próximo aos obtidos na presente condição, independente da fonte e da dose de boro aplicada.

A adubação com boro na dose superior àquela que possibilitou o máximo de vigor no teste de tetrazólio, ou seja, 1,5 kg ha⁻¹, promoveu decréscimo do vigor das sementes de feijão, confirmando assim, a toxidez do boro conforme sugerido anteriormente na parte nutricional e agrônômica. Prejuízos a qualidade fisiológica de sementes promovido pela aplicação do boro, também foi verificado por Silva et al. (2006), que obtiveram apenas 9% de viabilidade de sementes de feijão com aplicação de 60 g ha⁻¹ de boro via foliar. Por outro lado, Reis et al. (2008) obtiveram germinação de

98% de sementes de feijão, aplicando entre 1 e 2 kg ha⁻¹ de boro, ou seja, dentro da dose estimada no presente trabalho (1,5 kg ha⁻¹), que promoveu máximo vigor no teste de tetrazólio.

A viabilidade das sementes de feijão quantificada pelo teste de tetrazólio apresentou comportamento quadrático, obtendo maior potencial germinativo - 95% na dose de 1,3 kg ha⁻¹ de boro (Figura 6). Estes resultados estão condizentes com os observados nos testes de germinação e de vigor do tetrazólio.

Mesmo com ocorrência de diferenças entre as médias de viabilidade nas doses de boro aplicadas, constata-se que os percentuais de germinação permaneceram acima dos padrões exigidos pelo MAPA para comercialização de sementes de feijão (BRASIL, 2009), acima de 80%. Apesar disso, observa-se novamente que a dosagem de boro acima de 1,3 kg ha⁻¹ promove decréscimo do percentual de viabilidade das sementes, confirmando o problema de toxidez nos padrões de qualidade de semente.

Aos dados de condutividade elétrica foi ajustada equação de regressão com comportamento quadrático, com menor valor de leitura (26 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) obtida na dose de 2,2 kg ha⁻¹ de boro (Figura 6). Contrariamente, o maior valor de condutividade elétrica foi verificado nas dosagens zero e 4,0 kg ha⁻¹ de boro, com leituras em torno de 28 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$. Elevados valores de condutividade elétrica é ocasionado pela maior liberação de íons no meio, em virtude do comprometimento da integridade das membranas, e está relacionado a sementes de qualidade inferior (Krzyzanowski et al., 1999).

Os resultados obtidos no teste de condutividade confirmam que tanto a ausência como a presença de boro, em condição de toxidez (doses superiores as recomendadas no sistema de monocultivo) são prejudiciais a qualidade de sementes produzidas.

Pelo resultado da análise de variância da qualidade fisiológica de sementes de mamona consorciada com feijão, pode-se notar que as doses de boro influenciaram a qualidade de sementes nos testes de primeira contagem e condutividade elétrica (Tabela 7). A qualidade de sementes determinada por meio demais testes avaliados não sofreram qualquer influência dos tratamentos testados. Nota-se ainda, que não houve diferença significância quando se compara a qualidade de sementes de mamona no cultivo consorciado versus monocultivo. De modo geral, houve boa precisão experimental na análise dos dados, visto que o C.V. variou 4,34 a 12,9. Os referidos valores estão dentro dos limites de C.V. enquadrado por Pimentel Gomes (1990) de boa precisão.

TABELA 7 - Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) da qualidade fisiológica das sementes de mamona consorciada com feijão, sob diferentes fontes e doses de boro. Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis-GO, 2011.

Fonte de Variação	G.L.	Características Fisiológicas				
		1° Contagem	TPG	VIGTZ	VIABTZ	CE
Fontes B (A)	1	0,0006 ^{ns}	0,016 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Doses B (B)	4	0,0222*	0,004 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,63*
A x B	4	0,0043 ^{ns}	0,041 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,22 ^{ns}
Resíduo	57	0,0095	0,016	0,02	0,004	0,12
Cons. X Mon.	-	0,0465 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,02 ^{ns}
C.V. (%)	-	9,60	11,38	12,9	4,98	4,34

* Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo. Cons. x Mon.: Consórcio x Monocultivo.

1°TPG - Vigor pelo teste padrão de germinação; TPG – Viabilidade pelo teste padrão de germinação; VIGTZ – Vigor pelo teste de tetrazólio; VIABTZ – Viabilidade pelo teste de tetrazólio; CE – Teste de condutividade elétrica.

A germinação de sementes de mamona não foi influenciada pelos tratamentos aplicados. Entretanto, para a primeira contagem, observa-se comportamento quadrático da equação de regressão, atingindo o máximo percentual de plântulas normais - 70% com a dose de 2,2 kg ha⁻¹ de boro (Figura 7). A partir desta dose, houve decréscimo do percentual de plântulas normais, devido certamente a efeito de fitotoxidez da adubação boratada, corroborando ao resultado do teste de tetrazólio aplicados as sementes de feijão.

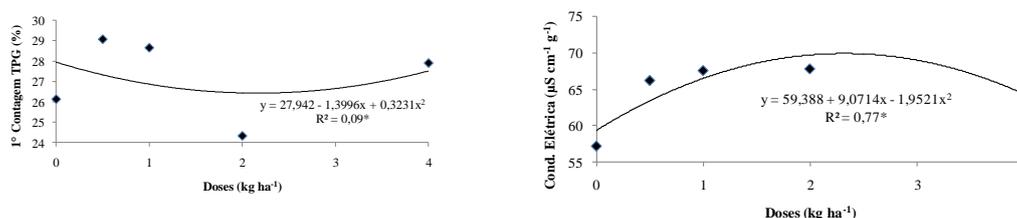


FIGURA 7. Qualidade Fisiológica de sementes de mamona consorciada com feijão, sob diferentes doses de boro no teste de primeira contagem e condutividade elétrica. Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Anápolis-GO, 2011.

Foi ajustada equação de regressão com comportamento quadrático as leituras de condutividade elétrica em relação às doses de boro. Nota-se decréscimo da leitura de condutividade até a dosagem de 2,2 kg ha⁻¹, com valor mínimo de 26,4 µS cm⁻¹ g⁻¹ (Figura 7). Sabendo-se que o maior valor de condutividade elétrica está associado ao menor vigor das sementes, constata-se que a adição de doses de boro acima 2,3 kg ha⁻¹, o vigor é reduzido, até alcançar um ponto de condutividade elétrica máximo de 27,5 µS cm⁻¹ g⁻¹ na dose de 4,0 kg ha⁻¹, valor este próximo a detectado no tratamento testemunha - 27,9 µS cm⁻¹ g⁻¹, que não recebeu adubação boratada. Avaliando qualidade fisiológica de sementes de mamona, Silva e Martins (2009) constataram valores médios das leituras dos tratamentos do teste de condutividade elétrica de 22,5 µS cm⁻¹ g⁻¹ para sementes de qualidade inferior, enquanto para as de qualidade superior este valor foi de 20,8 µS cm⁻¹ g⁻¹, classificadas de alta qualidade. Assim, os valores de condutividade elétrica obtidos neste estudo, permite classificar os lotes de sementes de mamona que receberam dose de boro inferior a 2,2 kg ha⁻¹ como de alto vigor, enquanto aquelas que receberam doses de boro superior a referido dosagem são de baixo vigor, incluindo a testemunha, a qual não recebeu boro.

Estes resultados confirmam, tanto para sementes de feijão quanto para mamona produzidas sob consórcio, a importância da fertilização com boro para obtenção de sementes com qualidade, em solos com comprovada deficiência, como normalmente acontece em regiões tropicais, incluindo os de cerrado. Ademais, confirma que a adição de boro, acima da dosagem recomendada, compromete a qualidade fisiológica das sementes produzidas.

5. CONCLUSÕES

1. O teor foliar de enxofre para as plantas de feijão-comum sob consórcio, e nitrogênio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro e manganês nas plantas de mamona sob consórcio, são influenciados pelas diferentes fontes de boro.
2. O rendimento de feijão-comum cultivado sob consórcio com mamona, não é influenciado pela adubação boratada. Em contrapartida, o maior rendimento da mamona consorciada com feijão-comum, 2.040 kg ha⁻¹ de grãos, é obtida com a dosagem de 1,9 kg ha⁻¹ de boro, independente da fonte usada.
3. O sistema de consorciamento feijão-comum e mamona é mais eficiente que o monocultivo, conforme os valores médios de UET – 1,88 das diferentes doses de boro aplicadas.
4. A qualidade de sementes de feijão-comum produzida sob consórcio com mamona é influenciada positivamente pelas doses e fontes de boro. As fontes e doses de boro influenciam o vigor das sementes de mamona, produzidas em consórcio e monocultivo.

6. AGRADECIMENTOS

À Capes pela concessão de bolsa e ao CNPq pelo financiamento da pesquisa, processo 482631/2009-0.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, M.C.F.E.; MORO, F.V.; FAGIOLI, M.; RIBEIRO, M.C. Teste de condutividade elétrica e lixiviação de potássio na avaliação de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.1, p.1-8, 2001.

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHA, H.A.A.; RAIJ, B.V.; QUAGGIO, A.J.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, A.J.; FURLANI, AM.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p.189-204.

AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; AMBROSANO, G.M.B.; BULISANI, E.A.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A.L.M.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; DE SORDI, G. Resposta da aplicação de micronutrientes no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.2/3, p.273-279, 1996.

ANDRADE, M.J.B.; MORAES, A.R.; TEIXEIRA, I.R.; SILVA, M.V. Avaliação de sistemas de consórcio de feijão com milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.2, p.242-250, 2001.

ANDRADE, W.E.B.; SOUZA-FILHO, B.F.; FERNANDES, G.M.B.; SANTOS, J.G.C. Avaliação da produtividade e da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro submetidas à adubação NPK. In: **Comunicado Técnico**. Niterói: PESAGRO-RIO, n.248, 5p., 1999.

AZEVEDO, D. M. P. DE; BELTRÃO, N. E. DE M.; BATISTA, F. A. S.; LIMA, E. F. Arranjo de fileiras no consórcio mamona/milho. Campina Grande: Embrapa Algodão. **Boletim de Pesquisa**, n.34, 1997. 21p.

AZEVEDO, D. M. P. DE; BELTRÃO, N. E. DE, M.; SEVERINO, L. S.; SANTOS, J. W. DOS; LEÃO, A. B. Arranjos de fileiras no consórcio mamoneira com milho no

semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.11, n.2, p.91-105, 2007.

AZEVEDO, D. M.P.; BELTRÃO, J.W.S.; SANTOS, J.W.; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; NÓBREGA, L.B.; VIEIRA, D.J.; PEREIRA, J.R. Efeito de população de plantas no rendimento do consórcio de mamona/sorgo. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.2, n.3, p.183–192, 1998a.

AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, J.W.S.; VIEIRA, D.J.; NÓBREGA, L.B.; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; PEREIRA, J.R. Efeito de população de plantas no rendimento do consórcio de mamona com culturas alimentares. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.2, n.3, p.193–202, 1998b.

AZEVEDO, D.M.; LIMA, E.F.; SANTOS, J.W.; BATISTA, F.A.S.; NOBREGA, L.B., VIEIRA, D.J.; PEREIRA, J.R. População de plantas no consórcio mamoneira/caupi. I. Produção e componentes da produção. **Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.3, n.1, p.13-20, 1999.

AZEVEDO, D.M.P.; SANTOS, J.W.; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; PEREIRA, J.R.; VIEIRA, D.J.; NÓBREGA, L.B.; PEREIRA, J.R. Efeito de população de plantas no consórcio mamoneira/milho. II. Eficiência Agronômica. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.5, n.1, p.255–265, 2001.

BELTRÃO, N.E.M.; VALE, L.S.; MARQUES, L.F.; CARDOSO, G.D.; MARACAÇA, P.B. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v.5, n.5, p-67-73, 2010a.

BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; OUTO, J. S. Consórcio mamona e amendoim: opção para a agricultura familiar. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v.5, n.4, p.222-227, 2010b.

BELTRÃO, N.E.M.; CARTAXO, W.V.; PEREIRA, S.R.; SILVA, O.R.R.F. **O cultivo sustentável da mamoneira no semi-árido**. Campina Grande: Embrapa, 2006a. 72p.

BELTRÃO, N.E.M.; VALE, L.S.; FILHO, J.O.T.A.; COSTA, S.G. **Consórcio mMamona + amendoim: opção para a agricultura familiar**. Campina Grande: Embrapa, 2006b. 54p.

BOARO, C.S.F.; MORAES, J.A.P.V.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O.; CURI, P.R. Interações entre magnésio e micronutrientes metálicos durante o desenvolvimento de feijoeiro, em solução nutritiva. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.1, p.125-134, 1999.

BONACIN, G. A.; RODRIGUES, T. J. D.; CRUZ, M. C. P.; BANZATTO, D. A. Características morfofisiológicas de sementes e produção de girassol em função de boro no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, n.2, p.111–116, 2009.

BORKERT, C.M.; PAVAN, M.A.; BATAGLIA, O.C. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.V.; ABREU, C.A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos, 2001. p.151-185.

BRAGA, J.M. Resposta do feijoeiro “Rico 23” à aplicação de enxofre, boro e molibdênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v.19, n.103, p.222-226, 1972.

BRAGA, N.R.; VIEIRA, C. Efeito da inoculação com *bradyrhizobium* sp., nitrogênio e micronutrientes no rendimento do grão-de-bico. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.2, p.349-353, 1998.

BRASIL. **Regras para análises de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 2009. 398p.

BUZETTI, S.; MURAOKA, T.; SÁ, M.E. Doses de boro na soja, em diferentes condições de acidez do solo. I. Produção de matéria seca e de grãos e nível crítico no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, n.1, p.157-161, 1990.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F.; CASAGRANDE, J.C. Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.V.; ABREU, C.A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal, CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.89-119.

CANDAL NETO, J.F.; VIEIRA, R.F. Comportamento de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em consórcio com milho (*Zea mays*), na região serrana do Espírito Santo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 1, p. 168-177, 1994.

CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E.S. Adubação da mamoneira: experiências preliminares. **Bragantia**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 243-259, 1958.

CARVALHO, M.A.AC.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; SANTOS, N.C.B.; BASSAN, D.A.Z. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência do espaçamento e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.3, p.617-624, 2001.

CARVALHO, B.L.C. **Manual do cultivo da mamona**. Salvador: EBDA, 2005. 65p.

CASTAGNEL J.; SILVA, T.R.B. Adubação foliar de boro na cultura do feijão. **Cultivando o saber**, v.2, n.3, p.7-16, 2009.

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. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.4, p.129-135, 2009.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamento de avaliação da safra de grãos 2010/11**. 2011. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/11_10_06_17_41_32_boletim_outubro-2011.pdf>.

Acesso em: 15 set. 2011.

CORRÊA, M.L.P.; TÁVORA, F. J.A.F.; PITOMBEIRA, J.B. Comportamento de cultivares de mamona em sistemas de cultivo isolados e consorciados com caupi e sorgo granífero. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.2, p.200-207, 2006.

COSTA, A.S.V.; SILVA, M.B. Sistemas de consórcio milho feijão para a região do Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 663-667, 2008.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.327-354.

DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agricola**., Piracicaba, v.53, n.1, p.31-42, 1996.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Cultivar Pérola**. 2004. Disponível em <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias>> Acesso em: 01 jun. 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. **Cultivares**: cultivar Paraguaçu. 2007. Disponível em <<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/cultivares.html>> Acesso em: 01 jun. 2011.

FAGERIA, N.K. Níveis adequados e tóxicos de boro na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p.57-62, 2000.

FAGERIA, N.K.; OLIVEIRA, L.P.; DUTRA, L.G. Deficiências nutricionais na cultura do feijoeiro e suas correções. Goiânia: EMBRAPA – CNPAF-APA, 1996. Disponível

em: <http://w.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/anteriores/doc_65.pdf>;
Acesso em: 10 out. 2010.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**. 2009.
Disponível em: < <http://faostat.fao.org>> . Acesso em: 30 ago. 2011.

FARINELLI, F.; PENARIOL, F.G.; SOUZA, F.S.; PIEDADE, A.R.; LEMOS, L.B.
Características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de feijão
adubados via foliar com cálcio e boro. **Científica**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.59-65, 2006.

FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de
Ciências do Solo, 2006. 432p.

FLESCH, R.D. Efeitos temporais e espaciais no consórcio intercalar de milho e feijão.
Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n. 1, p. 51-56, 2002.

FREITAS, S.M.; FREDO, C.E. Biodiesel a base de óleo de mamona: algumas
considerações. **Revista Informações Econômicas**, São Paulo, v.35, n. 1, p.77-82, 2005.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado:**
correção do solo e adubação. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
416p.

KAPPES, C.; GOLO, A. L.; CARVALHO, M. A. C. Doses e épocas de aplicação foliar
de boro nas características agronômicas e qualidade de sementes de soja. *Scientia
Agraria*, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 291-297, 2008.

KRONKA, A.Z.; OSUNA, J.T.A.; KRONKA, S.N. Comportamento de cultivares de
milho no consórcio com feijão. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 273, p. 543-553, 2000.

KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

KUMAR, H.C.S.; MUDALAGIRIYAPPA, J.L.; NANJAPPA, H.V.; RAMACHANDRAPP, B.K. Productive performance of castor (*Ricinus communis* L.) based intercropping systems under rainfed conditions of Central Dry Zone in Karnataka. **Mysore Journal of Agricultural Sciences**, v. 44, n. 3, p. 481-484, 2010.

KUMAR, S. Effect of planting pattern and fertilizer management on castor (*Ricinus communis*) - based intercropping system **Indian Journal of Agronomy**, New Delhi, v. 47, n.3, p.355-360, 2002.

LANA, R.M.Q. FARIA, M.V.; BONOTTO, I.V.; LANA, A.M.Q. Cobalt and molybdenum concentrated suspension for soybean seed treatment. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.6, p.1715-1720, 2009.

LANGE, A.; MARTINES, A.M.; SILVA, M.A.C.; SORREANO, M.C.M.; CABRAL, C.P.; MALAVLOTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, p.61-67, 2005.

LAVRES JUNIOR, J.; NOGUEIRA, T.A.R.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no crescimento e na produção da mamoneira cultivar Íris. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.4, p.405-413, 2009.

LIMA, J.C.P.S.; NASCIMENTO, C.W.A.; LIMA, J.G.C.; LIRA JUNIOR, M.A. Níveis críticos e tóxicos de boro em solos de Pernambuco determinados em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.1, p. 73-79, 2007.

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; ALBUQUERQUE, R.C.; BELTRÃO, N.E.M.; SAMPAIO, L.R. Casca e torta de mamona avaliados em vasos com fertilizantes orgânicos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 102-106, 2008.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 254p.

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

MARIANO, E.D.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; ANDRADE, A.T.; MARIANO, I.O.S. Níveis críticos de boro em solos de várzea para o cultivo do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.8, p.1637-1644, 2000.

MARIANO, E.D.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; MARIANO, I.O.S.; OLIVEIRA JR., A.C. Boro em solos de várzea do sul de Minas Gerais e a cultura do feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1051-1058, 1999.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Estado de Minas Gerais, 1999. p.143-168.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; NOGUEIRA, S.S.S.; CARMELLO, Q.A.C.; AMBROSANO, E.J. Resposta do feijoeiro a doses de boro em cultivo de inverno e de primavera. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.1, p.153-8, 1998.

MEAD, R.; RILEY, J. A Review of Statistical Ideas Relevant to Intercropping Research. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series A (General), v. 144, n. 4, p. 462-509, 1981.

MELHORANÇA, A. L.; STAUT, L. A., RICHETTI, A. **Indicações técnicas para a cultura da mamona em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. p. 62, 2005.

MORAES, L.M.F.; LANA, R.M.Q.; MENDES, C.; MENDES, E.; MONTEIRO, A.; ALVES, J.F. Redistribuição de molibdênio aplicado via foliar em diferentes épocas na cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.5, p.1496-1502, 2008.

MORAES-DALLAQUA, M.A.; BELTRATI, C.M.; RODRIGUES, J.D. Anatomia de ápices radiculares de feijão cv. Carioca submetidos a níveis de boro em solução nutritiva. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.3, p. 425-430, 2000.

NABLE, R.O.; BAÑUELOS, G.S.; PAULL, J.G. Boron toxicity. **Plant Soil**, Dordrech, v.193, n.1, p.181-198, 1997.

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 communis* L.). **Cientifica**, Piracicaba, v. 14, n.1, p. 55-64, 1986.

NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A.M.L. Marcha de absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivar Campinas. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 28, v. 2, p. 323-337, 1971.

OHSE, S.; MARODIM, V.; SANTOS, O. S.; LOPES, S.J.; PAULO AUGUSTO MANFRON, P. A. Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 7/8, n.1, p. 41-50, 2001.

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**, Santa Maria, v.40, n.8, p.1835-1839, 2010.

OLIVEIRA, L. M.; CARVALHO, M.L.M.; CALDEIRA, C.M.; SILVA, C.D.; SILVA, D.G. Teste de tetrazólio em sementes de mamona. In: II Congresso Brasileiro de Mamona, 2006, **Anais...** Aracaju. Energia e sustentabilidade. Aracaju, 2006.

OLIVEIRA, R.H.; SOUZA, M.J.L.; MORAIS, O.M.; CASTRO GUIMARÃES, B.V.; PEREIRA JÚNIOR, H.A. Potencial fisiológico de sementes de mamona tratadas com micronutrientes. **Acta Scientiarum – Agronomy**, Maringá, v.32, n.4, p.701-707, 2010.

OLIVEIRA, R.L.; MUNIZ, J.A.; ANDRADE, M.J.B.; REIS, R.L. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.1, p.113-119, 2009.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13º Ed. São Paulo: Nobel, 1990. 467 p.

PINTO, C.M.; FILHO, F.A.S; CYSNE, J.R.B.; PITOMBEIRA, J.B..Produtividade e índices competição da mamona consorciada com gergelim, algodão, milho e feijão. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, Mossoró, v.6, n.2, p. 75 - 85, 2011.

PIRES, M. DE M.; ALVES, J. M.; ALMEIDA NETO, J. A. DE; ALMEIDA, C. M.; SOUSA, G. S. DE; CRUZ, R. S. DA; MONTEIRO, R.; LOPES, B. S.; ROBRA S. Biodiesel de mamona: Uma avaliação econômica. In: Congresso Brasileiro da Mamona, 1, Campina Grande-PB, 2004. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.N.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100)

RAPOSO. J.A.A.; SCHUCH, L.O.B.; ASSIS, F.N.; MACHADO, A.A. Consórcio de milho e feijão em diferentes arranjos e populações de plantas, em Pelotas, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 5, p. 639-647, 1995.

REIS,C.J.; SORATTO, R.P.; BISCARO, G.A.; KULCZYNSKI, S.M.; FENANDES, D.S. Doses e modos de aplicação de boro na produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão em solo de cerrado. **Revista Ceres**, v.55, n.4, p. 258- 264, 2008.

RIBEIRO, N.D.; SANTOS, O.S.; MENEZES, N.L. Efeito do tartamento com fontes de zinco e boro na germinação e vigor de sementes de milho. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.51, n.3, p.481-485, 1994.

RODRIGUES, H.C.A.; CARVALHO, S.P.; SOUZA, H.A.; JESUS, A.M.S. Crescimento de cultivares de mamoneira em função da aplicação de boro, durante a formação de mudas growth to cultivate of castor bean with application of boron, during the formation of changes. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.5, p.377-382, 2009.

ROSOLEM, C.A.; ZANCANARO, L.; BÍSCARO, T. Boro disponível e resposta da soja em latossolo vermelho-amarelo do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.6, p.2375-2383, 2008.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L. Influencia do arranjo de plantas e da época de semeadura sobre as características agrônômicas do milho e feijoeiro consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 10, p. 1173-1181, 1993.

SEPLAN - SECRETÁRIA DE PLANEJAMENTO DO ESTADO DE GOIÁS. **Coordenadas geográficas dos municípios**. 2011. Disponível em: <<http://portalsepin.seplan.go.gov.br>> Acesso em: 18 jul. 2011.

SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; FREIRE, W.S.A.; CASTRO, D.A.; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E.R. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutriente e micronutriente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 563-568, 2006a.

SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; CARDOSO, G.D.; VIRIATO, J.R.; BELTRÃO, N.E.R. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 879-882, 2006b.

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**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1357-1359, 2007.

SILVA, T.R.B.; SORATTO, R.P.; BÍSCARO, T.; LEMOS, L.B. Aplicação foliar de boro e cálcio no feijoeiro. **Científica**, Jaboticabal, v.34, n.1, p. 46 - 52, 2006.

SILVEIRA, P.M. da ; DYNIA, J.F. ; ZIMMERMANN, F.J.P. Resposta do feijoeiro irrigado a boro, zinco e molibdênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.20, n.2, p.198-204, 1996.

SOUZA, E.A.; NEPTUNE, A.M.L. Resposta da cultura de *Ricinus communis* L. à adubação e calagem. **Científica**, Piracicaba, v. 4, n. 2, p. 274-281, 1976.

SOUZA, H.A.S.; NATALE, W.; ROZANE, D.E.; HERNANDES, A.; ROMUALDO, L.M. Calagem e adubação boratada na produção de feijoeiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 249-257, 2011.

SOUZA, L.A.; CARVALHO, M.L.M.; YUMI KATAOKA, V.; OLIVEIRA, J.A. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.31, n.1, p.60-67, 2009.

TÁVORA, F.J.A.F.; MELO, F.I.O.; SILVA, F.P.; BARBOSA FILHO, M. Consorciação da mamona com culturas anuais de ciclo curto. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 19, n. 2, p. 85-94, 1988.

TEIXEIRA, I.R.; MOTA, J.H.; SILVA, A.G. Consórcio de hortaliças. **Semina - Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 507-514, 2005a.

TEIXEIRA, I.R.; BOREM, A.; ARAUJO, G.A.A.; ANDRADE, M.J.B. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e zinco. **Bragantia**, v.64, n.1, p.83-88. 2005b.

TEIXEIRA, I.R.; BOREM, A.; ARAUJO, G.A.A.; FONTES, R.L.F. Manganese and zinc leaf application on common bean grown on a "cerrado" soil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, n.1, p.77-81, 2004.

VIEIRA, C. Cultivos consorciados. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2 ed., p. 493-528, Viçosa: UFV, 2006.

WAZILEWSKI, W. T.; GOMES, L. F. S. Boro aplicado via semente em girassol. **Cultivando o Saber**. Cascavel, v.2, n.2, p.137-142, 2009.

WEAST, R. C.; ASTLE, M. J. **CRC handbook of chemistry and physical**: a ready-reference book of chemical and physical data. 62° Ed. Boca Raton: CRC, p. B84-B146, 1982.

WILLEY, R. W.; OSIRU, D. S. O. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) it particular reference to plant population. **Journal of Agricultural Science**, v.79, p.571-29, 1972.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas?. **Informações agronômicas**, São Paulo, n. 90, p. 15-27, 2000.