

JOACI FRANKLIN DE MEDEIROS

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE ALGODÃO EM RESPOSTA A
DOSES DE BORO NO SOLO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2003

JOACI FRANKLIN DE MEDEIROS

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE ALGODÃO EM RESPOSTA A
DOSES DE BORO NO SOLO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

APROVADA: 26 de fevereiro de 2003.

Prof. Reinaldo Bertola Cantarutti

Prof. Júlio César Lima Neves

Prof. Paulo Roberto Gomes Pereira

Prof. José Eustáquio de Souza Carneiro

Prof. Renildes Lúcio Ferreira Fontes
(Orientador)

A minha esposa Lillian

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente em minha vida e em meu pensamento, e por Ele ter tornado possível a realização de um sonho (obrigado por tudo).

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do Curso de Pós-Graduação.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Embrapa Algodão), por ceder suas dependências físicas para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Renildes Lúcio Ferreira Fontes pela sua orientação criteriosa, profissionalismo, pelo bom relacionamento e confiança depositada ao longo do curso.

Ao pesquisador Dr. Orozimbo Silveira Carvalho pela sua orientação, apoio, dedicação, amizade, enfim por tudo aquilo que representou neste trabalho, pois sem ele não teria sido possível a sua realização.

Ao pesquisador da Embrapa Algodão Dr. José da Cunha Medeiros pela sua orientação, apoio, amizade firmada e por ter acreditado no trabalho.

Ao Prof. Júlio César Lima Neves pelo seu apoio e sugestões na conclusão deste trabalho.

Aos professores Reinaldo Bertola Cantarutti, Paulo R. G. Pereira e José Eustáquio, pelas sugestões e participação na banca examinadora.

Ao Prof. Adailson Pereira de Souza (CCA/UFPB) pelo apoio prestado na realização das análises dos micronutrientes.

Ao CNPq pela concessão da bolsa ao longo do curso.

A todos os professores e funcionários do DPS/UFV, pelos ensinamentos valiosos à minha formação profissional.

A todos os pesquisadores da Embrapa Algodão, em especial a José Renato Cortez Bezerra, Rosa Maria Mendes Freire, Napoleão Esberard de Macedo Beltrão, pelo apoio imprescindível prestado na realização deste trabalho.

A Dr. José Wellington dos Santos pela contribuição nas análises estatísticas da tese.

A todos funcionários da biblioteca da Embrapa Algodão.

Aos funcionários do Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Embrapa Algodão nas pessoas de Zé Menezes, Zé Carlos, Chico pela ajuda, amizade e bom relacionamento. A Jânio, pela colaboração prestada nos momentos de necessidade e pela amizade firmada.

Aos meus queridos amigos da editoração da Embrapa Algodão nas pessoas de Ivanilda, Socorro, Nívea e Geraldo pelo apoio prestado no decorrer deste trabalho, pelas alegrias vividas e compartilhadas.

Aos meus amigos do Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas.

Aos amigos Ítalo, Guilherme Carvalho e Diolino pelos bons momentos vividos juntos.

Aos meus pais José Franklin de Sousa Filho e Joseci Franklin de Medeiros pelo constante estímulo, apoio, por ter compreendido a minha ausência nesse período e por ter acreditado em seu filho que tanto os ama.

Aos meus queridos irmãos Ricardo e Eduardo pelo apoio prestado.

A toda minha família, em especial a Josemar e Silvana.

A Helinho, Neidinha, Helane, Bruno e Aline, essa família maravilhosa que me acolheu de braços abertos e com muito carinho durante a realização de toda a tese (o meu muito obrigado).

Ao meu primo Bruno, que me ajudou de maneira decisiva durante a implantação, condução e colheita do experimento.

Em especial a minha esposa Líllian, pessoa que sempre me incentivou, acompanhou-me desde os momentos difíceis aos mais sublimes, por estar sempre ao meu lado e por ser esta pessoa linda que ela é (o meu eterno obrigado).

E finalmente, a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Joaci Franklin de Medeiros, filho de José Franklin de Sousa Filho e Joseci Franklin de Medeiros, nasceu em Campina Grande, Paraíba, no dia 20 de novembro de 1976.

Ingressou, em fevereiro de 1995, no Curso de Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, concluindo-o em dezembro de 1999.

Em fevereiro de 2000, iniciou o Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em fevereiro de 2003.

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. O boro na planta.....	3
2.2. O boro no solo.....	5
2.3. Níveis críticos de boro na planta e no solo.....	7
2.4. Fatores que afetam a disponibilidade.....	8
2.4.1. pH.....	8
2.4.2. Tipo de argila.....	8
2.4.3. Textura.....	9
2.4.4. Teor de matéria orgânica do solo.....	10
2.4.5. Umidade do solo.....	11
2.4.6. Compostos de ferro e alumínio.....	11
2.5. Variação genotípica na eficiência de utilização do boro.....	13
2.6. Adubação boratada no algodoeiro herbáceo.....	14
2.7. Sintomas de deficiência e toxicidade de boro em algodoeiro herbáceo.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1. Localização do experimento e solo.....	18
3.2. Delineamento experimental.....	18
3.3. Semeadura, desbaste e irrigação.....	19

3.4. Controle de pragas e doenças.....	19
3.5. Aplicação dos tratamentos e adubação do solo.....	20
3.6. Análise do solo.....	20
3.6.1. Análises químicas e físicas do solo para sua caracterização inicial.....	20
3.6.2. Teor de B no solo ao final do experimento.....	22
3.7. Análise do tecido vegetal.....	22
3.8. Avaliações de características das plantas.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1. Teores de boro no solo.....	24
4.2. Alturas das plantas e da inserção do primeiro ramo frutífero e diâmetro caulinar.....	27
4.3. Área foliar.....	28
4.4. Matéria seca da parte aérea.....	28
4.5. Características relacionadas ao florescimento.....	31
4.6. Número de ramos vegetativos, de ramos frutíferos e de estruturas reprodutivas que sofreram abscisão por planta.....	35
4.7. Teores de boro na folha.....	38
4.8. Sintomas de deficiência de boro.....	39
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
APÊNDICE.....	52

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1. Nutrientes, fontes e doses aplicadas via solução nutritiva.....	20
Quadro 2. Características químicas do solo utilizado no experimento.....	21
Quadro 3. Características físicas do solo utilizado no experimento.....	21
Quadro 4. Teores de boro no solo, altura de plantas, altura de inserção do primeiro ramo frutífero e diâmetro caulinar de cultivares de algodoeiro em função de doses de boro aplicadas ao solo (média de 3 repetições).....	25
Quadro 5. Equações de regressão para teores de boro no solo, altura de plantas, altura de inserção do primeiro ramo frutífero e diâmetro caulinar de cultivares de algodoeiro em função de doses de boro aplicadas ao solo....	26
Quadro 6. Área foliar e matéria seca da parte aérea aos 30, 60 e 90 dias depois da semeadura (dds) de cultivares de algodoeiro em função de doses de boro aplicadas ao solo (média de 3 repetições).....	29
Quadro 7. Equações de regressão para área foliar e matéria seca da parte aérea aos 30, 60 e 90 dias depois da semeadura (dds) de cultivares de algodoeiro em função de doses de boro aplicadas ao solo.....	30
Quadro 8. Número de botões florais, de flores e de frutos por planta e dias para a abertura da primeira flor de cultivares de algodoeiro em função de doses de boro aplicadas ao solo (média de 3 repetições).....	32
Quadro 9. Equações de regressão para número de botões florais, de flores e de frutos por planta e dias para a abertura da primeira flor de cultivares de algodoeiro em função de doses de boro aplicadas ao solo.....	33
Quadro 10. Número de ramos vegetativos, de ramos reprodutivos e de estruturas reprodutivas que sofreram abscisão por planta e teores de boro na folha de cultivares de algodoeiro em função de doses de boro aplicadas ao solo (média de 3 repetições).....	36
Quadro 11. Equações de regressão para número de ramos vegetativos, de ramos reprodutivos e de estruturas reprodutivas que sofreram abscisão por planta e teores de boro na folha de cultivares de algodoeiro em função de doses de boro aplicadas ao solo.....	37

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Sintomas de deficiência de boro em cultivar de algodão CNPA 8H (a) e BRS Aroeira (b): “ponteiro” clorótico, com folhas novas enrugadas (Tratamento não adubado com boro).....	40
Figura 2. Sintoma de deficiência de boro em cultivar de algodão CNPA 8H: caule com tendência de crescimento em zigue-zague (Tratamento não adubado com boro).....	40
Figura 3. Sintoma de deficiência de boro em cultivar de algodão BRS Sucupira: rachadura do caule principal (Tratamento não adubado com boro).....	40
Figura 4. Sintoma de deficiência de boro em cultivar de algodão BRS Sucupira: anéis concêntricos escuros no pecíolo da folha, (a) lado inferior e (b) lado superior (Tratamento não adubado com boro).....	41
Figura 5. Sintomas de deficiência de boro em cultivar de algodão BRS Aroeira: botões florais levemente deformados, com brácteas cloróticas (Tratamento não adubado com boro).....	41
Figura 6. Sintoma de deficiência de boro em cultivar de algodão CNPA 8H: flores com pétalas torcidas para dentro (Tratamento não adubado com boro).....	41
Figura 7. Sintoma de deficiência de boro em cultivar de algodão BRS Antares: manchas escuras na parte interna das flores (Tratamento não adubado com boro).....	41
Figura 8. Sintomas de deficiência de boro em cultivar de algodão BRS Ipê: fruto seccionado apresentando fibras manchadas com leve necrose em sua base (Tratamento não adubado com boro).....	41
Figura 9. Sintomas de deficiência de boro em cultivar de algodão BRS Ipê: (a) fruto pequeno e irregular comparado com fruto normal e (b) fruto em forma de gancho (Tratamento não adubado com boro).....	42

RESUMO

MEDEIROS, Joaci Franklin de, M. S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2003.

Comportamento de cultivares de algodão em resposta a doses de boro no solo.

Orientador: Renildes Lúcio Ferreira Fontes. Co-orientador: Orozimbo Silveira Carvalho. Conselheiro: Paulo Geraldo Berger.

O conhecimento do comportamento das cultivares de algodoeiro quanto à tolerância à falta ou ao excesso de boro é relevante para orientar recomendações de corretivos e fertilizantes, escolha de cultivares e programas de melhoramento genético. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) em resposta a doses de boro no solo. O experimento foi conduzido na Embrapa Algodão sob condições de casa de vegetação. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 6 x 5, correspondendo a 6 doses de boro (0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; e 3,0 mg dm⁻³) e 5 cultivares de algodoeiro herbáceo (CNPA 8H, BRS Aroeira, BRS Antares, BRS Sucupira e BRS Ipê), com 3 repetições. Utilizaram-se 90 vasos de plástico com 7 dm³ de solo cada. No dia do plantio, o solo recebeu as doses de boro na forma de H₃BO₃, aplicadas em solução. Adicionalmente, realizou-se a adubação básica comum a todos os tratamentos. De modo geral, as doses de boro utilizadas não influenciaram as variáveis estudadas para as condições do experimento, com exceção dos teores de boro no limbo foliar. A capacidade de utilização de boro pelas cultivares de algodoeiro apresentou a seguinte ordem: BRS Aroeira > CNPA 8H e BRS Antares > BRS Ipê e BRS Sucupira. A concentração de boro no limbo foliar aumentou linearmente para as cultivares CNPA 8H e BRS Aroeira, enquanto, que para as cultivares BRS Ipê e BRS Sucupira esse aumento foi de forma quadrático. Para a cultivar BRS Ipê o ponto de máximo para teor de boro foliar com seu respectivo valor para a dose de B adicionada foi de 48,0 mg kg⁻¹ de B e 2,5 mg dm⁻³, enquanto, que para a cultivar BRS Sucupira foi de 45,7 mg kg⁻¹ de B e 1,5 mg dm⁻³.

Sintomas de deficiência de B foram observados nos tratamentos em que não se utilizou este micronutriente na adubação independente da cultivar estudada. Para as doses de B utilizadas não foram observados nas cultivares de algodão estudadas sintomas de fitotoxicidade.

ABSTRACT

MEDEIROS, Joaci Franklin de, M. S., Universidade Federal de Viçosa, february 2003.

Cotton cultivars behaviour in answer to boron dosages on soil. Adviser: Renildes Lúcio Ferreira Fontes. Co-Adviser: Orozimbo Silveira Carvalho. Committee Member: Paulo Geraldo Berger.

The knowledgement of cotton cultivars' behaviour with respect to the tolerancy to lack or excess of boron is relevant to orient fertilizers and correctives recommendations, choose of cultivars and breeding. Then, the aim of this work was to evaluate the behaviour of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars in answer to different boron dosages on the soil. This work was developed at Embrapa Algodão under greenhouse conditions. The experimental design adopted was completely randomized with treatments arranged in a 6 x 5 factorial, i.e., 6 boron levels (0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, and 3.0 mg dm⁻³) applied as solution boric acid, and 5 cotton cultivars (CNPA 8H, BRS Aroeira, BRS Antares, BRS Sucupira and BRS Ipê), with 3 replications. Ninety plastic containers with 7 dm³ of soil were used. In general, the boron dosages used did not present difference at the studied variables into the experiment conditions, excepting to the leaf boron levels. The boron usage capability by the cotton cultivars were as follows: BRS Aroeira > CNPA 8H and BRS Antares > BRS Ipê and BRS Sucupira. Leaf boron level increased linearly in cultivars CNPA 8H and BRS Aroeira while for cultivars BRS Ipê and BRS Sucupira the effect was quadratic. To BRS Ipê cultivar, the highest boron level and its respective dosage added to the soil were 48,0 mg kg⁻¹ and 2,5 mg dm⁻³ respectively, while BRS Sucupira values were 45,7 mg kg⁻¹ and 1,5 mg dm⁻³. Symptoms of boron deficiency were observed in treatments which did not receive the nutrient, independent of the cultivar. Were not observed toxicity by the cotton plants studied using the boron dosages of this work.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial, amplia-se a demanda por tecidos e, conseqüentemente, por algodão, considerada a mais importante fibra têxtil do mundo. No Brasil, a ampliação do parque têxtil associada à modernização de suas instalações tem provocado aumento considerável na demanda por fibra desta cultura.

Dada a importância socioeconômica da cultura do algodão para o Brasil, que emprega um grande contingente de mão-de-obra e supre a necessidade do parque têxtil nacional em fibra natural, torna-se necessário um melhor conhecimento dos vários fatores da sua cadeia produtiva. Esse conhecimento pode ajudar nos aumentos de produção, produtividade, redução de custos e melhor qualidade do produto, diminuindo ou mesmo anulando a dependência externa pela fibra do algodoeiro (Richetti & Melo Filho, 2001).

Têm-se verificado, desde a safra 1996/97, um aumento na produção de pluma de algodão no Brasil, passando de 305,7 mil toneladas (safra 1996/97) para 808,6 mil toneladas de pluma na safra 2002/2003. Em relação à safra passada, os números de produtividade apresentaram crescimento de 10,5%, saindo de 2.690 kg ha⁻¹, em 2002, para os atuais 2.972 kg ha⁻¹ de algodão em caroço (CONAB, 2003).

O aumento da produtividade do algodoeiro em algumas regiões do País, resultante do uso intensivo de técnicas agrícolas modernas, vem ocasionando crescente retirada de macro e micronutrientes do solo. Enquanto a retirada sucessiva de macronutrientes pelo algodoeiro vem sendo compensada com o uso freqüente de adubações, para os micronutrientes, no entanto, não há reposição adequada o que pode levar à limitação dos mesmos para a cultura. Neste contexto, ressalta-se a necessidade do uso de uma adubação equilibrada, na qual se incluam, também, os micronutrientes (Lopes, 1999).

Têm-se verificado cada vez mais freqüentemente sintomas de deficiência de boro na cultura do algodão, podendo os efeitos resultantes dessa deficiência, serem desde pequenas reduções na produtividade, até total comprometimento na produção (Staut & Kurihara, 2001). A adubação sem a inclusão do B, por exemplo, pode ser uma das causas da menor produtividade do algodoeiro nos cerrados brasileiros (Lopes, 1999).

A região dos cerrados brasileiros lidera a produção nacional de algodão, destacando-se como os dois maiores produtores os Estados de Mato Grosso e Goiás (CONAB, 2003). Como os solos sob cerrado são deficientes em B, é imprescindível a correção dessa deficiência para que tais solos possam contribuir com eficiência no processo produtivo brasileiro (Lopes, 1999).

A adubação boratada na cultura do algodoeiro torna-se importante também no Nordeste, por ser esta região a segunda maior produtora de algodão no Brasil, apresentando áreas com solos arenosos pobres em matéria orgânica como, por exemplo, solos do município de Touros, RN, onde se tem cultivado algodão sob sistema de irrigação. Nesses solos o algodoeiro sob irrigação apresenta maiores chances de deficiência em boro, devido à facilidade de lixiviação deste micronutriente. Por outro lado, para a cotonicultura do Nordeste deve ser levada em consideração que há possibilidade de toxidez de boro, pois em regiões áridas e semi-áridas os teores de boro no solo podem atingir níveis que causam injúrias a cultivares mais sensíveis.

O conhecimento do comportamento das cultivares de algodoeiro quanto à tolerância à falta ou ao excesso de B é relevante para orientar recomendações de corretivos e fertilizantes, escolha de cultivares e programas de melhoramento genético.

O custo da adubação boratada é relativamente baixa o que não limita o seu uso, no entanto, há necessidade de estudos para estabelecer doses adequadas para se assegurar maiores produções na cultura do algodoeiro. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) em resposta a doses de boro no solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O boro na planta

O boro (B) está relacionado a muitos processos fisiológicos da planta, como transporte de açúcares, síntese da parede celular, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo de ácido indolacético (AIA), metabolismo de compostos fenólicos, metabolismo de ascorbato e integridade da membrana plasmática (Cakmak & Römheld, 1997). Entretanto, apesar da participação do B nesses processos fisiológicos, ainda não se tem evidências de que ele seja um constituinte enzimático ou que tenha uma função direta nas atividades enzimáticas.

De acordo com Matoh & Kobayashi (1998) o boro forma “ligações cruzadas” com ácidos poligalacturônicos da parede celular, dando-lhe enrijecimento para garantir a sua integridade. Findeklee & Goldbach (1996) relatam que a integridade estrutural da parede celular e sua elasticidade são prejudicadas em condições de deficiência de B.

Cakmak et al. (1995), trabalhando com girassol, demonstraram o importante papel do boro na integridade da membrana plasmática. Observaram que em folhas deficientes em B o efluxo era 35 vezes maior para o K, 45 vezes maior para a sacarose e 7 vezes maior para compostos fenólicos e aminoácidos do que nas folhas com teores de B suficientes.

Segundo Cakmak & Römheld (1997) as mudanças morfológicas e fisiológicas causadas pela deficiência de B estão relacionados à particular capacidade do ácido bórico formar complexos estáveis com compostos contendo grupos *cis*-hidroxila, tais como, substâncias pécticas nas paredes celulares, glicoproteínas ou glicolipídios nas membranas, e difenóis.

Vários compostos são conhecidos por ter uma configuração *cis*-hidroxila necessária para a formação de complexos borato estáveis, como por exemplo, açúcares e seus

derivados (por exemplo: álcoois-açúcares e ácido urônico) e alguns difenóis (por exemplo: ácido caféico e ácido hidroxiferúlico). As paredes celulares são ricas em compostos com configuração *cis*-hidroxila (Cakmak & Römheld, 1997). Por essa razão, tem sido encontrado que o B está presente predominantemente nas paredes celulares (Hu & Brown, 1994).

De acordo com Marschner (1995) a deficiência de B provoca desvios na rota metabólica de carboidratos, aumento da formação de fenóis e aumento da atividade da polifenol oxidase (PPO). A PPO gera radicais superóxidos que, juntamente com o excesso de fenóis, provocam destruição da membrana celular e, conseqüentemente, morte do tecido vegetal. Para Cakmak & Römheld (1997) a acumulação de fenóis em tecidos deficientes em B é um passo crítico na iniciação dos danos causados em várias funções celulares.

Assim como os fenóis, a concentração de auxina pode ser maior em plantas deficientes em B. Os altos níveis de AIA em plantas deficientes em B foram atribuídos à inibição da AIA oxidase pela acumulação de fenólicos (Rajaratnam & Lowry, 1974), tais como, ácido caféico e ácido clorogênico que são inibidores da AIA oxidase (Shkol'nik, 1984). Mudanças morfológicas induzidas pela deficiência de B são conseqüência da excessiva acumulação de AIA em tecidos deficientes neste nutriente (Pilbeam & Kirkby, 1983).

A deficiência de boro resulta em rápida inibição de crescimento vegetal como conseqüência de dois importantes fatores: o papel estrutural específico que desempenha na parede celular (Loomis & Durst, 1992; Hu & Brown, 1994; Matoh, 1997) e a mobilidade limitada do B na maioria das espécies (Brown & Shelp, 1997). Como resultado do seu decisivo papel na expansão dos tecidos e sua limitada mobilidade, o B tem que ser fornecido continuamente ao longo da vida da planta, habitualmente através da raiz. Por este motivo, é essencial o conhecimento da fisiologia da absorção do B (Hu & Brown, 1997).

O boro é absorvido da solução do solo pelas raízes, principalmente, como ácido bórico não dissociado (Hu & Brown, 1997). De acordo com Malavolta et al. (1997) o B é absorvido na faixa de pH (em água) entre 4 e 8, na forma de ácido bórico e, ou, de borato, sendo o pH um dos fatores que mais influenciam na disponibilidade de B para as plantas. A capacidade do ácido bórico de formar complexos *cis*-hidroxila com um grande número de moléculas orgânicas também influencia na absorção do B pelas plantas (Hu & Brown, 1997).

Entre os elementos essenciais às plantas superiores, o boro é o único cuja remobilização dentro da planta varia significativamente entre espécies (Brown & Hu, 1996). Está bem estabelecido que, para a maioria das espécies, o boro é altamente imóvel, independente do estágio de crescimento ou ambiente onde a planta cresce. Entretanto, em algumas espécies, o boro é altamente móvel no floema, enquanto, em outras, a remobilização é dependente do suprimento do boro (Dordas et al., 2001).

Brown & Hu (1996) demonstraram com aplicações foliares de ^{10}B em folhas maduras, que o boro foi rapidamente remobilizado para suprir a demanda pelos frutos. Significativa remobilização foi observada em amêndoa, maçã e nectarina. No mesmo experimento, plantas de figo, pistácio e noz não apresentaram qualquer evidência de remobilização de ^{10}B , considerando que este elemento não foi encontrado em frutos. Brown & Hu (1996) levantaram a hipótese de que a presença de itóis (álcoois derivados de açúcares como sorbitol, manitol e dulcitol) no floema era importante para a remobilização de boro em espécies de plantas que exibiam mobilidade desse elemento. Em trabalhos subsequentes, isso foi confirmado pelo isolamento e caracterização de diversos complexos B-itóis em exudados do floema de espécies que apresentavam mobilidade de boro (Hu et al., 1997).

São José et al. (2002) reportaram rápida retranslocação de B a partir de folhas maduras de plantas de eucalipto. Rosolem & Costa (1999) trabalhando com plantas de algodão com o objetivo de verificar a possibilidade de redistribuição do B aplicado via radicular ou foliar concluíram que a mobilidade desse elemento no algodoeiro, se ocorre é muito limitada, sendo portanto, necessário um suprimento contínuo de B para a manutenção da atividade meristemática.

2.2. O boro no solo

O boro é um elemento essencialmente litófilo, isto é; tende a se acumular na camada silicatada externa da Terra ocorrendo nos minerais, sempre combinado com o oxigênio em coordenação triangular, formando boratos ou, mais raramente, em coordenação tetraédrica, quando substitui parcialmente o silício nos borossilicatos (Marconi et al., 1980). De acordo com Dantas (1991) as rochas contêm quantidades variáveis de boro, o que depende da ocorrência de minerais de boro presentes em sua estrutura.

O bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), a quernita ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), a colemanita ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), a ulexita ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) e a turmalina [$\text{H}_2\text{MgNa}_9\text{Al}_3(\text{BO})_2\text{SiO}_4\text{O}_{20}$] são alguns minerais importantes que contêm boro (Raij, 1991). Marconi et al. (1980) mencionaram a possibilidade da hornblenda metassomática, da biotita de pegmatitos e da esmegtita virem a conter boro em teores variáveis.

Esses minerais não resistem ao intemperismo e persistem intactos apenas em condições de aridez. Em solos e sedimentos, o boro está, em sua maior parte, adsorvido e não em forma de composto nem de mineral definido, a exceção é a turmalina, que é o único mineral que persiste em solos ácidos. É um silicato resistente, que pouco cede boro para a solução do solo (Raij, 1991).

Considera-se, entretanto, que a fonte de B mais importante para a planta é a matéria orgânica a qual, por meio da mineralização, libera-o para a solução do solo (Malavolta, 1980). A calagem adequada, aumenta a atividade microbiológica e tende a aumentar a sua disponibilidade (Silva & Carvalho, 1994).

Considerando-se que o conteúdo de boro nos vários tipos de rocha é variável, infere-se que a disponibilidade desse elemento no solo ficará sob dependência do material de origem (Dantas, 1991). Segundo Gutterres (1986) a contribuição do B estrutural está relacionada com a solubilidade e concentração dos materiais de origem, tipo de solo formado e precipitação pluviométrica, sendo mais freqüente a ocorrência de deficiência de B em solos de arenito que de basalto.

O boro é um elemento de distribuição irregular em rochas ígneas, porém a concentração é maior em granitos que em basaltos, ao contrário do que acontece com os demais micronutrientes. Por se tratar de um elemento com raio iônico muito menor que os dos outros elementos mais abundantes em silicatos que ocorrem em rochas ígneas, a participação do boro é reduzida nesses minerais, contudo, a ocorrência maior como impureza é nas micas (Raij, 1991).

De modo geral, solos originados de rochas maciças são sempre pobres em boro, excluindo-se as que contêm quantidades consideráveis de turmalina e outros minerais que contêm B na sua estrutura. Ao contrário, solos originados de material clástico, calcário, folhelhos e especialmente argilas marinhas, são relativamente ricos em boro (Horowitz & Dantas, 1973).

2.3. Níveis críticos de boro na planta e no solo

Em algodoeiro, teores de boro acima de 16 mg kg^{-1} nas folhas recém-maduras podem ser consideradas suficientes para crescimento e produção (Rosolem et al., 1999), embora haja relatos na literatura de que eles deveriam estar acima de 40 ou 50 mg kg^{-1} (Rosolem & Boaretto, 1989). Entretanto, Silva et al. (1991) correlacionando concentração foliar com acréscimos de produção de algodão, chegaram a desaconselhar uma adubação imediata quando o teor foliar fosse superior a 40 mg kg^{-1} .

Trani et al. (1983) indicam como teor adequado de B para algodoeiro, 50 mg kg^{-1} no limbo da quinta folha a partir do ápice, em amostragem feita em pleno período de florescimento. Enquanto que, Silva et al. (1995a) e Silva & Raij (1996) indicam como adequada a faixa de 30 a 50 mg kg^{-1} de B no limbo da quinta folha a partir do ápice, em amostragem feita também em pleno florescimento aos 85 dias após o plantio.

Silva et al. (1982) e Carvalho (1988) trabalhando em condições de deficiência verificaram, nas parcelas sem adubo, que a concentração de boro na folha de algodoeiro variou entre 15 e 40 mg kg^{-1} e entre 20 e 40 mg kg^{-1} , respectivamente. Já Sedberry Jr. et al. (1969) notaram, nos ensaios com altas respostas ao boro, que no limbo da 1ª folha madura, colhida na haste principal das plantas testemunhas, a concentração variou entre 7 e 30 mg kg^{-1} de B, esses mesmos autores, embora não tenham descrito sintomas de toxicidade, constataram freqüentemente decréscimos de produção de algodão com o uso de boro, quando os resultados da análise química da 1ª folha madura ultrapassavam a faixa de 40-50 mg kg^{-1} de B. Silva et al. (1979) trabalhando em condições de casa-de-vegetação, observaram sintomas de toxicidade no algodoeiro quando a análise foliar indicava teores em torno de 46 mg kg^{-1} .

Oosterhuis (2001) cita, para o algodoeiro, os níveis críticos de 103, 61 e 78 mg kg^{-1} de B para raízes, folhas jovens e caules, respectivamente, indicando 30 mg kg^{-1} de B no limbo da quarta folha completamente expandida.

A faixa crítica de B no solo situa-se de 0,1 a 2 mg kg^{-1} de boro extraído com água quente, com valor médio de $0,7 \text{ mg kg}^{-1}$ (Cox, 1987). Oosterhuis (2001) cita a faixa de 0,40 a $0,55 \text{ mg kg}^{-1}$ como a faixa crítica de boro no solo para o algodoeiro.

Raij et al. (1996) e Alvarez V. et al. (1999) citam o nível crítico de $0,60 \text{ mg kg}^{-1}$ de boro no solo, extraído com água quente.

2.4. Fatores que afetam a disponibilidade

Existem diversos trabalhos experimentais comprovando que a disponibilidade do boro às plantas é afetada por uma série de fatores, tais como: pH, tipo de argila, textura, teor de matéria orgânica do solo, umidade do solo e compostos de Fe e Al. Goldberg (1997) inclui a temperatura do solo entre esses fatores, porém, Tanaka (1967) demonstrou que a absorção de B pelas raízes não é afetada pela temperatura.

2.4.1. pH

De acordo com Dantas (1991) são diversos os trabalhos em que é mostrada uma crescente adsorção de boro pelo solo em função do aumento de pH, indicando um máximo de adsorção na faixa alcalina.

Em estudos de adsorção de boro em solos agrícolas altamente intemperizados do Paraná, a adsorção foi mínima em pH inferior a 6,5, aumentando consideravelmente com a elevação do pH (em água) para a faixa entre 6,5 e 8,5, com a calagem, devido ao aumento do número de sítios de adsorção e maior proporção do íon borato em relação ao ácido bórico no pH mais elevado (Pavan & Correa, 1988).

Bartz (1974) obteve considerável aumento na adsorção de B à medida que elevou o pH de suspensões de solos do Rio Grande do Sul de 4,0 até 8,0, principalmente a partir de pH 6,0, sendo os aumentos proporcionais às capacidades de adsorção de cada solo estudado.

A importância prática do aumento da adsorção de B devido ao aumento do pH, relaciona-se com o controle que a adsorção exerce sobre a concentração na solução do solo. Com a correção de solos ácidos, a concentração de B na solução pode passar de suficiência a deficiência, já que os limites são relativamente estreitos (Gutterres, 1986).

2.4.2. Tipo de argila

A adsorção de B aos minerais de argilas consiste de uma reação rápida de adsorção e uma reação lenta de fixação (Goldberg, 1997). Segundo Keren et al. (1994) o processo de adsorção do B aos grupos hidroxílicos externos das bordas dos minerais de argila é considerado reversível.

De acordo com Sims & Bingham (1967) as argilas vermiculita, caulinita, montmorilonita e hidrobiotita, adsorvem boro e o pH influencia esta adsorção, com a máxima ocorrendo na faixa alcalina. Eles relatam, também, que a adsorção não se deve às argilas em si, mas a compostos de Fe e de Al que ocorrem como impurezas nas amostras. Sims & Bingham (1968b) relatam que na fase sólida do solo é mais importante a presença de hidróxidos de Fe e de Al como adsorventes do B que qualquer outro tipo de argila silicatada.

Nos minerais de argilas, a adsorção segue a ordem: caulinita < montmorilonita < illita (Goldberg, 1997; Yamada, 2000).

2.4.3. Textura

A adsorção do B é dependente da textura do solo, e aumenta com o aumento do teor de argila (Elrashidi & O'Connor, 1982).

Os solos de textura argilosa apresentam maior área superficial específica, sendo capazes de adsorver maior quantidade de B que solos arenosos, já que a adsorção é um fenômeno de superfície. Em geral, esses solos apresentam maior teor de B total e extraível por métodos químicos que os arenosos. A disponibilidade nos arenosos não é, entretanto, necessariamente menor, pois, devido à menor capacidade de adsorção, podem manter concentração satisfatória na solução do solo, mesmo com um menor teor extraível (Gutterres, 1986). Isso confirma o fato de que a correção de deficiência de boro em solos argilosos requer maior quantidade de adubo contendo boro do que em solos arenosos (Dantas, 1991).

De acordo com Costa et al. (2001), para uma mesma quantidade de boro aplicada, os solos argilosos adsorvem mais e disponibilizam menos o nutriente do que os solos arenosos. Esse comportamento sugere que os níveis de boro no solo e a adubação boratada devem ser diferenciados de acordo com a classe de textura do solo, usando menores quantidades de boro nos solos arenosos.

Brasil Sobrinho (1965), estudando o teor de B em diversos solos no município de Piracicaba e outras regiões do Estado de São Paulo, encontrou maior teor de B nos solos argilosos, quando comparados com os arenosos. Casagrande (1978) trabalhando com vários solos do município de Piracicaba, SP, obteve correlação positiva entre os teores de B total ou solúvel e os de argila.

De acordo com Silva et al. (1991) o B se mostra mais disponível em solo de textura arenosa, o que o torna mais lixiviável em períodos chuvosos, no entanto, sintomas de carência têm sido relatados com maior frequência em anos secos. Em consequência, culturas exigentes em boro, como é considerada a do algodoeiro (Eaton, 1932) estarão mais sujeitas à deficiência desse elemento nos solos arenosos (Carvalho, 1980).

2.4.4. Teor de matéria orgânica do solo

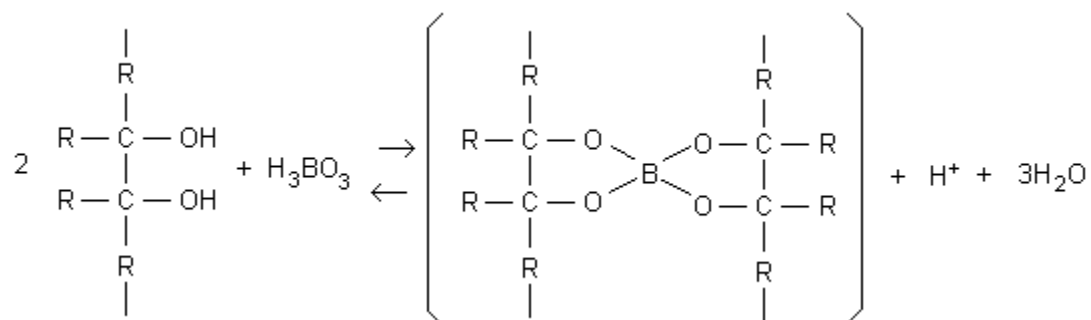
A matéria orgânica é um importante constituinte do solo que também afeta a disponibilidade do B (Goldberg, 1997), sendo referida por vários autores como importante fonte de boro no solo (Malavolta, 1980; Silva et al., 1991; Silva & Carvalho, 1994; Goldberg, 1997; Oosterhuis, 2001).

Embora a importância da matéria orgânica na disponibilidade de B possa ser considerada sob o ponto de vista da mineralização e da adsorção, ela tem sido menos estudada que a dos outros constituintes do solo (Gutterres, 1986).

Correlações positivas e significativas entre o teor de boro solúvel em água quente e o de matéria orgânica, foram obtidas por Brasil Sobrinho (1965) em sete grandes grupos de solo do Estado de São Paulo, e por Horowitz & Dantas (1973) em solos da Zona Litoral-Mata de Pernambuco.

À semelhança do que ocorre com os componentes inorgânicos, a complexação de B pela matéria orgânica constitui uma reserva que libera ou retém o elemento, de acordo com as alterações no equilíbrio químico (Gutterres, 1986). A matéria orgânica, por meio de grupos hidroxila e carboxílicos ácidos, também pode adsorver íons borato na forma trocável e na forma complexada como mono-quelatos e bi-quelatos com grupos diol (alcoólicos ou fenólicos) (Yermiyaho et al., 1988).

De acordo com Parks & White (1952) a matéria orgânica do solo concorre para a complexação do B pela formação de compostos organoborados, conforme a reação:



Os autores postularam que esse tipo de adsorção torna o B indisponível temporariamente, protegendo-o da lixiviação e liberando-o com a continuidade da atividade microbológica, evidenciando-se, desse modo, a importância da matéria orgânica na manutenção da concentração de equilíbrio através da adsorção.

2.4.5. Umidade do solo

O teor de água no solo é outro fator importante para a disponibilidade de B que, geralmente, diminui em solos secos aumentando a probabilidade de deficiência de B em plantas (Raij, 1991). De acordo com Carvalho (1980) a influência da umidade do solo sobre a disponibilidade de boro para o algodoeiro está estreitamente relacionada a outros fatores do solo, tais como textura e taxa de decomposição da matéria orgânica.

Segundo Dantas (1991) o efeito da umidade não está devidamente compreendido, tendo sido formuladas hipóteses envolvendo o sistema solo-água-planta para explicá-lo, destacando-se as seguintes: a) devido à deficiência de umidade, a mineralização da matéria orgânica é dificultada, ficando a liberação do boro reduzida a índices quase zero; b) decréscimo na quantidade de água no solo corresponde à diminuição no teor de boro prontamente disponível; c) devido ao dessecamento, o boro pode ser fortemente fixado pelo solo; d) há dificuldade da planta em absorver o boro, em virtude da deficiência de umidade; e) em razão das condições de seca, há redução do crescimento do sistema radicular, induzindo a menor exploração do volume do solo, com conseqüente redução na absorção do boro pela planta.

De acordo com Keren & Mezuman (1981) a diminuição do teor de água no solo reduz a adsorção do B às argilas e os ciclos de umedecimento e secagem aumentam a fixação do B com maior aumento ocorrendo durante o primeiro ciclo.

2.4.6. Compostos de ferro e alumínio

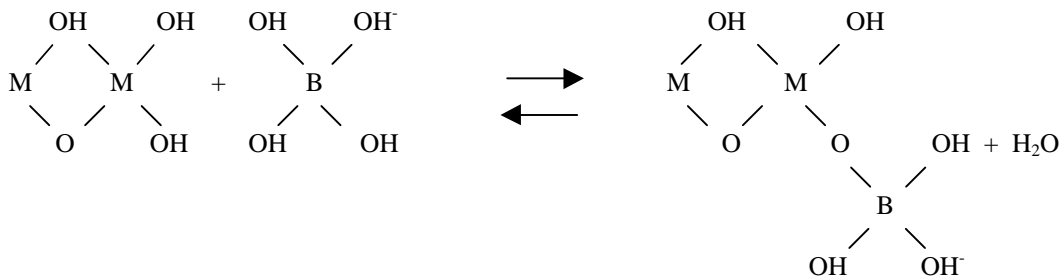
Os óxidos de Fe e Al exercem importante papel na adsorção de B nos solos (Elrashidi & O'Connor, 1982). O processo de adsorção de B aos óxidos de Fe e Al nas superfícies reativas dos grupos hidroxilas é considerado reversível, sendo importante para a manutenção da atividade deste elemento na solução do solo (Goldberg et al., 1993; Goldberg, 1997).

A adsorção de boro pelos óxidos de Fe e Al, é afetada, entre outros fatores, pelo pH (Sims & Bingman, 1968b) ocorrendo um valor máximo na faixa de pH de 9,0 a 11,0. A explicação pode ser a competição entre hidroxilas e borato e/ou o aumento de cargas negativas na superfície das partículas adsorventes, que passam a repelir os ânions $B(OH)_4^-$.

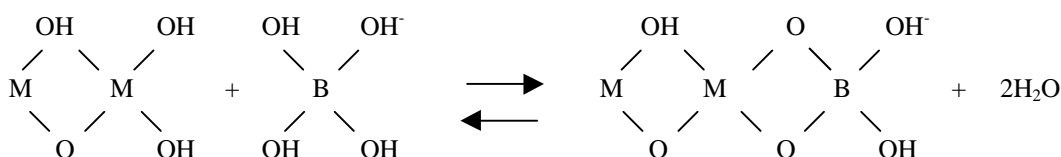
Sims & Bingman (1967, 1968a, 1968b) estudaram detalhadamente a adsorção de B em sistemas puros de óxidos recentemente precipitados, argilominerais e solos. Estes autores observaram que a afinidade do B pela superfície dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, foi dependente do pH com adsorção máxima ocorrendo em torno de pH 9,0 para os de ferro e de pH 7,0 para os de alumínio, e que a capacidade de adsorção das argilas é devida principalmente à presença de óxidos e hidróxidos de Fe e Al nas intercamadas, cobrindo partículas individuais, ou como impurezas. Constatou-se ainda, que o hidróxido de alumínio retém maiores quantidades de boro que o de ferro, o que se deve à maior ocorrência de hidroxilas no hidróxido de alumínio, comparado com o hidróxido de ferro, que se apresenta sob a forma de óxido parcialmente hidratado ($FeOOH$) ou como óxido hidratado ($Fe_2O_3 \cdot n H_2O$).

Sims & Bingman (1968a) sugerem duas possíveis reações dependente de pH para a adsorção de B pelos minerais:

(i) borato seria trocado por OH^- da superfície do óxido.



(ii) borato seria ligado ao hidróxido de alumínio de maneira análoga à ligação diol proposta para matéria orgânica.



2.5. Variação genotípica na eficiência de utilização do boro

A eficiência nutricional, de modo geral, tem sido definida como a habilidade de um genótipo crescer e produzir bem em solos considerados deficientes para um genótipo padrão (Graham, 1984).

Os programas de melhoramento para introdução de genótipos de uma determinada espécie em uma área devem, em relação à eficiência de utilização de B, eliminar aqueles menos eficientes e identificar aqueles que podem ser mais eficientes (Rerkasem, 2002). Além disso, para B é geralmente o germoplasma recém-introduzido que é afetado adversamente pela deficiência, enquanto genótipos estabelecidos anteriormente não o são (Srivastava et al, 2000).

Em muitas espécies cultivadas, o crescimento de genótipos em um mesmo tipo de solo pode ser diferentemente afetado pela deficiência de B (Rerkasem, 2002). Tal variação genotípica na resposta à carência de B tem sido relatada em monocotiledôneas e dicotiledôneas, plantas herbáceas e árvores, culturas de campo, hortaliças, frutíferas e espécies lenhosas (Rerkasem & Jamjod, 1997).

Muitos autores, como Xue et al. (1998) e Stangoulis et al. (2000) têm avaliado com êxito genótipos eficientes em B baseado simplesmente, em sua performance em condições de baixo suprimento de B e sua performance em condições de suficiência. Parece que a eficiência na utilização de B poderia ser definida também sem referência aos genótipos padrões, como estes autores têm feito, ou com genótipos padrões que podem ser tanto mais eficientes ou ineficientes na utilização de B, ou de preferência ambos (Rerkasem, 2002).

De acordo com Rerkasem & Jamjod (1997) um genótipo pode ser eficiente ou ineficiente em razão da habilidade em adquirir o B do solo e a maneira como o B é distribuído e utilizado dentro da planta. O mecanismo para eficiência de utilização de B pode diferir com os genótipos inicialmente comparados e com a intensidade da deficiência. Os mecanismos de eficiência podem também variar entre diferentes espécies. Além disso, um aspecto que dificulta a explicação dos mecanismos de eficiência de utilização de B é que alguns aspectos cruciais da fisiologia do B foram esclarecidos apenas recentemente (Rerkasem & Jamjod, 1997). Os mais notáveis são o papel do B na parede celular (Matoh, 1997), sua mobilidade no floema e seu potencial de remobilização (Brown & Shelp, 1997).

A diversidade genética na eficiência de utilização de B pode significar a diferença entre fracasso completo da cultura e produção normal em algumas espécies cultivadas (Rerkasem & Jamjod, 1997). A seleção de genótipos eficientes na utilização de B oferece,

portanto, uma maneira simples pela qual pode-se evitar redução na produtividade e conseqüentemente perda econômica, especialmente naqueles cultivos nos quais a aplicação de fertilizantes boratados não é possível por alguma razão (Rerkasem, 2002).

2.6. Adubação boratada no algodoeiro herbáceo

O cultivo intensivo de solos considerados “de cerrados”, em São Paulo, fez com que se destacasse a importância da adubação boratada no algodoeiro (Carvalho et al., 1996). No primeiro trabalho com B em algodoeiro realizado no Brasil, McClung et al. (1961) observaram que a retirada do B (2 kg ha^{-1}) da mistura de adubos minerais em dois ensaios conduzidos em meados de 1960, fez cair abruptamente a produtividade desta cultura. Em outros 3 experimentos, a inclusão de B (2 kg ha^{-1}) e Zn (3 kg ha^{-1}) associados, na adubação mineral, proporcionou aumentos consideráveis na produção das plantas (Mikkelsen et al., 1963). Em tais situações, foram encontrados sintomas típicos de carência de B no algodoeiro, anomalia esta confirmada pelos baixos teores de B nas plantas (Costa et al., 1976).

De acordo com Silva & Carvalho (1994) não é de se estranhar que respostas do algodoeiro à adubação boratada, assim como as primeiras constatações de deficiência nutricional, tenham ocorrido em plantas cultivadas em solos considerados “de cerrados”. Além do baixo teor de matéria orgânica, tais solos se caracterizam pela textura arenosa, mais sujeitos, portanto, à perda do micronutriente por lixiviação. Acrescenta-se a isto, a necessidade do uso intensivo de calcário e de adubos NPK em glebas de baixa fertilidade natural, fato freqüentemente apontado, também, como incentivador da necessidade da adição de B para a cultura do algodão. O algodoeiro tem respondido à aplicação de boro principalmente em solos arenosos, com pouca matéria orgânica, com pH corrigido e bem adubado com nitrogênio, fósforo e potássio (Rosolem et al., 2001).

Coleman (1945) relata resultados obtidos em condições de campo em que se observou aumento médio de 150 kg ha^{-1} de algodão em caroço devido à aplicação, a lanço, de aproximadamente $1,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de bórax. Wear (1957) aplicando no sulco de semeadura $0,63 \text{ kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de boro, durante cinco anos, obteve um aumento médio de 152 kg ha^{-1} de algodão em caroço. Anderson & Boswell (1968) utilizando doses de $0,45$ e $0,89 \text{ kg ha}^{-1}$ de boro aplicado a lanço em faixas laterais, 20 a 30 dias após a emergência das plantas, obtiveram acréscimo máximo de 150 kg ha^{-1} de algodão em caroço. Fritz (1971) em ensaio de campo observou efeito significativo da adubação boratada onde o maior aumento de

produção, da ordem de 398 kg ha⁻¹ de algodão em caroço, foi devido à dose de 1,43 kg ha⁻¹ de B. Murphy & Lancaster (1971) demonstraram que a aplicação de B sobre o solo foi tão efetiva quanto a aplicação no sulco (0,3 a 1,1 kg ha⁻¹ de B), enquanto que Smithson (1972) efetuando 5 pulverizações foliares de 1,4 kg ha⁻¹ de bórax a intervalos semanais durante o florescimento, obteve aumento médio de 436 kg ha⁻¹ de algodão em caroço.

No Brasil, Carvalho (1980) aplicando doses de 0,75 a 2,25 kg ha⁻¹ de B, na ausência de calcário, constataram acréscimo médio de 373 kg ha⁻¹ de algodão em caroço, enquanto na presença (3 a 6 t.ha⁻¹ de calcário) os acréscimos variaram de 540 a 1.280 kg ha⁻¹, observando-se efeito positivo da interação entre doses de B e calagem. Por sua vez, Silva et al. (1982) aplicando doses de 0,5 a 2,0 kg ha⁻¹ de B, no sulco de plantio, obtiveram aumento médio de produtividade da ordem de 670 kg ha⁻¹ de algodão em caroço. Por outro lado, Carvalho et al. (1996) trabalhando em solo deficiente em boro, observaram aumentos sensíveis da produtividade do algodoeiro, aplicando boro em cobertura no solo (+ 493 kg ha⁻¹ de algodão em caroço), ou em pulverizações foliares (+ 380 kg ha⁻¹).

Carvalho (1988) cita cerca de catorze trabalhos que relatam efeito significativo da adubação boratada no algodoeiro cultivado em condições de campo sendo que apenas alguns desses ensaios foram repetidos em diferentes glebas e anos agrícolas. Segundo Silva et al. (1995b) são mais encontradas na literatura referências à não resposta do algodoeiro ao B do que referências com efeitos positivos do seu uso.

Sedberry Jr. et al. (1969), por exemplo, aplicando 1,1 kg ha⁻¹ de B em 59 ensaios de campo, nos EUA, observaram resultados positivos em apenas 3 casos, enquanto em 9 deles ocorreram decréscimos de produção. Fritz (1971) por sua vez, usando doses variáveis de 0,17 a 2,86 kg ha⁻¹ de B, em 7 ensaios, na África, obteve efeito positivo e significativo em apenas dois. Murphy & Lancaster (1971) aplicando boro em algodão cultivado sobre solos corrigidos no Mississippi, conseguiram resultados positivos e significativos em 3 dos 6 ensaios. Já Silva et al. (1991) aplicando doses crescentes de 0,2 a 3,2 kg ha⁻¹ de B, constataram significância estatística em apenas 3 dos 15 experimentos.

Sabendo-se que o limite entre a deficiência e a toxicidade de boro no algodoeiro é estreito, é necessário ter cuidados especiais na aplicação de fertilizantes contendo boro (Oosterhuis, 2001), pois o excesso de B é tão grave quanto sua falta.

2.7. Sintomas de deficiência e toxicidade de boro em algodoeiro herbáceo

Em condições severas de deficiência de boro em algodoeiro observa-se, sobretudo, que o crescimento do ramo principal é bloqueado, com possível morte da gema terminal, e que os internódios ficam mais curtos, causando superbrotamento em nós frequentemente intumescidos, o que resulta em plantas de porte pequeno, muito ramificadas e improdutivas, que retêm persistentemente a folhagem (Silva et al., 1979). De acordo com Silva & Carvalho (1982) se o teor de boro no solo for muito baixo, podem aparecer sintomas de falta do elemento logo após a emergência das plantas. O crescimento inicial é lento, e as folhas cotiledonares apresentam-se espessas e enrugadas.

Quando a deficiência não é tão severa, os sintomas manifestam-se a partir do florescimento (Rosolem et al., 2001). No início do florescimento do algodoeiro em solo deficiente surgem plantas com ponteiros cloróticos e folhas novas disformes com limbos enrugados. Os botões florais apresentam-se levemente deformados, as brácteas são cloróticas e podem envolver totalmente a corola atrofiada, enquanto as pétalas crescem menos, dobram as extremidades para dentro e apresentam manchas pardas na face interna. Os grãos de pólen ocorrem em número menor que o normal e apresentam, também, escurecimento disperso. O “baixeiro” das plantas, no entanto, tem coloração verde normal em contraste nítido com a clorose do “ponteiro” (Silva et al., 1995a).

Segundo Gridi-Papp et al. (1992), a deficiência de B manifesta-se frequentemente por ocasião do florescimento, como uma leve deformação dos botões florais, clorose das sépalas e pétalas atrofiadas, enrugadas, tendo as extremidades torcidas para dentro e manchadas de pardo. As flores apresentam abertura deficiente e podem cair, sem frutificar. Os frutos geralmente são menores, disformes, às vezes com descoloração interna na base. O “ponteiro” das plantas torna-se clorótico, atrofiado com internódios curtos e tendência a crescimento do caule em ziguezague e superbrotamento. Surgem anéis concêntricos escuros, salientes e pilosos nos pecíolos e nas hastes, com escurecimento interno respectivo. Podem ocorrer engrossamento e rachadura dos nós; em casos extremos, as gemas apicais morrem. As plantas produzem pouco e têm seu ciclo prolongado.

Dependendo da severidade da deficiência, o crescimento é paralisado (Silva & Carvalho, 1982; Quaggio et al., 1991). Rosolem & Bastos (1997) demonstraram que o crescimento do algodoeiro foi interrompido quando as plantas foram transferidas para solução nutritiva sem boro.

Prahma et al. (2001) verificaram aos 21 dias após a emergência que as plantas de algodão que cresceram em solo deficiente em B desenvolveram pigmentos escuros nas folhas, e que não houve a formação de frutos quando a deficiência foi severa. Nas plantas mais desenvolvidas do tratamento sem boro, surgem anéis concêntricos escuros, intercalados com partes normais do pecíolo da folha (Silva et al., 1979; Rosolem & Bastos, 1997; Oosterhuis et al., 2001; Zhao & Oosterhuis, 2001).

Em condições de campo, plantas deficientes em B podem ficar mais altas que as não deficientes (Carvalho, 1980) em razão da queda de estruturas reprodutivas. Entretanto, Rosolem & Bastos (1997) cultivando algodão IAC 22 em solução nutritiva sem B, notaram diminuição na altura da planta. A altura da planta é menor, em função do menor número de nós (Rosolem & Bastos, 1997; Rosolem et al., 1999).

Para Silva (1999) como o problema ocorre em manchas na lavoura, a colheita mecânica é prejudicada. A adubação adequada corrige essa desuniformidade, aumenta o peso de capulhos e a produção, mas interfere pouco nas outras características. Em casos especiais, no entanto, constatou-se aumento no peso de sementes, melhoria no comprimento da fibra e diminuição do índice Micronaire.

Por outro lado, o boro em excesso causa toxicidade, caracterizada por crestamento das folhas velhas, entre as nervuras, com manchas amareladas (Gridi-Papp et al., 1992).

Silva et al. (1979), em estudo de casa-de-vegetação, observaram, como sintoma de toxicidade, clorose marginal e internerval do cotilédone e/ou da folha verdadeira, que evoluiu ou não para necrose do tecido, permanecendo as nervuras com coloração verde normal. A parte necrosada pela toxicidade é de coloração amarelado intenso, sendo que as folhas secas se apresentam muito quebradiças ao tato, vindo a cair rapidamente. Os mesmos autores descreveram sintomas de toxicidade na planta com a aplicação de doses superiores a 3,0 kg ha⁻¹ de B. Carvalho (1980) e Silva et al. (1982, 1991), trabalhando em condições de campo com doses superiores a 1,5 kg ha⁻¹ de B, também observaram efeitos depressivos da adubação boratada.

Para Silva (1999) o sintoma mais comum de toxidez corresponde a um crestamento das bordas das primeiras folhas e a atraso no desenvolvimento inicial das plantas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento e solo

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação do Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNPA) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), localizado no município de Campina Grande, PB. O centro está inserido na mesorregião do Agreste Paraibano e na microrregião de Campina Grande, que tem como coordenadas geográficas, 07°13'50" de latitude sul, 35°52'52" de longitude oeste e altitude de 551 m.

Utilizou-se no experimento solo proveniente do município de Touros, RN, coletado de uma área de cultivo com algodão em regime de irrigação, pertencente à Embrapa Algodão. O solo dessa área é de textura arenosa e por ser irrigado, mais sujeito, portanto a perda de boro por lixiviação apresenta maior probabilidade de resposta a esse micronutriente, justificando a sua escolha para a realização do presente trabalho.

3.2. Delineamento experimental

Os tratamentos corresponderam ao arranjo fatorial 6 x 5, correspondendo a seis doses de boro (0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 3,0 mg dm⁻³) e a cinco cultivares de algodoeiro (CNPA 8H, BRS Aroeira, BRS Antares, BRS Ipê e BRS Sucupira), sendo tais cultivares escolhidas, pois são atualmente indicadas pela Embrapa no cultivo nas regiões Centro-Oeste e Nordeste brasileiro. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 3 repetições.

3.3. Semeadura, desbaste e irrigação

Utilizaram-se 90 vasos de plástico com 7 dm³ de solo em cada, identificados e revestidos internamente com sacos plásticos. A semeadura, no solo já corrigido, foi feita no dia 02 de novembro de 2001, com 8 sementes por vaso, sendo os vasos distribuídos aleatoriamente na casa-de-vegetação e, em seguida, feita a primeira irrigação. O desbaste foi efetuado 7 dias após a semeadura, deixando-se 3 plantas por vaso.

O controle da umidade do solo foi feito pelo método das pesagens, de acordo com as necessidades das plantas. Fez-se uma irrigação inicial no dia do plantio, deixando-se o solo na capacidade de campo, onde todos os vasos foram pesados anotando-se os respectivos valores; a partir daí, as irrigações futuras foram baseadas nas diferenças entre esses valores e aqueles obtidos pelas novas pesagens dos vasos no momento de irrigar. Utilizou-se durante a condução do experimento água de chuva com concentração de B < 0,002 mg.L⁻¹.

3.4. Controle de pragas e doenças

As sementes de algodão foram tratadas com fungicidas à base de benomyl (Benlate 500) para evitar a doença conhecida por tombamento, cujos principais agentes são: *Colletotrichum gossypii*, *Fusarium spp.* e *Rhizoctonia solani*.

O controle de pulgão verde (*Myzus persicae*), pulgão do algodoeiro (*Aphis gossypii*), tripses (*Thrips tabaci*), ácaro rajado (*Tetranychus urticae*) e largata da maçã (*Heliothis virescens*) foi feito com aplicação de inseticida a base de monocrotophos (Agrophos 400). Já o controle da mosca branca (*Bemisia spp.*) foi feito a base de buprofezin (Applaud 250).

Todos os produtos foram usados seguindo-se as dosagens recomendadas para a cultura do algodão, com a preocupação de se usar composições isentas de boro, evitando-se possíveis contaminações no solo e na planta.

3.5. Aplicação dos tratamentos e adubação do solo

No dia do plantio, o solo recebeu as doses 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 3,0 mg dm⁻³ de B na forma de H₃BO₃. As doses, aplicadas em solução, foram adicionadas e misturadas em todo o volume de solo no vaso. Adicionalmente, realizou-se uma adubação (Quadro 1) comum a todos os tratamentos. Na adubação com nitrogênio houve um parcelamento da dose recomendada, sendo um terço aplicado por ocasião da semeadura e dois terços 30 dias depois.

Quadro 1. Nutrientes, fontes e doses aplicadas via solução nutritiva.

Nutriente	Fonte	Dose (mg/kg)
N	NH ₄ H ₂ PO ₄	100
P	NH ₄ H ₂ PO ₄	300
K	KH ₂ PO ₄	150
S	K ₂ SO ₄	40
Cu	CuSO ₄ .5H ₂ O	1,33
Fe	FeCl ₃ .6H ₂ O	1,55
Mn	MnCl ₂ .4H ₂ O	3,66
Mo	NaMoO ₄ .2H ₂ O	0,15
Zn	ZnSO ₄ .7H ₂ O	4,00

1. Aplicou-se 100 ml da solução para cada 3 kg de solo
Fonte: Novais et al. (1991)

3.6. Análise do solo

3.6.1. Análises químicas e físicas do solo para sua caracterização inicial

Antes da implantação do experimento, o solo foi seco ao ar, passado através de peneira com 2 mm de diâmetro de malha, homogeneizado, sendo coletado aproximadamente 0,5 kg de solo que foi encaminhado ao laboratório para realização das análises químicas e físicas (Quadros 2 e 3).

As determinações químicas do solo foram processadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, da Embrapa Algodão, com exceção dos micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn e B) que foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba na cidade de Areia, PB.

As análises químicas do solo constaram de: pH em água, P, K, Na, Ca, Mg, Al, H+Al, matéria orgânica, Fe, Cu, Mn e Zn (Quadro 2) e foram realizadas de acordo com

Quadro 2. Características químicas do solo utilizado no experimento.

pH*	P	K	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al ³⁺	Al ³⁺	SB ¹	T ²	T ³	V ⁴	m ⁵	M.O.	Fe	Cu	Mn	Zn	B
	---mg.dm ⁻³ ---		-----cmol _c .dm ⁻³ -----								-----%-----	g.dm ⁻³		-----mg.dm ⁻³ -----				
5,3	2,39	19,41	0,01	0,48	0,42	1,54	0,13	0,96	1,09	2,50	38,40	11,93	6,81	5,60	0,33	15,40	0,70	0,33
am	mb	b	b	b	b	b	Mb	b	B	b	b	mb	mb	mb	mb	a	b	b

*Determinado em água; 1. Soma de Bases (SB); 2. CTC efetiva (t); 3. CTC a pH 7,0 (T); 4. Saturação por Base (V%); 5. Saturação por Alumínio (m%)
am - acidez média; mb - muito baixo; b - baixo; a - alto; classificação segundo Alvarez V. et al. (1999).

Quadro 3. Características físicas do solo utilizado no experimento.

Granulometria				Argila Dispersa em Água	Grau de Flocculação	Densidade		Água no Solo			Classificação Textural do Solo
Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila			Solo	Partículas	CC	PMP	Água Disponível	
-----%-----						-----g.cm ⁻³ -----		-----%-----			
46,4	42,0	4,4	7,2	0	100	1,40	2,68	7,2	3,4	3,8	Arenosa

CC - Capacidade de Campo

PMP - Ponto de Murcha Permanente

EMBRAPA (1997). O boro foi extraído com água quente e determinado por colorimetria com curcumina (Tedesco et al., 1995).

As determinações físicas do solo (Quadro 3) foram processadas, conforme EMBRAPA (1997), no Laboratório de Física do Solo, da Embrapa Algodão, e constaram de: análise granulométrica; argila dispersa em água e grau de floculação; densidade de solo e de partículas; capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP).

3.6.2. Teor de B no solo ao final do experimento

Ao final do experimento foi coletado uma amostra de solo de cada vaso e enviada ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba na cidade de Areia, PB, para a determinação do teor de B. O boro foi extraído com água quente e determinado por colorimetria com curcumina (Tedesco et al., 1995).

3.7. Análise do tecido vegetal

Para a análise do tecido vegetal, aos 80 dias depois da semeadura, coletou-se a 5ª folha a partir do ápice da haste, sendo esta analisada para determinação de B em tecido vegetal. No laboratório, as amostras de folhas foram secas em estufa com circulação de ar a 65-70 °C. Em seguida, a matéria seca foi moída em moinho tipo Willey com peneira de 20 mesh (1,0 mm) dotado de partes de aço inoxidável, especial para trabalhos com micronutrientes sendo, posteriormente, armazenada em sacos plásticos até o momento das determinações químicas. A partir das amostras moídas foram retiradas as subamostras, com as quais foram preparados os extratos para as determinações de B conforme Tedesco et al. (1995). A extração do B em tecido vegetal foi feita após calcinação por queima em forno com posterior determinação por colorimetria com azometina-H.

3.8. Avaliações de características das plantas

Aos 30, 60 e 90 dias depois da semeadura foi cortada uma planta por vaso, na altura do coleto. Estas foram secas em estufa com temperatura controlada (65-70 °C) até peso constante, determinando-se o peso da matéria seca da parte aérea das diferentes cultivares de algodoeiro.

Aos 90 dias depois da semeadura avaliaram-se a altura das plantas, a altura de inserção do primeiro ramo frutífero, o diâmetro do caule a 1 cm de altura do solo e a área foliar. A área foliar (Y , cm^2) foi determinada conforme recomenda Wendt (1967), a partir do comprimento longitudinal das folhas (X , cm) e usando a equação:

$$\log Y = 0,045 + 1,910 \log X; (R^2 = 0,98)$$

Aos 90 dias depois da semeadura também foram feitas as contagens do número de botões florais por planta, número de flores por planta e número de frutos por planta, do número de ramos vegetativos e reprodutivos por planta, do número de estruturas reprodutivas (botões florais, flores e frutos) que sofreram abscisão por planta. Foram contados, também, o número de dias decorridos entre a semeadura e a abertura da primeira flor para as cultivares estudadas.

Os dados foram submetidos à análise de variância desdobrando-se os graus de liberdade da interação cultivar x dose de B, independentemente de sua significância, de modo a estudar, por meio de equações de regressão, o efeito do B dentro de cada cultivar. Foram ajustados modelos linear, quadrático, cúbico e quadrático base raiz, escolhendo-se dentre aquele cujos coeficientes fossem significativos até o nível de 10% de probabilidade o de maior coeficiente de determinação (R^2). O teste dos coeficientes baseou-se no quadrado médio do resíduo da análise de variância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teores de boro no solo

Os teores de B no solo foram influenciados significativamente ($p < 0,01$) pela dose de B adicionada. Os teores médios de B no solo variaram de 0,47 a 1,04 mg dm^{-3} para cultivar CNPA 8H; 0,66 a 1,24 mg dm^{-3} para BRS Aroeira; 0,79 a 1,28 mg dm^{-3} para BRS Antares; 0,48 a 1,21 mg dm^{-3} para BRS Ipê e 0,46 a 0,97 mg dm^{-3} para BRS Sucupira (Quadro 4).

Observa-se pelas equações de regressão (Quadro 5) que houve ajuste linear e positivo entre os teores de B no solo e as doses de B aplicadas para as cultivares BRS Aroeira, BRS Antares e BRS Sucupira. Já para as cultivares CNPA 8H e BRS Ipê ocorreu ajuste quadrático e quadrático base raiz, respectivamente. A derivada da equação de regressão para teores de B no solo da cultivar CNPA 8H mostrou 0,99 mg dm^{-3} como ponto de máximo e 1,83 mg dm^{-3} como seu respectivo valor para dose de B aplicada.

Vale ressaltar que, para o tratamento não adubado com B, os teores médios no solo variaram de 0,46 a 1,21 mg dm^{-3} , com 0,46 mg dm^{-3} para BRS Sucupira, 0,47 mg dm^{-3} para CNPA 8H, 0,66 mg dm^{-3} para BRS Aroeira, 0,91 mg dm^{-3} para BRS Antares e 1,21 mg dm^{-3} para BRS Ipê (Quadro 4). Os teores observados nos solos onde cresceram as cultivares BRS Sucupira e CNPA 8H situam-se na classe de disponibilidade média (0,4-0,6 mg dm^{-3}) e os demais se encontram acima do nível crítico (0,6 mg dm^{-3}) estabelecido por Silva & Carvalho (1994) e Alvarez V. et al. (1999), indicando que mesmo as plantas cultivadas em solo não adubado com B, cresceram em um ambiente com teor adequado deste nutriente.

Quadro 4. Teores de boro no solo, altura de plantas, altura de inserção do primeiro ramo frutífero e diâmetro caulinar de cultivares de algodoeiro em função de doses de boro aplicadas ao solo (média de 3 repetições).

Dose de boro	Teor de B no solo*	Altura de plantas	Alt. de inserção do 1º ramo frutífero	Diâmetro caulinar
	-----mg dm ⁻³ -----		-----cm-----	
CNPA 8H				
0,0	0,47 (0,14)	69,33 (7,33)	30,33 (3,81)	0,83 (0,02)
0,5	0,72 (0,10)	83,00 (3,51)	34,00 (1,76)	0,89 (0,03)
1,0	0,81 (0,24)	76,33 (5,70)	34,33 (1,69)	0,83 (0,04)
1,5	1,04 (0,18)	81,00 (7,57)	32,83 (5,07)	0,81 (0,06)
2,0	0,94 (0,34)	72,17 (8,30)	31,83 (3,56)	0,90 (0,04)
3,0	0,77 (0,10)	78,00 (4,73)	32,33 (2,33)	0,82 (0,03)
Média	0,79 a	76,6 ab	32,6 ab	0,85 a
BRS Aroeira				
0,0	0,66 (0,12)	70,33 (5,04)	34,33 (2,74)	0,82 (0,05)
0,5	0,83 (0,09)	67,50 (1,32)	34,17 (2,46)	0,87 (0,07)
1,0	1,12 (0,22)	73,33 (6,74)	32,50 (3,51)	0,80 (0,03)
1,5	0,98 (0,23)	72,00 (3,00)	30,33 (0,88)	0,82 (0,03)
2,0	1,02 (0,06)	74,33 (2,33)	33,00 (1,00)	0,82 (0,02)
3,0	1,24 (0,19)	82,33 (4,84)	35,33 (4,10)	0,88 (0,04)
Média	0,97 a	73,3 ab	33,3 ab	0,83 a
BRS Antares				
0,0	0,91 (0,08)	70,83 (4,95)	27,67 (2,91)	0,89 (0,01)
0,5	0,79 (0,16)	73,33 (5,93)	30,17 (1,69)	0,83 (0,02)
1,0	0,84 (0,07)	84,33 (7,36)	33,17 (1,17)	0,90 (0,03)
1,5	0,84 (0,04)	81,33 (7,75)	34,67 (3,18)	0,87 (0,03)
2,0	1,27 (0,22)	85,33 (1,76)	31,00 (3,55)	0,83 (0,03)
3,0	1,28 (0,28)	85,00 (7,23)	36,33 (4,91)	0,93 (0,11)
Média	0,99 a	80,0 a	32,2 ab	0,87 a
BRS Ipê				
0,0	1,21 (0,24)	69,67 (1,76)	32,00 (0,00)	0,80 (0,02)
0,5	0,48 (0,01)	77,50 (3,55)	27,00 (0,87)	0,88 (0,01)
1,0	0,99 (0,10)	70,83 (0,44)	32,50 (1,50)	0,84 (0,08)
1,5	0,79 (0,08)	66,00 (4,62)	30,83 (1,36)	0,83 (0,01)
2,0	0,96 (0,09)	66,67 (6,23)	33,67 (2,03)	0,84 (0,01)
3,0	1,15 (0,15)	69,00 (7,01)	33,50 (3,25)	0,87 (0,09)
Média	0,93 a	69,9 b	31,6 b	0,84 a
BRS Sucupira				
0,0	0,46 (0,10)	66,33 (6,33)	32,33 (1,33)	0,81 (0,06)
0,5	0,73 (0,10)	80,00 (3,61)	36,00 (2,18)	0,84 (0,07)
1,0	0,84 (0,03)	72,33 (1,86)	34,67 (3,09)	0,77 (0,01)
1,5	0,97 (0,20)	74,83 (4,09)	33,00 (2,18)	0,89 (0,01)
2,0	0,83 (0,10)	81,50 (2,02)	40,33 (4,64)	0,88 (0,05)
3,0	0,88 (0,10)	81,67 (4,26)	41,33 (2,85)	0,81 (0,04)
Média	0,78 a	76,1 ab	36,3 a	0,83 a

* Valores entre parênteses representam o erro padrão da média.

Na mesma coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Quadro 5. Equações de regressão para teores de boro no solo, altura de plantas, altura de inserção do primeiro ramo frutífero e diâmetro caulinar de cultivares de algodoeiro em função de doses de boro aplicadas ao solo.

Cultivar	Equação	R ²
Teor de B no solo (mg dm⁻³)		
CNPA 8H	$\hat{y} = 0,47 + 0,553848 B - 0,1509524^* B^2$	0,993
BRS Aroeira	$\hat{y} = 0,75 + 0,1668572^* B$	0,744
BRS Antares	$\hat{y} = 0,77 + 0,1671428^* B$	0,644
BRS Ipê	$\hat{y} = 1,16 - 1,0308 B + 0,608902^{\circ} B^{0,5}$	0,616
BRS Sucupira	$\hat{y} = 0,63 + 0,1171428^{\circ} B$	0,510
Altura de plantas (cm)		
CNPA 8H	$\hat{y} = \bar{y} = 76,6$	
BRS Aroeira	$\hat{y} = 67,8 + 4,167^{\circ} B$	0,799
BRS Antares	$\hat{y} = 73,5 + 4,8762^* B$	0,685
BRS Ipê	$\hat{y} = \bar{y} = 69,9$	
BRS Sucupira	$\hat{y} = 70,7 + 4,0619^{\circ} B$	0,516
Altura de inserção do primeiro ramo frutífero (cm)		
CNPA 8H	$\hat{y} = \bar{y} = 32,6$	
BRS Aroeira	$\hat{y} = \bar{y} = 33,3$	
BRS Antares	$\hat{y} = 29,0 + 2,38572^* B$	0,661
BRS Ipê	$\hat{y} = \bar{y} = 31,6$	
BRS Sucupira	$\hat{y} = 32,5 + 2,8472^* B$	0,666
Diâmetro caulinar (cm)		
CNPA 8H	$\hat{y} = \bar{y} = 0,85$	
BRS Aroeira	$\hat{y} = \bar{y} = 0,83$	
BRS Antares	$\hat{y} = \bar{y} = 0,88$	
BRS Ipê	$\hat{y} = \bar{y} = 0,84$	
BRS Sucupira	$\hat{y} = \bar{y} = 0,83$	

[°]: Significativo a 10% de probabilidade.

*: Significativo a 5% de probabilidade.

4.2. Alturas das plantas e da inserção do primeiro ramo frutífero e diâmetro caulinar

As alturas das plantas variaram de 69,3 a 83,0 cm para a cultivar CNPA 8H; 67,5 a 82,3 cm BRS Aroeira; 70,8 a 85,3 cm BRS Antares; 66,0 a 77,5 cm BRS Ipê e 66,3 a 81,7 cm BRS Sucupira (Quadro 4). De modo geral, as maiores alturas de inserção do primeiro ramo frutífero ocorreram nas cultivares que apresentaram plantas maiores, indicando a existência de uma relação positiva entre estas características.

A altura de inserção do primeiro ramo frutífero é características das cultivares de algodoeiro (Souza & Beltrão, 1999), mas pode ser alterada pelas condições ambientais. A adequação da altura do primeiro ramo frutífero é uma importante característica para a eficácia da colheita mecanizada a garantia de produto de alta qualidade (Souza, 1996).

Verifica-se pelas equações de regressão (Quadro 5) que houve ajuste linear e positivo entre as alturas de plantas e as doses de B aplicadas ao solo para as cultivares BRS Aroeira, BRS Antares e BRS Sucupira. As cultivares BRS Antares e BRS Sucupira apresentaram o mesmo comportamento para a altura de inserção do primeiro ramo frutífero. Para as cultivares CNPA 8H e BRS Ipê as doses de B não influenciaram essas duas variáveis estudadas.

Resultados encontrados por Rosolem & Bastos (1997) em experimento de casa de vegetação utilizando a cultivar IAC 22, constataram que a altura de plantas no tratamento sem aplicação do B foi menor do que naqueles que apresentavam este micronutriente. Já Carvalho (1980), em condições de campo, verificaram que plantas que não receberam adubação boratada apresentaram maior crescimento que as adubadas com esse elemento, em razão da queda de estruturas reprodutivas. Entretanto, de acordo com vários autores citados por Silva et al. (1979), quando a carência se agrava, ocorre o fenômeno inverso, ou seja, as plantas com deficiência se deformam e crescem menos do que as normais. Rosolem & Bastos (1997) e Rosolem et al. (1999) relatam que a altura da planta é menor em solo deficiente em boro, devido ao menor número de nós e do menor comprimento dos entrenós.

Furlani et al. (2001) relatam que o B é importante na divisão e alongação celular, ou seja, para o crescimento do vegetal, sendo fator determinante da produção. Rosolem & Costa (1999) observaram que a ausência de B na solução, mesmo que temporária, reduziu a altura de plantas e de inserção do primeiro ramo frutífero de algodoeiro.

A variável diâmetro do caule não foi influenciada pelas doses de B (Quadro 5). Resultados observados por Rosolem & Bastos (1997) em experimento de casa de vegetação utilizando a cultivar IAC 22, constataram que o diâmetro do caule em plantas cultivadas em solução nutritiva sem B não foi modificado. Entretanto, de acordo com Rosolem et al. (2001) como a deficiência de boro provoca queda de estruturas reprodutivas e torna as plantas pouco produtivas, há sobra de carboidratos, o que resulta em crescimento vegetativo vigoroso, desse modo, as plantas ficam mais altas e mais tardias do que as demais e podem apresentar caules mais espessos, engrossamento e rachaduras na região dos nós. Silva & Carvalho (1994) relatam o engrossamento do caule como um dos sinais de carência de boro na planta. Silva et al. (1982) trabalhando em condições de campo, em solo deficiente em boro, observou engrossamento do diâmetro do caule, o que não foi observado no presente trabalho.

4.3. Área foliar

Os valores médios de área foliar variaram de 2394 a 3509 cm² para a cultivar CNPA 8H; 1224 a 2912 cm² BRS Aroeira; 2443 a 3380 cm² BRS Antares; 2452 a 3060 cm² BRS Ipê e 1682 a 2562 cm² BRS Sucupira (Quadro 6), não apresentando, de modo geral, comportamento consistente em relação às doses de B aplicadas, apesar das equações de regressão (Quadro 7) terem mostrado ajustamento quadrático e cúbico para as cultivares BRS Aroeira e BRS Sucupira, respectivamente.

Esperava-se, entretanto, que o efeito do B na área foliar fosse mais evidente, uma vez que o B é necessário para a síntese de RNA, formação de ribossomos, síntese de proteínas, divisão e alongação celular (Marschner, 1995). Com a deficiência de B, esses processos fisiológicos são prejudicados, fazendo com que a formação dos tecidos seja também afetada, comprometendo o desenvolvimento do limbo foliar, responsável direto pela área foliar da planta (Malavolta et al., 1997).

4.4. Matéria seca da parte aérea

Os valores de matéria seca da parte aérea aos 90 dias depois da semeadura variaram de 23,3 a 33,9 g planta⁻¹ para a cultivar CNPA 8H; 20,1 a 29,1 g planta⁻¹ para BRS Aroeira; 27,3 a 31,6 g planta⁻¹ para BRS Antares; 25,1 a 38,4 g planta⁻¹ para BRS Ipê e 19,9 a 27,6 g planta⁻¹ para BRS Sucupira (Quadro 6).

Quadro 6. Área foliar e matéria seca da parte aérea aos 30, 60 e 90 dias depois da semeadura (dds) de cultivares de algodoeiro em função de doses de boro aplicadas ao solo (média de 3 repetições).

Dose de boro	Área foliar*	Matéria seca da parte aérea		
		30 dds	60 dds	90 dds
---mg dm ⁻³ ---	-----cm ² -----	-----g planta ⁻¹ -----		
CNPA 8H				
0,0	2394 (199)	2,80 (0,08)	13,83 (1,82)	23,3 (1,31)
0,5	3068 (243)	2,57 (0,26)	20,32 (6,41)	33,9 (2,90)
1,0	2675 (279)	2,54 (0,15)	15,22 (3,08)	27,9 (3,48)
1,5	2430 (47)	2,75 (0,58)	13,54 (1,61)	31,9 (4,60)
2,0	3509 (326)	3,21 (0,10)	14,63 (0,57)	32,2 (2,35)
3,0	2588 (107)	3,00 (0,24)	14,24 (3,31)	26,4 (1,96)
Média	2777 a	2,81 a	15,30 a	29,27 a
BRS Aroeira				
0,0	1836 (342)	2,24 (0,04)	14,15 (0,98)	22,0 (4,96)
0,5	2021 (121)	2,44 (0,52)	18,80 (1,47)	24,7 (2,03)
1,0	1976 (352)	2,59 (0,65)	19,36 (1,84)	23,2 (3,31)
1,5	1224 (60)	2,90 (0,28)	11,99 (1,33)	20,1 (4,81)
2,0	1990 (259)	2,48 (0,33)	15,62 (1,05)	22,8 (2,41)
3,0	2912 (168)	1,83 (0,25)	13,49 (1,66)	29,1 (4,99)
Média	1993 a	2,41 a	15,57 a	23,60 a
BRS Antares				
0,0	2443 (66)	2,65 (0,35)	14,21 (3,30)	27,3 (3,16)
0,5	2484 (207)	2,47 (0,12)	15,46 (0,34)	29,6 (3,55)
1,0	2788 (228)	1,92 (0,18)	14,18 (2,40)	30,7 (4,07)
1,5	3380 (375)	2,04 (0,06)	15,55 (1,55)	31,6 (3,14)
2,0	2769 (597)	2,66 (0,49)	11,73 (3,10)	29,6 (3,27)
3,0	2949 (526)	2,49 (0,48)	14,38 (2,55)	29,6 (8,15)
Média	2802 a	2,37 a	14,25 a	29,73 a
BRS Ipê				
0,0	2483 (335)	2,86 (0,10)	13,67 (1,07)	25,8 (2,93)
0,5	3060 (219)	2,12 (0,03)	9,00 (1,45)	38,4 (1,01)
1,0	2214 (255)	2,00 (0,36)	11,59 (1,43)	25,1 (1,30)
1,5	2452 (182)	2,44 (0,37)	13,31 (0,51)	26,0 (1,76)
2,0	2539 (402)	2,51 (0,52)	13,67 (3,31)	27,0 (4,74)
3,0	2096 (145)	2,93 (0,40)	14,51 (4,05)	25,4 (5,98)
Média	2474 a	2,48 a	12,62 a	27,95 a
BRS Sucupira				
0,0	2294 (145)	2,52 (0,11)	17,46 (3,59)	24,7 (6,27)
0,5	2144 (72)	2,22 (0,07)	12,01 (1,87)	23,3 (1,74)
1,0	1711 (194)	2,49 (0,19)	13,73 (2,05)	22,6 (2,58)
1,5	2562 (423)	2,67 (0,35)	12,91 (2,48)	27,6 (3,03)
2,0	2524 (335)	2,95 (0,21)	14,58 (0,53)	27,1 (3,85)
3,0	1682 (582)	2,70 (0,39)	11,99 (3,63)	19,9 (5,08)
Média	2152 a	2,59 a	13,78 a	24,20 a

* Valores entre parênteses representam o erro padrão da média.

Na mesma coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Quadro 7. Equações de regressão para área foliar e matéria seca da parte aérea aos 30, 60 e 90 dias depois da semeadura (dds) de cultivares de algodoeiro em função de doses de boro aplicadas ao solo.

Cultivar	Equação	R ²
Área foliar (cm²)		
CNPA 8H	$\hat{y} = \bar{y} = 2777$	
BRS Aroeira	$\hat{y} = 2042 - 718,878^* B + 330,630^* B^2$	0,690
BRS Antares	$\hat{y} = \bar{y} = 2802$	
BRS Ipê	$\hat{y} = \bar{y} = 2474$	
BRS Sucupira	$\hat{y} = 2346 - 1522,906 B + 1593,82 B^2 - 386,6744^* B^3$	0,731
Matéria seca da parte aérea aos 30 dds (g planta⁻¹)		
CNPA 8H	$\hat{y} = \bar{y} = 2,81$	
BRS Aroeira	$\hat{y} = 2,19 + 0,80305 B - 0,30746^* B^2$	0,901
BRS Antares	$\hat{y} = \bar{y} = 2,37$	
BRS Ipê	$\hat{y} = 2,84 - 1,76302 B + 1,06570^{\circ} B^{0,5}$	0,929
BRS Sucupira	$\hat{y} = \bar{y} = 2,59$	
Matéria seca da parte aérea aos 60 dds (g planta⁻¹)		
CNPA 8H	$\hat{y} = \bar{y} = 15,30$	
BRS Aroeira	$\hat{y} = \bar{y} = 15,57$	
BRS Antares	$\hat{y} = \bar{y} = 14,25$	
BRS Ipê	$\hat{y} = \bar{y} = 12,63$	
BRS Sucupira	$\hat{y} = \bar{y} = 13,78$	
Matéria seca da parte aérea aos 90 dds (g planta⁻¹)		
CNPA 8H	$\hat{y} = 23,57 + 17,1198 B - 8,74491^{\circ} B^{0,5}$	0,666
BRS Aroeira	$\hat{y} = \bar{y} = 23,65$	
BRS Antares	$\hat{y} = \bar{y} = 29,73$	
BRS Ipê	$\hat{y} = \bar{y} = 27,96$	
BRS Sucupira	$\hat{y} = \bar{y} = 24,19$	

^o: Significativo a 10% de probabilidade.

*: Significativo a 5% de probabilidade.

Observa-se que as equações quadráticas e quadrática base raiz foram as que apresentaram melhor ajuste para a produção de matéria seca da parte aérea aos 30 dds das cultivares BRS Aroeira e BRS Ipê, respectivamente (Quadro 7). Para a produção de matéria seca da parte aérea aos 60 e 90 dds não se ajustaram equações de regressão, exceto para a matéria seca da parte aérea aos 90 dds da cultivar CNPA 8H, que foi do tipo quadrática base raiz.

A falta de resposta, em termos de produção de matéria seca, para a maioria das cultivares, deveu-se aos altos teores de B naturalmente presentes no solo, ou seja, o B encontrado no solo já estava acima do nível crítico para o algodoeiro. Rosolem & Bastos (1997) conduzindo experimento em solução nutritiva observaram que a produção de matéria seca da parte aérea de algodoeiro (cultivar IAC 22) foi prejudicada pela deficiência de boro, o que não acontece quando a deficiência não é tão severa (Ohki, 1973). Rosolem & Costa (1999) observaram que a ausência de B no meio nutritivo, mesmo que temporária, afetou negativamente a produção de matéria seca da parte aérea de plantas de algodoeiro.

4.5. Características relacionadas ao florescimento

Os valores de número de botões florais por planta variaram de 14,7 a 19,3 para a cultivar CNPA 8H; 11,0 a 18,0 BRS Aroeira; 12,3 a 21,0 BRS Antares; 13,0 a 18,3 BRS Ipê e 11,0 a 16,3 BRS Sucupira. Para número de flores por planta os valores variaram de 0,0 a 1,3 para a cultivar CNPA 8H; 0,3 a 1,0 BRS Aroeira; 0,3 a 1,3 BRS Antares; 0,3 a 0,7 BRS Ipê e 0,0 a 1,0 BRS Sucupira. Enquanto que, para número de frutos por planta os valores variaram de 3,7 a 5,7 para a cultivar CNPA 8H; 3,7 a 6,0 BRS Aroeira; 4,0 a 8,3 BRS Antares; 5,7 a 10,7 BRS Ipê e 2,0 a 5,7 BRS Sucupira (Quadro 8).

Verifica-se que o número de botões florais por planta não foi influenciado pelas doses de B adicionadas (Quadro 9). Para número de flores por planta, obteve-se equação apenas para a cultivar CNPA 8H, sendo esta do tipo linear e negativa. Já para número de frutos por planta, foi possível ajustar equações para a BRS Ipê (cúbica) e BRS Sucupira (quadrática).

Quadro 8. Número de botões florais, de flores e de frutos por planta e dias para a abertura da primeira flor de cultivares de algodoeiro em função de doses de boro aplicadas ao solo (média de 3 repetições).

Dose de boro	Número de botões florais/planta*	Número de flores/planta	Número de frutos/planta	Dias para a abertura da 1ª flor
mg dm ⁻³ CNPA 8H				
0,0	17,3 (1,86)	1,33 (0,33)	3,67 (0,67)	55 (0,33)
0,5	19,3 (3,71)	1,33 (0,33)	3,67 (1,76)	56 (0,00)
1,0	14,6 (1,45)	1,00 (0,58)	4,33 (1,45)	55 (0,00)
1,5	16,3 (1,76)	0,00 (0,00)	5,67 (0,33)	54 (0,88)
2,0	18,3 (2,85)	0,33 (0,33)	3,67 (0,33)	58 (0,33)
3,0	15,6 (2,60)	0,33 (0,33)	5,00 (0,58)	57 (1,00)
Média	16,9 a	0,72 a	4,33 bc	56 a
BRS Aroeira				
0,0	15,3 (5,24)	0,67 (0,33)	3,67 (1,45)	55 (0,88)
0,5	13,6 (2,19)	0,33 (0,33)	6,00 (1,53)	52 (0,58)
1,0	13,0 (4,51)	0,33 (0,33)	4,67 (1,20)	56 (1,45)
1,5	13,3 (1,20)	1,00 (0,58)	4,00 (1,53)	58 (1,45)
2,0	11,0 (2,08)	1,00 (0,58)	4,00 (0,58)	56 (0,88)
3,0	18,0 (2,65)	0,67 (0,67)	4,00 (1,00)	58 (2,03)
Média	14,0 a	0,67 a	4,39 bc	56 a
BRS Antares				
0,0	21,0 (1,15)	1,33 (0,67)	5,67 (1,20)	53 (1,53)
0,5	12,3 (0,67)	0,67 (0,33)	7,67 (0,33)	51 (0,33)
1,0	18,0 (0,58)	0,33 (0,33)	4,00 (2,08)	55 (0,33)
1,5	17,0 (3,79)	1,00 (0,00)	6,33 (1,20)	53 (0,58)
2,0	15,3 (3,38)	1,00 (0,58)	6,67 (1,45)	54 (2,33)
3,0	18,6 (3,48)	0,33 (0,33)	8,33 (2,19)	56 (0,67)
Média	17,0 a	0,78 a	6,44 ab	54 a
BRS Ipê				
0,0	18,3 (0,33)	0,67 (0,33)	6,00 (0,58)	55 (0,58)
0,5	16,6 (3,84)	0,67 (0,33)	10,67 (0,88)	53 (1,45)
1,0	18,3 (5,24)	0,67 (0,67)	6,67 (1,20)	55 (0,33)
1,5	16,0 (1,53)	0,33 (0,33)	5,67 (1,45)	54 (1,00)
2,0	17,6 (2,73)	0,33 (0,33)	6,33 (2,40)	52 (0,58)
3,0	13,0 (3,00)	0,33 (0,33)	6,67 (1,67)	55 (2,31)
Média	16,7 a	0,50 a	7,00 a	54 a
BRS Sucupira				
0,0	14,3 (2,33)	0,67 (0,33)	2,00 (0,58)	55 (1,15)
0,5	15,6 (2,40)	0,67 (0,33)	3,67 (0,67)	57 (0,88)
1,0	13,6 (4,18)	0,00 (0,00)	4,00 (1,00)	56 (1,33)
1,5	16,3 (1,86)	0,00 (0,00)	5,67 (0,33)	57 (0,33)
2,0	11,0 (0,58)	1,00 (0,58)	5,00 (0,58)	56 (0,33)
3,0	11,6 (5,24)	0,33 (0,33)	3,33 (0,67)	57 (0,67)
Média	13,8 a	0,44 a	3,94 c	56 a

* Valores entre parênteses representam o erro padrão da média.

Na mesma coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Quadro 9. Equações de regressão para número de botões florais, de flores e de frutos por planta e dias para a abertura da primeira flor de cultivares de algodoeiro em função de doses de boro aplicadas ao solo.

Cultivar	Equação	R ²
Número de botões florais/planta		
CNPA 8H	$\hat{y} = \bar{y} = 16,9$	
BRS Aroeira	$\hat{y} = \bar{y} = 14,1$	
BRS Antares	$\hat{y} = \bar{y} = 17,1$	
BRS Ipê	$\hat{y} = \bar{y} = 16,7$	
BRS Sucupira	$\hat{y} = \bar{y} = 13,8$	
Número de flores/planta		
CNPA 8H	(1) $\hat{y} = 1,07 - 0,167682* B$	0,586
BRS Aroeira	$\hat{y} = \bar{y} = 0,67$	
BRS Antares	$\hat{y} = \bar{y} = 0,78$	
BRS Ipê	$\hat{y} = \bar{y} = 0,50$	
BRS Sucupira	$\hat{y} = \bar{y} = 0,44$	
Número de frutos/planta		
CNPA 8H	$\hat{y} = \bar{y} = 4,3$	
BRS Aroeira	$\hat{y} = \bar{y} = 4,4$	
BRS Antares	$\hat{y} = \bar{y} = 6,4$	
BRS Ipê	(1) $\hat{y} = 2,57 + 0,618963 B - 0,323484 B^2 + 0,0367707* B^3$	0,508
BRS Sucupira	(1) $\hat{y} = 1,39 + 0,510464 B - 0,0735525* B^2$	0,932
Dias para a abertura da 1ª flor		
CNPA 8H	$\hat{y} = \bar{y} = 56$	
BRS Aroeira	(1) $\hat{y} = 7,35 + 0,0504412** B$	0,479
BRS Antares	(1) $\hat{y} = 7,24 + 0,0347002* B$	0,447
BRS Ipê	$\hat{y} = \bar{y} = 54$	
BRS Sucupira	$\hat{y} = \bar{y} = 56$	

(1): Equações obtidas a partir de dados transformados em \sqrt{x} .

*: Significativo a 5% de probabilidade.

** : Significativo a 1% de probabilidade.

Devido à importância do B em vários processos fisiológicos da planta, com destaque para germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico (Marschner, 1995), era de se esperar que as plantas não adubadas com B apresentassem menor número de estruturas reprodutivas, o que, de modo geral, não aconteceu. Este comportamento pode ser justificado pelos altos teores de B preexistentes no solo, os quais já eram, suficientes para atender a demanda nutricional das plantas.

Rosolem & Bastos (1997), em casa de vegetação, utilizando a cultivar IAC 22, constataram que no tratamento sem B, as plantas não apresentaram estruturas reprodutivas, demonstrando a importância do B na formação das mesmas. Por sua vez, Rosolem & Costa (1999) observaram que não houve formação de estruturas reprodutivas no tratamento em que o B foi suprimido na solução nutritiva a partir dos 30 dias depois da semeadura, enquanto, que no tratamento que não sofreu restrição do nutriente, o algodoeiro apresentou o maior número de estruturas reprodutivas.

Rosolem et al. (1999), em solução nutritiva, relataram menor número de frutos em todas as cultivares de algodão estudadas no tratamento com menor nível de B. Rathinavel et al. (1999) observaram que aplicações combinadas de $ZnSO_4$ (50 kg ha^{-1}) e bórax (10 kg ha^{-1}) aumentaram em 39,2% o número de frutos por planta em comparação com o tratamento testemunha, sem adição desse nutriente.

O número médio de dias para a abertura da primeira flor variaram de 54 a 58 para a cultivar CNPA 8H; 52 a 58 BRS Aroeira; 51 a 56 BRS Antares; 52 a 55 BRS Ipê e 55 a 57 BRS Sucupira (Quadro 8).

Observa-se pelas equações de regressão (Quadro 9) que houve ajuste linear e positivo entre os dias para a abertura da primeira flor e as doses de B aplicadas ao solo para as cultivares BRS Aroeira e BRS Antares, indicando que à medida que a dose de B no solo foi aumentada, a abertura da primeira flor dessas cultivares foi mais tardia, enquanto que, para as demais cultivares, não houve resposta ao B. Apesar do ajuste ocorrido para as cultivares citadas, constata-se que os coeficientes de determinação (R^2) estão abaixo de 50%, não permitindo boa estimativa do número de dias para a abertura da primeira flor dessas cultivares em função da dose de B utilizada.

Vale ressaltar que, para o tratamento não adubado com B, o número de dias para a abertura da primeira flor variou de 53 a 55 dias, com 53 dias para BRS Antares e 55 dias

para as demais, situando-se dentro da faixa indicada por Souza & Beltrão (1999) que relatam que a abertura da 1ª flor acontece entre 45 a 55 dias dependendo da cultivar e das condições ambientais. Era de se esperar, para esse tratamento, que as plantas seriam mais tardias e apresentariam abertura deficiente de flores, já que o B está relacionado a processos fisiológicos da floração (Marschner, 1995), entretanto, isso não foi observado, possivelmente, devido aos altos teores de B encontrados no solo ao final do experimento.

4.6. Número de ramos vegetativos, de ramos frutíferos e de estruturas reprodutivas que sofreram abscisão por planta

Os valores de número de ramos vegetativos por planta variaram de 0,67 a 1,67 para a cultivar CNPA 8H; 0,67 a 2,0 BRS Aroeira; 0,67 a 3,33 BRS Antares; 0,33 a 2,33 BRS Ipê e 1,67 a 2,67 BRS Sucupira. Para número de ramos reprodutivos por planta os valores variaram de 11,67 a 12,67 para a cultivar CNPA 8H; 11,0 a 13,33 BRS Aroeira; 13,0 a 14,0 BRS Antares; 12,33 a 13,67 BRS Ipê e 10,67 a 14,33 BRS Sucupira. Para número de estruturas reprodutivas que sofreram abscisão por planta os valores médios variaram de 8,33 a 13,67 para a cultivar CNPA 8H; 5,33 a 8,67 BRS Aroeira; 8,33 a 11,67 BRS Antares; 2,0 a 9,0 BRS Ipê e 6,0 a 11,0 BRS Sucupira (Quadro 10).

Verifica-se que as variáveis número de ramos vegetativos e de estruturas reprodutivas que sofreram abscisão por planta, não foram influenciadas pelas doses de B aplicadas. Já para número de ramos reprodutivos por planta, obteve-se resposta ao B apenas para a cultivar BRS Sucupira, sendo esta do tipo cúbica (Quadro 11).

O fato das características aqui descritas, não ter apresentado resposta significativa às doses de B aplicadas ao solo talvez se deva ao fato dos teores preexistentes no solo já se encontrarem em níveis suficientes para atender a demanda da planta. Embora, não se tenha obtido resposta às doses de B no presente trabalho, Gridi-Papp et al. (1992) afirmaram que a deficiência de boro provoca aumento no crescimento vegetativo, consequência do superbrotamento ocorrido nas plantas, com diminuição dos ramos frutíferos. Rathinavel et al. (1999) observaram que o B aplicado em combinação com Zn aumentou em 30% o número de ramos frutíferos em relação à testemunha.

Quadro 10. Número de ramos vegetativos, de ramos reprodutivos e de estruturas reprodutivas que sofreram abscisão por planta e teores de boro na folha de cultivares de algodoeiro em função de doses de boro aplicadas ao solo (média de 3 repetições).

Dose de B mg dm ⁻³	Nº de ramos vegetativos/ planta*	Nº de ramos reprodutivos/ planta	Nº de est. repr. que sofreram abscisão/planta	Teor de B na folha -----mg kg ⁻¹ -----
CNPA 8H				
0,0	1,00 (0,00)	12,67 (0,33)	8,33 (1,86)	19,9 (0,88)
0,5	1,00 (0,58)	12,67 (0,33)	10,67 (0,33)	26,2 (4,19)
1,0	1,67 (0,33)	11,67 (0,33)	8,33 (1,20)	25,7 (1,14)
1,5	0,67 (0,33)	12,33 (1,33)	10,67 (3,76)	32,3 (2,49)
2,0	0,67 (0,33)	12,67 (1,20)	13,67 (1,45)	39,9 (2,19)
3,0	1,00 (0,00)	11,67 (0,67)	8,33 (0,33)	39,3 (2,84)
Média	1,00 a	12,3 ab	10,0 a	30,5 b
BRS Aroeira				
0,0	2,00 (1,15)	12,00 (0,58)	5,67 (1,20)	16,6 (0,54)
0,5	1,00 (0,58)	11,67 (0,88)	6,33 (3,53)	30,8 (0,16)
1,0	0,67 (0,33)	12,00 (0,58)	6,67 (2,91)	31,5 (1,49)
1,5	2,00 (1,00)	11,67 (0,33)	7,67 (2,03)	35,3 (3,53)
2,0	2,00 (0,58)	11,00 (0,58)	5,33 (0,88)	40,9 (3,13)
3,0	1,00 (0,58)	13,33 (0,88)	8,67 (1,45)	45,9 (6,35)
Média	1,40 a	11,9 b	6,7 ab	33,5 ab
BRS Antares				
0,0	2,00 (1,00)	13,00 (1,15)	8,67 (3,84)	20,0 (2,38)
0,5	2,33 (1,20)	13,33 (0,33)	9,00 (1,00)	34,0 (3,28)
1,0	1,33 (0,33)	13,33 (0,67)	9,33 (1,20)	39,6 (1,20)
1,5	2,33 (0,88)	13,33 (1,20)	9,67 (3,71)	42,8 (4,74)
2,0	3,33 (0,33)	14,00 (1,00)	11,67 (5,17)	43,7 (3,49)
3,0	0,67 (0,33)	14,00 (1,00)	8,33 (2,85)	45,1 (1,54)
Média	2,00 a	13,5 a	9,4 ab	37,5 ab
BRS Ipê				
0,0	1,33 (0,67)	13,67 (0,33)	9,00 (2,52)	34,4 (2,74)
0,5	0,33 (0,33)	13,67 (0,88)	2,00 (0,58)	38,8 (3,44)
1,0	2,33 (0,88)	13,00 (1,00)	8,67 (0,67)	42,9 (4,07)
1,5	2,33 (0,33)	13,33 (0,67)	5,67 (1,45)	42,5 (1,66)
2,0	0,67 (0,33)	12,33 (1,45)	3,67 (0,67)	51,5 (1,93)
3,0	0,67 (0,67)	13,33 (0,33)	7,33 (1,76)	46,3 (0,45)
Média	1,3 a	13,2 ab	6,1 b	42,7 a
BRS Sucupira				
0,0	2,00 (0,58)	10,67 (0,88)	7,33 (2,19)	29,1 (2,10)
0,5	2,33 (0,88)	14,33 (0,67)	9,00 (2,31)	36,6 (1,52)
1,0	2,67 (1,45)	13,00 (1,53)	6,00 (2,31)	44,4 (1,63)
1,5	1,67 (0,33)	12,00 (0,58)	9,00 (2,00)	42,5 (4,83)
2,0	2,00 (1,15)	12,33 (0,88)	11,00 (1,53)	47,8 (1,21)
3,0	1,67 (0,33)	11,33 (2,19)	7,67 (0,67)	29,1 (7,24)
Média	2,1 a	12,3 ab	8,3 ab	38,2 ab

* Valores entre parênteses representam o erro padrão da média.

Na mesma coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Quadro 11. Equações de regressão para número de ramos vegetativos, de ramos reprodutivos e de estruturas reprodutivas que sofreram abscisão por planta e teores de boro na folha de cultivares de algodoeiro em função de doses de boro aplicadas ao solo.

Cultivar	Equação	R ²
Número de ramos vegetativos/planta		
CNPA 8H	$\hat{y} = \bar{y} = 1,00$	
BRS Aroeira	$\hat{y} = \bar{y} = 1,44$	
BRS Antares	$\hat{y} = \bar{y} = 2,00$	
BRS Ipê	$\hat{y} = \bar{y} = 1,28$	
BRS Sucupira	$\hat{y} = \bar{y} = 2,10$	
Número de ramos reprodutivos/planta		
CNPA 8H	$\hat{y} = \bar{y} = 12,3$	
BRS Aroeira	$\hat{y} = \bar{y} = 11,9$	
BRS Antares	$\hat{y} = \bar{y} = 13,5$	
BRS Ipê	$\hat{y} = \bar{y} = 13,2$	
BRS Sucupira	$(1) \hat{y} = 3,32 + 0,486494 B - 0,188270^\circ B^2 + 0,018015^\circ B^3$	0,682
Número de estruturas reprodutivas que sofreram abscisão/planta		
CNPA 8H	$\hat{y} = \bar{y} = 10,0$	
BRS Aroeira	$\hat{y} = \bar{y} = 6,7$	
BRS Antares	$\hat{y} = \bar{y} = 9,4$	
BRS Ipê	$\hat{y} = \bar{y} = 6,1$	
BRS Sucupira	$\hat{y} = \bar{y} = 8,3$	
Teor de B na folha (mg kg⁻¹)		
CNPA 8H	$\hat{y} = 21,3 + 6,94238^{**} B$	0,874
BRS Aroeira	$\hat{y} = 21,7 + 8,80752^{**} B$	0,889
BRS Antares	$\hat{y} = 19,8 + 25,938^{**} B - 6,41581^{**} B^{0,5}$	0,996
BRS Ipê	$\hat{y} = 33,9 + 11,54476^{**} B - 2,361108^\circ B^2$	0,834
BRS Sucupira	$\hat{y} = 28,2 + 22,7676 B - 7,39556^{**} B^2$	0,914

(1): Equações obtidas a partir de dados transformados em \sqrt{x} .

°: Significativo a 10% de probabilidade.

*: Significativo a 5% de probabilidade.

** : Significativo a 1% de probabilidade.

4.7. Teores de boro na folha

Os teores foliares de B variaram de 19,9 a 39,9 mg kg⁻¹ para a cultivar CNPA 8H; 16,6 a 45,9 mg kg⁻¹ BRS Aroeira; 20,0 a 45,1 mg kg⁻¹ BRS Antares; 34,4 a 51,5 mg kg⁻¹ BRS Ipê e 29,1 a 47,8 mg kg⁻¹ BRS Sucupira (Quadro 10).

Para o tratamento não adubado com B, os teores foliares variaram de 16,6 a 34,4 mg kg⁻¹, com 16,6 mg kg⁻¹ para a BRS Aroeira, 19,9 mg kg⁻¹ para a CNPA 8H, 20,0 mg kg⁻¹ para a BRS Antares, 29,1 mg kg⁻¹ para a BRS Sucupira e 34,4 mg kg⁻¹ para a BRS Ipê, estando quase todos os teores foliares encontrados fora da faixa indicada como adequada por Silva et al. (1995a) que é de 30-50 mg kg⁻¹. Trani et al. (1983) indicam 50 mg kg⁻¹ como o teor adequado de B da 5ª folha a partir do ápice da haste coletada no florescimento, estando neste caso, todos os teores abaixo deste valor. Esses baixos teores encontrados no tratamento não adubado com B justificam os sintomas de deficiência verificada nas plantas, para esse tratamento. Silva et al. (1982) e Carvalho (1988) trabalhando em condições de deficiência verificaram, nas parcelas que não receberam B, que a concentração deste nutriente na folha de algodoeiro variou entre 15 e 40 mg kg⁻¹ e entre 20 e 40 mg kg⁻¹, respectivamente.

Para os demais tratamentos, onde se utilizaram doses que variaram de 0,5 a 3,0 mg dm⁻³ de B, os teores foliares situaram-se, de maneira geral, na faixa tida como adequada por Silva et al. (1995a), justificando o não aparecimento de sintomas de deficiência e toxicidade de B nas plantas das diferentes cultivares. Silva et al. (1979) trabalhando em condições de casa-de-vegetação, observaram sintomas de toxicidade de B no algodoeiro quando a análise foliar indicava índices em torno de 46 mg kg⁻¹, fato não observado no presente trabalho.

Utilizando o teor de B na folha indicadora das plantas testemunhas e considerando que a matéria seca dessas plantas não apresentou diferenças significativas, teve-se uma idéia da eficiência de uso do nutriente das diferentes cultivares. A capacidade de utilização de B pelas cultivares apresentou a seguinte ordem: BRS Aroeira > CNPA 8H e BRS Antares > BRS Ipê e BRS Sucupira. Respostas diferenciadas de cultivares à adubação boratada são freqüentemente reportadas. De acordo com Rerkasem & Jamjod (1997), um dos fatores ao qual pode ser atribuído esse comportamento diferenciado entre cultivares é a variação genética. Segundo Furlani et al. (1990) cultivares dentro de espécies podem diferir

quanto à resposta a teores de um nutriente no solo, devido a diferenças em exigência nutricional dos tecidos nos pontos de crescimento, habilidade do sistema radicular das plantas absorverem o nutriente do solo e capacidade de translocação e utilização do nutriente.

Observa-se pelas equações de regressão (Quadro 11) que houve ajuste linear e positivo entre os teores de B na folha e as doses de B aplicadas ao solo para as cultivares CNPA 8H e BRS Aroeira, indicando que à medida que a dose de B aplicada ao solo foi aumentada, o teor do elemento no tecido vegetal dessas cultivares aumentou. Já para as cultivares BRS Ipê e BRS Sucupira a significância e o sinal negativo do componente quadrático das equações entre os teores de B foliar e as doses de B, indicam redução do incremento dos teores do elemento em função do aumento das doses de B aplicadas ao solo, enquanto que, para a cultivar BRS Antares o ajuste foi do tipo quadrático base raiz. Verifica-se, em geral, estreita dependência entre os teores de B na folha e as doses de B aplicadas ao solo, expressa pelo coeficiente de determinação (R^2), superior a 0,830, indicando com boa capacidade preditiva do teor de B foliar de cada cultivar em função da dose de B utilizada.

As derivadas das equações de regressão para teores de B na folha das cultivares BRS Ipê e BRS Sucupira mostraram os seguintes pontos de máximo com seus respectivos valores para doses de B adicionadas: BRS Ipê: $48,0 \text{ mg kg}^{-1}$ de B e $2,5 \text{ mg dm}^{-3}$; BRS Sucupira: $45,7 \text{ mg kg}^{-1}$ de B e $1,5 \text{ mg dm}^{-3}$.

4.8. Sintomas de deficiência de boro

No tratamento não adubado com B, as cultivares de algodoeiro CNPA 8H, BRS Aroeira, BRS Antares, BRS Ipê e BRS Sucupira apresentaram, de modo geral, sintomas semelhantes de deficiência, cujas descrições são a seguir sumarizadas.

No florescimento, os “ponteiros” das plantas tornaram-se cloróticos, com folhas novas disformes com limbos enrugados e pecíolos curtos e às vezes contorcidos, faziam contraste nítido com a parte inferior mais verde, contendo folhas bem desenvolvidas (Figura 1). As plantas afetadas costumavam apresentar tendência de crescimento do caule principal em zigue-zague (Figura 2) e, em alguns casos, havia rachaduras no caule (Figura 3). Sintomas semelhantes foram relatados por Silva et al. (1979), Carvalho (1980) e Prahma

et al. (2001). Nas plantas mais desenvolvidas, surgiram anéis concêntricos escuros, intercalados com partes normais do pecíolo da folha (Figura 4). Descrições semelhantes foram feitas por Silva et al. (1979), Rosolem & Bastos (1997), Oosterhuis et al. (2001) e Zhao & Oosterhuis (2001).

Os botões florais apresentaram-se levemente deformados, as brácteas eram cloróticas (Figura 5), com bordos das pétalas viradas para dentro, resultando em abertura irregular da flor (Figuras 6); muitas dessas pétalas apresentavam manchas escuras na parte interna da flor (Figura 7). Os frutos, com fibras manchadas e leve necrose interna em sua base, eram menores que os normais e apresentaram-se em forma de gancho devido à fertilização incompleta da flor (Figuras 8 e 9). Sintomas semelhantes foram descritos por vários autores (Silva et al., 1979, Carvalho, 1980, Gridi-Papp et al., 1992 e Rosolem et al., 2001).

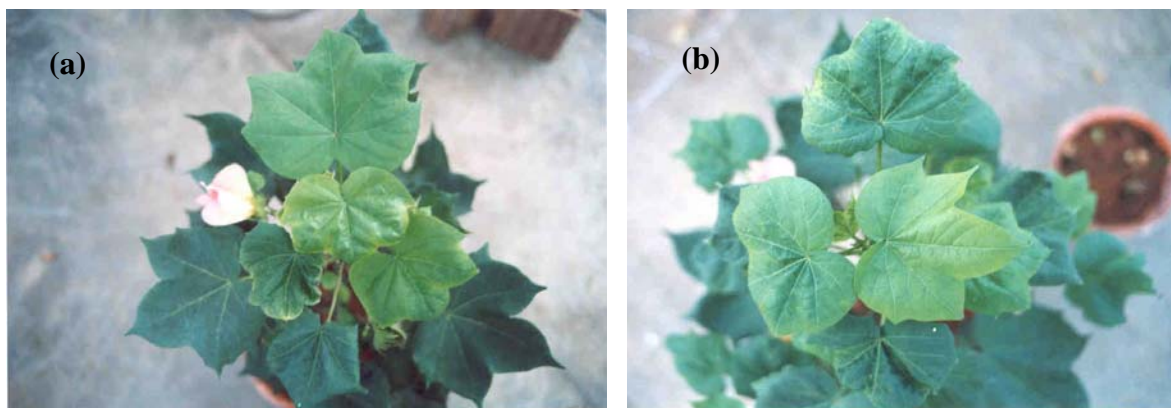


Figura 1. Sintomas de deficiência de boro em cultivar de algodão CNPA 8H (a) e BRS Aroeira (b): “ponteiro” clorótico, com folhas novas enrugadas (Tratamento não adubado com B).



Figura 2. Sintoma de deficiência de boro em cultivar de algodão CNPA 8H: caule com tendência de crescimento em zigue-zague (Tratamento não adubado com B).



Figura 3. Sintoma de deficiência de boro em cultivar de algodão BRS Sucupira: rachadura do caule principal (Tratamento não adubado com B).

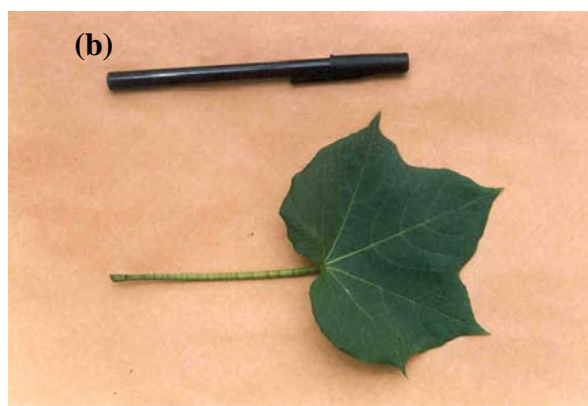


Figura 4. Sintoma de deficiência de boro em cultivar de algodão BRS Sucupira: anéis concêntricos escuros no pecíolo da folha, (a) lado inferior e (b) lado superior (Tratamento não adubado com B).



Figura 5. Sintomas de deficiência de boro em cultivar de algodão BRS Aroeira: botões florais levemente deformados, com brácteas cloróticas (Tratamento não adubado com B).



Figura 6. Sintoma de deficiência de boro em cultivar de algodão CNPA 8H: flores com pétalas torcidas para dentro (Tratamento não adubado com B).



Figura 7. Sintoma de deficiência de boro em cultivar de algodão BRS Antares: manchas escuras na parte interna das flores (Tratamento não adubado com B).



Figura 8. Sintomas de deficiência de boro em cultivar de algodão BRS Ipê: fruto seccionado apresentando fibras manchadas com leve necrose em sua base (Tratamento não adubado com B).

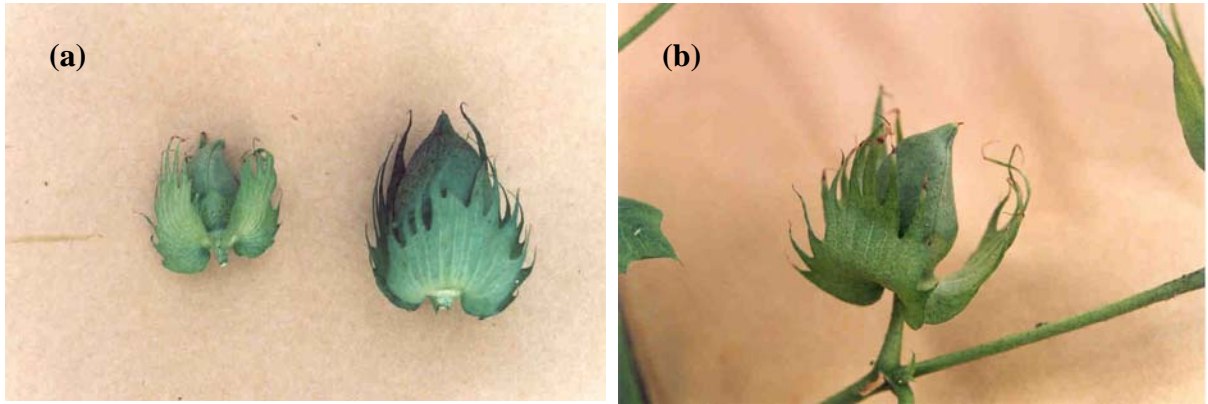


Figura 9. Sintomas de deficiência de boro em cultivar de algodão BRS Ipê: (a) fruto pequeno e irregular comparado com fruto normal e (b) fruto em forma de gancho (Tratamento não adubado com B).

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Conduzido na Embrapa Algodão sob condições de casa de vegetação, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) em resposta a doses de boro no solo. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 6 x 5, correspondendo a 6 doses de boro (0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; e 3,0 mg dm⁻³) e 5 cultivares de algodoeiro herbáceo (CNPA 8H, BRS Aroeira, BRS Antares, BRS Sucupira e BRS Ipê), com 3 repetições. No dia do plantio, o solo recebeu as doses de boro na forma de H₃BO₃, aplicadas em solução. Adicionalmente, realizou-se a adubação básica comum a todos os tratamentos. Utilizaram-se 90 vasos de plástico com 7 dm³ de solo cada. Para as condições em que foi realizado o experimento, concluiu-se que, de modo geral, as doses de boro utilizadas não influenciaram as variáveis estudadas, com exceção dos teores de boro no limbo foliar; a capacidade de utilização de boro pelas cultivares de algodoeiro apresentou a seguinte ordem: BRS Aroeira > CNPA 8H e BRS Antares > BRS Ipê e BRS Sucupira; a concentração de boro no limbo foliar aumentou linearmente para as cultivares CNPA 8H e BRS Aroeira, enquanto, que para as cultivares BRS Ipê e BRS Sucupira esse aumento foi de forma quadrático; para a cultivar BRS Ipê o ponto de máximo para teor de boro foliar com seu respectivo valor para a dose de B adicionada foi de 48,0 mg kg⁻¹ de B e 2,5 mg dm⁻³, enquanto, que para a cultivar BRS Sucupira foi de 45,7 mg kg⁻¹ de B e 1,5 mg dm⁻³; sintomas de deficiência de B foram observados nos tratamentos em que não se utilizou este micronutriente na adubação independente da cultivar estudada; para as doses de B utilizadas não foram observados nas cultivares de algodão estudadas sintomas de fitotoxicidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F. de; BARROS, N.F. de; CANTARRUTTI, R.B.; LOPES, A.S. **Interpretação dos resultados das análises de solos**. CFSEMG- Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 359p.

ANDERSON, O.E.; BOSWELL, F.C. Boron and manganese effects on cotton yield, lint quality and earliness of harvest. **Agronomy Journal**, v. 60, p. 488-493, 1968.

BARTZ, H.R. **Adsorção e disponibilidade de boro em alguns solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS/Faculdade de Agronomia, 1974. 95p. Tese Mestrado.

BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Levantamento do teor de boro em alguns solos do Estado de São Paulo**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1965. 135p. (Tese de Livre Docência).

BROWN, P.H.; HU, H. Phloem mobility of boron is species dependent: evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. **Annals of Botany**, v. 77, p. 497-505, 1996.

BROWN, P.H.; SHELPS, B.J. Boron mobility in plants. **Plant and Soil**. Netherlands. v. 193, n. 1-2 p. 85-101, 1997.

CAKMAK, I.; KURZ, H.; MARSCHNER, H. Short-term effects of boron, germanium and high light intensity on membrane permeability in boron deficient leaves of sunflower. **Physiology Plantarum**, v. 95, p. 11-18, 1995.

CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil**. Netherlands. v. 193, n. 1-2, p. 71-83, 1997.

CARVALHO, L.H. de. **Aplicação de boro na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch)**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1988. 76p. Tese Doutorado.

CARVALHO, L.H. de. **Efeitos da calagem e da adubação boratada sobre o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo – fase arenosa.** Piracicaba: USP/ESALQ, 1980. 64p. Tese Mestrado.

CARVALHO, L.H.; SILVA, N.M.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; KONDO, J.I.; CHIAVEGATO, E.J. Aplicação de boro no algodoeiro, em cobertura e em pulverização foliar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 265-269, 1996.

CASAGRANDE, J.L. **O boro em solos do município de Piracicaba.** Piracicaba: USP/ESALQ, 1978. 122p. Tese Mestrado.

COLEMAN, R. Yield and quality of cotton can be improved by boron. **Better Crops**, New York, v. 21, n. 4, p. 18-20, 48-50, 1945.

CONAB. **Intenção de plantio da safra 2002/2003, primeiro levantamento-março/2003.** Disponível: <http://www.conab.gov.br/indicadores.cfm> Consultado em 2003.

COSTA, A.; ZOCOLLER, D.C.; COSTA M.A.T. Adsorção de boro em oito solos do Paraná e reposta do algodoeiro à adubação boratada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., vol. 2, 2001, Dourados, MS. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2001. 1076p.

COSTA, A.S.; CARVALHO, N.; GALLO, J.R.; COSTA, D.S. Deficiência de boro: anomalia do algodoeiro em São Paulo que se assemelha a uma virose. **Fitopatologia**, Lima, v. 11, n. 1, p. 10-11, 1976.

COX, F.R. Micronutrient soil tests: correlation and calibration. In: BROWN, J.R. ed. **Soil testing: sampling, correlation, calibration and interpretation.** Soil Science Society of America, Madison, p. 97-117, 1987.

DANTAS, J.P. Boro. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p. 113-130.

DORDAS, C.; SAH, R.; BROWN, P.H.; ZENG, Q.; HU, H. Remobilização de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da.; RAIJ, B. van.; ABREU, C.A. de. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura.** Jaboticabal, CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001, 600p.

EATON, F.M. Boron requirements of cotton. **Soil Science**, Baltimore, v. 37, p. 301-305, 1932.

ELRASHIDI, M.A.; O'CONNOR, G.A. Boron sorption and desorption in soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 46, p. 27-31, 1982.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Métodos de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. il.

FINDEKLEE, P.; GOLDBACH, H. Rapid effects of boron deficiency on cell wall elasticity modulus in *Curcubita pepo* roots. **Botanical Acta**, v. 109, p. 463-465, 1996.

FRITZ, A. La déficience en bore du cotonnier ou Nord-Cameroun. **Coton et Fibres Tropicales**, Paris, v. 26, n. 2, p. 235-241, 1971.

FURLANI, A.M.C.; TANAKA, R.T.; TARALLO, M.; VERDIAL, M.F.; MASCARENHAS, H.A.A. Exigência a boro em cultivares de algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 929-937, 2001.

FURLANI, A.M.C.; ÚNGARO, M.R.G.; QUAGGIO, J.A. Comportamento diferencial de genótipos de girassol: eficiência na absorção e uso do boro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 187-194, 1990.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. **Plant and Soil**. Netherlands. v. 193, n. 1-2 p. 35-48, 1997.

GOLDBERG, S.; FORSTER, H.S.; HEICK, E.L. Boron adsorption mechanisms on oxides, clay minerals and soils inferred from ionic strength effects. **Soil Science Society of America Journal**, v. 57, p. 704-708, 1993.

GRAHAM, R.D. Breeding for nutritional characteristics in cereals. **Advance Plant Nutrition**, v. 1, p. 57-102, 1984.

GRIDI-PAPP, I.L.; CIA, E.; FUZATTO, M.G.; SILVA, N.M.; FERRAZ, C.A.M.; CARVALHO, N.; CARVALHO, L.H.; SABINO, N.P.; KONDO, J.I.; PASSOS, S.M.G.; CHIAVEGATO, E.J.; CAMARGO, P.P.; CAVALERI, P.A. **Manual do produtor de algodão**. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 1992. 158p.

GUTTERRES, J.F. **Disponibilidade de boro para as plantas em solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS/Faculdade de Agronomia, 1986. 135p. Tese Mestrado.

HOROWITZ, A.; DANTAS, H.S. Boro disponível nos solos da Zona Litoral-Mata de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 163-168, 1973.

HU, H.; BROWN P.H. Absorption of boron by plant roots. **Plant and Soil**. Netherlands. v. 193, n. 1-2 p. 49-58, 1997.

HU, H.; BROWN P.H. Localization of boron in the cell wall and its association with pectin. Evidence of a structural role of boron in the cell wall. **Plant Physiology**, v. 105, p. 681-689, 1994.

HU, H.; PENN, S.G.; LEBRILLA, C.B.; BROWN, P.H. Isolation and characterization of soluble B-complexes in higher plants. **Plant Physiology**, v. 113, p. 649-655, 1997.

KEREN, R.; GROSSL, P.R.; SPARKS, D.L. Equilibrium and kinetics of borate adsorption-desorption on pyrophyllite in aqueous suspensions. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1116-1122, 1994.

KEREN, R.; MEZUMAN, U. Boron adsorption by clay minerals using a phenomenological equation. **Clays and Clay Minerals**, v. 29, p. 198-203, 1981.

LOOMIS, W.D.; DURST, R.W. Chemistry and biology of boron. **BioFactors**, v. 4, p. 229-239, 1992.

LOPES, A.S. **Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônômica**. São Paulo: ANDA, 1999. 72p. (ANDA. Boletim Técnico, 8).

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

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

MARCONI, A.; FREIRE, O.; ABRAHÃO, I.O.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Boro nos minerais, rochas, solos e plantas. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 55, p. 33-39, 1980.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MATOH, T. Boron in plant cell walls. **Plant and Soil**. Netherlands. v. 193, n. 1-2 p. 59-70, 1997.

MATOH, T.; KOBAYASHI, M. Boron and calcium, essential inorganic constituents of pectic polysaccharides in higher plant cell walls. **Journal of Plant Research**, v. 111, p. 179-190, 1998.

McCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M.; MIKKELSEN, D.S.; LOTT, W.L. **A adubação do algodoeiro em solos de campo cerrado no Estado de São Paulo**. São Paulo: IBEC Research Institute, 1961. 35p. (Boletim 27).

MIKKELSEN, D.S.; FREITAS, L.M.M.; McCLUNG, A.C. **Efeitos da calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado.** São Paulo: Instituto de Pesquisas IRI, 1963. 48p. (IRI Boletim 29).

MURPHY, B.C.; LANCASTER, J.D. Response of cotton to boron. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, n. 4, p. 539-540, 1971.

NOVAIS, R.F. de; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. de. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J. de; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D. de; LOURENÇO, S. coord. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo.** Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. p.189-253. (EMBRAPA-SEA. Documentos, 3).

OHKI, K. Manganese nutrition of cotton under two boron levels. I. Growth and development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 65, p. 482-485, 1973.

OOSTERHUIS, D.M. Physiology and nutrition of high yielding cotton in the USA. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 95, p. 18-24, set, 2001.

OOSTERHUIS, D.M.; ZHAO, D.; HORST, W.J.; SCHENK, M.K.; BURKERT, A.; CLASSEN, N.; FLESSA, H.; FROMMER, W.B.; GOLDBACH, H.; OLFS, H.W.; ROMHELD, V. Effect of boron deficiency on the growth and carbohydrate metabolism of cotton. **Plant Nutrition**, p. 166-167, 2001.

PARKS, W.L.; WHITE, J.L. Boron retention by clay humus systems saturated with various cations. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 16, p. 298-300, 1952.

PAVAN, M.A.; CORREA, E.A. Reações de equilíbrio solo-boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, p. 261-269, 1988.

PILBEAM, D.J.; KIRKBY, E.A. The physiological role of boron in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 6, p. 563-582, 1983.

PRAHMA, S.; DUBE, B.K.; CHATTERJEE, C.; SINHA, P. Boron stress induced changes in cotton. **Annals of Agricultural Research**, v. 22, n. 3, p. 365-370, 2001.

QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. da; BRETON, R.S. Culturas oleaginosas. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p. 445-484.

RAIJ, B.van. Geoquímica de micronutrientes. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p. 100-111.

RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Boletim Técnico 100-Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas, IAC – Fundação IAC, Campinas, SP, 1996, 285p.

RAJARATHNAM, J.; LOWRY, J.B. The role of boron in the oil-palm (*Elaeis guinensis* L.). **Annals of Botany**, v. 38, p. 193-200, 1974.

RATHINAVEL, K.; DHARMALINGAM, C.; PANEERSELVAM, S. Effect of micronutrient on the productivity and quality of cotton seed cv. TCB 209 (*Gossypium barbadense* L.). **Madras Agricultural Journal**, v. 86, p. 313-316, 1999.

RERKASEM, B. Boron nutrition of crops and genotypic variation in boron efficiency. In: GOLDBACH, H.E.; RERKASEM, B.; WIMMER, M.A.; BROWN, P.H.; THELLIER, M.; BELL, R.W. **Boron in plant and animal nutrition**. USA, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002, 410p.

RERKASEM, B.; JAMJOD, S. Genotypic variation in plant response to low boron and implications for plant breeding. **Plant and Soil**. Netherlands. v. 193, n. 1-2 p. 169-180, 1997.

RICHETTI, A.; MELO FILHO, G.A. de. Aspectos socioeconômicos do algodoeiro. In: EMBRAPA. Agropecuária Oeste (Dourados, MS). **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa-Agropecuária Oeste/Embrapa-CNPQ, 2001. p. 13-34.

ROSOLEM, C.A.; BASTOS, G.B. Deficiências minerais no cultivar de algodão IAC 22. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 2, p. 377-387, 1997.

ROSOLEM, C.A.; BOARETTO, A.E. Avaliação do estado nutricional das plantas cultivadas. In: BOARETTO, A.E. & ROSOLEM, C.A. eds. **Adubação foliar**. Campinas, Fundação Cargill, 1989. p. 117-144.

ROSOLEM, C.A.; COSTA, A. Nutrição boratada e crescimento do algodoeiro em função de deficiência temporária de boro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2., 1999, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPQ, 1999. 716p.

ROSOLEM, C.A.; ESTEVES, J.A.F.; FERELLI, L. Respostas de cultivares de algodão ao boro em solução nutritiva. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 705-711, 1999.

ROSOLEM, C.A.; QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. da. Algodão, amendoim e soja. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da.; RAIJ, B. van.; ABREU, C.A. de. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal, CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001, 600p.

SÃO JOSÉ, J.F.B. de; SILVA, I.R. da; NOVAIS, R.F. de; BARROS, N.F. de; LEITE, F.P.; NUNES, F.N.; GEBRIM, F.O. **Boron mobility in eucalyptus: II. Time-course of translocation and distribution of locally applied boric acid.** In: Fertibio 2002. Rio de Janeiro, 2002.

SEDBERRY JÚNIOR, J.E.; NUGENT, A.L.; BRUPBACHER, R.H.; HULDER, J.B.; PHILLIPS, S.A.; MARSHALL, L.G.; SLOANA, L.W.; MELVILLE, D.R.; RABB, J.L. **Boron investigation with cotton in Louisiana.** Baton Rouge: Louisiana Agricultural Experiment Station, 1969. 27p. (Bulletin, 635).

SHKOL'NIK, M.Y. General conception of the physiological role of boron in plants. **Soviet Plant Physiology**, v. 21, p. 140-150, 1984.

SILVA, N.M. da. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. dos. eds. **Cultura do algodoeiro.** Piracicaba: Potafos, 1999. p. 57-92.

SILVA, N.M. da; CARVALHO, L.H. de. A importância do boro na adubação do algodoeiro. **O Agrônomo**, Campinas, v. 46, n. 1-3, p. 27-30, 1994.

SILVA, N.M. da; CARVALHO, L.H. de. **Micronutrientes na cultura do algodoeiro.** In: MICRONUTRIENTES, Campinas, Fundação Cargill, p. 65-74. 1982.

SILVA, N.M. da; CARVALHO, L.H. de; BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R. Efeitos do boro em algodoeiro cultivado em condições de casa de vegetação. **Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 16, p. 153-164, 1979.

SILVA, N.M. da; CARVALHO, L.H. de; CHIAVEGATO, E.J.; KONDO, J.I.; BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R.; BORTOLETTO, N.; SABINO, J.C. Estudo regional da adubação boratada do algodoeiro no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 50 n. 2, p. 341-358, 1991.

SILVA, N.M. da; CARVALHO, L.H. de; CHIAVEGATO, E.J.; SABINO, N.P.; HIROCE, R. Efeito de doses de boro aplicadas no sulco de plantio do algodoeiro, em solo deficiente. **Bragantia**, Campinas, v. 41, n. 19, p. 181-191, 1982.

SILVA, N.M. da; CARVALHO, L.H. de; CIA, E.; FUZATTO, M.G.; CHIAVEGATO, E.J.; ALLEONI, L.R.F. Seja o doutor do seu algodoeiro. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 69, p. 1-24, 1995a.

SILVA, N.M. da; CARVALHO, L.H. de; KONDO, J.I.; BATAGLIA, O.C.; ABREU, C.A. Dez anos de sucessivas adubações com boro no algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 1, p. 177-185, 1995b.

SILVA, N.M. da; RAIJ, B. van. Fibras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., eds. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas. Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p. 107-118. (Boletim Técnico, 100).

SIMS, J.R.; BINGHAM, F.T. Retention of boron by layer silicates, sesquioxides, and soil materials. II. Sesquioxides. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 32, p. 364-369, 1968a.

SIMS, J.R.; BINGHAM, F.T. Retention of boron by layer silicates, sesquioxides, and soil materials. III. Iron and aluminum-coated layer silicates and soil materials. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 32, p. 369-373, 1968b.

SIMS, J.R.; BINGHAM, F.T. Retention of boron by layer silicates, sesquioxides, and soil materials. I. Layer silicates. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 31, p. 728-732, 1967.

SMITHSON, J.B. Differential sensitivity to boron in cotton in northern states of Nigeria. **Cotton Growing Review**, v. 49, p. 350-353, 1972.

SOUZA, J.G.; BELTRÃO, N.E. de M. Fisiologia. In: BELTRÃO, N.E. de M. org. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Campina Grande: Embrapa-CNPA/Embrapa-CTT, 1999. v. 1, cap. 6, p. 87-116.

SOUZA, L.C. de. **Componentes de produção da cultivar de algodoeiro CNPSA 7H em diferentes populações de plantas**. Viçosa: UFV, 1996. 71p. Tese Mestrado.

SRIVASTAVA, S.P.; BHANDARI, T.M.S.; YADAV, C.R.; JOSHI, M.; ERSKINE, W. Boron deficiency in lentil: yield loss and geographic distribution in a germplasm collection. **Plant Soil**. v. 219, p. 147-151, 2000.

STANGOULIS, J.C.R.; GREWAL, S.H.; BELL, R.W.; GRAHAM, R.D. Boron Efficiency oilseed rape: I. Genotypic variation demonstrated in field and pot grown *Brassica napus* L. and *Brassica juncea* L. **Plant Soil**. v. 225, p. 243-251, 2000.

STAUT, L.A.; KURIHARA, C.H. Calagem e adubação. In: EMBRAPA. Agropecuária Oeste (Dourados, MS). **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa-Agropecuária Oeste/Embrapa-CNPA, 2001. p. 103-123.

TANAKA, H. Boron adsorption by plant roots. **Plant and Soil**, v. 27, p. 300-302, 1967.

TEDESCO, M.J. **Análise de solo, planta e outros materiais**. 2^a ed. rev. e ampl. Porto Alegre, RS, Departamento de Solos, UFRS, 1995. 174p. il. (Boletim Técnico, n.5).

TRANI, P.E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. **Análise foliar: amostragem e interpretação.** Campinas: CARGILL, 18p., 1983.

WEAR, J.I. Boron requirements of crops in Alabama. **Bulletin of the Alabama Agricultural Experiment Station**, Auburn, v. 305, p. 4-30, 1957.

WENDT, C.W. Use of relationship between leaf length and leaf area to estimate the leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castors (*Ricinus communis* L.) and sorghun (*Sorghun vulgare* L.). **Agronomy Journal**, n. 59, p. 484-486, 1967.

XUE, J.; LIN, M.; BELL, R.W.; GRAHAM, R.D.; YANG, X.; YANG, Y. Differential response of oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars to low boron supply. **Plant Soil**. v. 204, p. 155-163, 1998.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? **Informações Agronômicas**, n. 90, p.1-5, jun. 2000.

YERMIYAHU, U.; KEREN, R.; CHEN, Y. Boron sorption on composted organic matter. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, p. 1309-1313, 1988.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D.M. **Changes in tissue boron concentration in the cotton plant during development of boron deficiency.** Research Series - Arkansas Agricultural Experiment Station, n. 480, p. 73-77, 2001.

APÊNDICE

Quadro 1A. Resumo da análise de variância dos dados referentes aos teores de boro na folha e no solo, altura de plantas e altura de inserção do primeiro ramo frutífero de cultivares de algodoeiro.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios			
		Teores de B na folha	Teores de B no solo	Altura de plantas	Altura de inserção do primeiro ramo frutífero
Cultivar	4	395,1866**	0,1769 ^o	258,3792*	60,7750*
Dose de B	5	788,3097**	0,3006**	158,0094 ^o	37,0050 ^{NS}
B linear d. CNPA 8H	1	843,44**	0,17 ^{NS}	10,67 ^{NS}	0,07 ^{NS}
B quad. d. CNPA 8H	1	31,31 ^{NS}	0,36*	38,50 ^{NS}	9,72 ^{NS}
B cúbico d. CNPA 8H	1	34,05 ^{NS}	0,0002 ^{NS}	218,01 ^{NS}	22,06 ^{NS}
Desvio da Regressão d. CNPA 8H	1	0,1320	0,0753	0,2371	0,6801
B linear d. BRS Aroeira	1	1357,52**	0,49*	303,82 ^o	0,38 ^{NS}
B quad. d. BRS Aroeira	1	76,05 ^{NS}	0,02 ^{NS}	37,34 ^{NS}	33,22 ^{NS}
B cúbico d. BRS Aroeira	1	31,57 ^{NS}	0,08 ^{NS}	0,063 ^{NS}	0,96 ^{NS}
Desvio da Regressão d. BRS Aroeira	1	0,1557	0,0489	0,1045	0,8111
B linear d. BRS Antares	1	962,89**	0,49*	416,10*	99,60*
B quad. d. BRS Antares	1	322,48**	0,05 ^{NS}	108,69 ^{NS}	4,45 ^{NS}
B cúbico d. BRS Antares	1	50,12 ^{NS}	0,13 ^{NS}	0,39 ^{NS}	23,87 ^{NS}
Desvio da Regressão d. BRS Antares	1	0,2317	0,0621	0,1653	0,8540
B linear d. BRS Ipê	1	348,33**	0,06 ^{NS}	58,21 ^{NS}	28,29 ^{NS}
B quad. d. BRS Ipê	1	87,80 ^o	0,27 ^o	10,12 ^{NS}	1,15 ^{NS}
B cúbico d. BRS Ipê	1	22,38 ^{NS}	0,20 ^{NS}	113,35 ^{NS}	21,44 ^{NS}
Desvio da Regressão d. BRS Ipê	1	0,1579	0,1187	0,1678	0,9524
B linear d. BRS Sucupira	1	5,91 ^{NS}	0,24 ^o	288,73 ^o	141,91*
B quad. d. BRS Sucupira	1	861,43**	0,17 ^{NS}	15,50 ^{NS}	4,59 ^{NS}
B cúbico d. BRS Sucupira	1	21,69 ^{NS}	0,04 ^{NS}	18,43 ^{NS}	0,04 ^{NS}
Desvio da Regressão d. BRS Sucupira	1	0,3670	0,0573	0,1967	0,1007
Resíduo	60	28,7892	0,0761	80,7444	23,8222
CV (%)		14,7	30,8	11,9	14,7

NS: Não significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

^o: Significativo pelo teste F, ao nível de 10% de probabilidade

*: Significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo pelo teste F, ao nível de 1% de probabilidade.

Quadro 2A. Resumo da análise de variância dos dados referentes ao diâmetro caulinar, área foliar, matéria seca da parte aérea aos 30, 60 e 90 dds.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios				
		Diâmetro caulinar	Área foliar	Matéria seca da parte aérea aos 30 dds	Matéria seca da parte aérea aos 60 dds	Matéria seca da parte aérea aos 90 dds
Cultivar	4	0,00561 ^{NS}	2378012,0**	0,5605223 ^{NS}	25,53370 ^{NS}	146,7043*
Dose de B	5	0,00335 ^{NS}	347106,0 ^{NS}	0,4276258 ^{NS}	6,526126 ^{NS}	51,35950 ^{NS}
B linear d. CNPA 8H	1	0,000163 ^{NS}	88836,75 ^{NS}	0,39 ^{NS}	11,38 ^{NS}	2,60 ^{NS}
B quad. d. CNPA 8H	1	0,0012 ^{NS}	403690,10 ^{NS}	0,019 ^{NS}	0,40 ^{NS}	124,24 ^o
B cúbico d. CNPA 8H	1	0,00027 ^{NS}	121694,30 ^{NS}	0,52 ^{NS}	31,53 ^{NS}	5,72 ^{NS}
Desvio da Regressão d. CNPA 8H	1	0,0172	196,751	0,0927	0,1099	0,1865
B linear d. BRS Aroeira	1	0,001717 ^{NS}	1304365,0*	0,25 ^{NS}	19,10 ^{NS}	45,79 ^{NS}
B quad. d. BRS Aroeira	1	0,004629 ^{NS}	1721719,0*	1,49*	7,69 ^{NS}	49,62 ^{NS}
B cúbico d. BRS Aroeira	1	0,001902 ^{NS}	387841,80 ^{NS}	0,01 ^{NS}	36,92 ^{NS}	28,99 ^{NS}
Desvio da Regressão d. BRS Aroeira	1	0,0130	209,764	0,1549	0,1269	0,1172
B linear d. BRS Antares	1	0,001851 ^{NS}	584680,9 ^{NS}	0,00067 ^{NS}	2,44 ^{NS}	4,55 ^{NS}
B quad. d. BRS Antares	1	0,006706 ^{NS}	372753,4 ^{NS}	0,52 ^{NS}	0,32 ^{NS}	18,54 ^{NS}
B cúbico d. BRS Antares	1	0,002194 ^{NS}	24,625 ^{NS}	0,41 ^{NS}	11,85 ^{NS}	4,16 ^{NS}
Desvio da Regressão d. BRS Antares	1	0,0180	129,53	0,1460	0,6108	0,6057
B linear d. BRS Ipê	1	0,003067 ^{NS}	517974,0 ^{NS}	0,27 ^{NS}	18,06 ^{NS}	52,28 ^{NS}
B quad. d. BRS Ipê	1	0,000032 ^{NS}	48754,59 ^{NS}	1,14 ^o	5,06 ^{NS}	0,57 ^{NS}
B cúbico d. BRS Ipê	1	0,005166 ^{NS}	3763,75 ^{NS}	0,58 ^{NS}	23,89 ^{NS}	66,78 ^{NS}
Desvio da Regressão d. BRS Ipê	1	0,0116	128,51	0,1631	0,7856	0,2230
B linear d. BRS Sucupira	1	0,000966 ^{NS}	129963,80 ^{NS}	0,40 ^{NS}	18,63 ^{NS}	8,74 ^{NS}
B quad. d. BRS Sucupira	1	0,005157 ^{NS}	336711,90 ^{NS}	0,03 ^{NS}	4,08 ^{NS}	47,39 ^{NS}
B cúbico d. BRS Sucupira	1	0,008675 ^{NS}	1160622,00*	0,45 ^{NS}	30,91 ^{NS}	56,90 ^{NS}
Desvio da Regressão d. BRS Sucupira	1	0,0203	173,10	0,0858	0,8039	0,1290
Resíduo	60	0,00642	265910,0	0,3167256	18,85165	44,36020
CV (%)		9,5	21,1	22,2	30,3	24,7

NS: Não significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

^o: Significativo pelo teste F, ao nível de 10% de probabilidade

*: Significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo pelo teste F, ao nível de 1% de probabilidade.

Quadro 3A. Resumo da análise de variância¹ dos dados referentes ao número de botões florais, de flores e de frutos por planta e dias para a abertura da primeira flor de cultivares de algodoeiro.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios			
		Número de botões florais/planta	Número de flores/planta	Número de frutos/planta	Dias para a abertura da primeira flor
Cultivar	4	0,9263425 ^{NS}	0,2193626 ^{NS}	1,570229**	0,1132519**
Dose de B	5	0,2024092 ^{NS}	0,5184749 ^{NS}	0,3364817 ^{NS}	0,0514937*
B linear d. CNPA 8H	1	0,072736 ^{NS}	1,9682*	0,2404 ^{NS}	0,03132 ^{NS}
B quad. d. CNPA 8H	1	0,000121 ^{NS}	0,5552 ^{NS}	0,0156 ^{NS}	0,0065 ^{NS}
B cúbico d. CNPA 8H	1	0,06843 ^{NS}	0,2129 ^{NS}	0,0019 ^{NS}	0,0076 ^{NS}
Desvio da Regressão d. CNPA 8H	1	0,0585	0,0598	0,0515	0,0106
B linear d. BRS Aroeira	1	0,148761 ^{NS}	0,0163 ^{NS}	0,0233 ^{NS}	0,1781**
B quad. d. BRS Aroeira	1	0,933635 ^{NS}	0,0317 ^{NS}	0,0348 ^{NS}	0,0001 ^{NS}
B cúbico d. BRS Aroeira	1	0,176356 ^{NS}	0,5739 ^{NS}	0,3295 ^{NS}	0,0363 ^{NS}
Desvio da Regressão d. BRS Aroeira	1	0,0848	0,0741	0,0629	0,0203
B linear d. BRS Antares	1	0,001156 ^{NS}	0,2274 ^{NS}	0,2977 ^{NS}	0,0842*
B quad. d. BRS Antares	1	0,490054 ^{NS}	0,0381 ^{NS}	0,2669 ^{NS}	0,0008 ^{NS}
B cúbico d. BRS Antares	1	0,162192 ^{NS}	0,6027 ^{NS}	0,0043 ^{NS}	0,00001 ^{NS}
Desvio da Regressão d. BRS Antares	1	0,0709	0,0697	0,0704	0,0176
B linear d. BRS Ipê	1	0,620489 ^{NS}	0,3035 ^{NS}	0,1727 ^{NS}	0,0013 ^{NS}
B quad. d. BRS Ipê	1	0,132512 ^{NS}	0,0560 ^{NS}	0,0139 ^{NS}	0,0315 ^{NS}
B cúbico d. BRS Ipê	1	0,167879 ^{NS}	0,0161 ^{NS}	0,6717*	0,0135 ^{NS}
Desvio da Regressão d. BRS Ipê	1	0,0734	0,0652	0,0635	0,0176
B linear d. BRS Sucupira	1	0,925286 ^{NS}	0,0638 ^{NS}	0,3347 ^{NS}	0,0127 ^{NS}
B quad. d. BRS Sucupira	1	0,188117 ^{NS}	0,2387 ^{NS}	1,3633*	0,0030 ^{NS}
B cúbico d. BRS Sucupira	1	0,048545 ^{NS}	0,4308 ^{NS}	0,0010 ^{NS}	0,0030 ^{NS}
Desvio da Regressão d. BRS Sucupira	1	0,0901	0,0660	0,0484	0,0112
Resíduo	60	0,4586739	0,336356	0,2402139	0,0157558
CV (%)		17,3	105,3	22,1	1,7

NS: Não significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

°: Significativo pelo teste F, ao nível de 10% de probabilidade

*: Significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo pelo teste F, ao nível de 1% de probabilidade.

1. Análises realizadas em dados transformados em \sqrt{x} .

Quadro 4A. Resumo da análise de variância¹ dos dados referentes ao número de ramos vegetativos, de ramos reprodutivos e de estruturas reprodutivas que sofreram abscisão por planta de cultivares de algodoeiro.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		Número de ramos vegetativos/planta	Número de ramos reprodutivos/planta	Número de estruturas reprodutivas que sofreram abscisão/planta
Cultivar	4	0,7201473 ^{NS}	0,1650537*	1,834823*
Dose de B	5	0,378582 ^{NS}	0,02133791 ^{NS}	0,1867818 ^{NS}
B linear d. CNPA 8H	1	0,0220 ^{NS}	0,0224 ^{NS}	0,0491 ^{NS}
B quad. d. CNPA 8H	1	0,0808 ^{NS}	0,00009 ^{NS}	0,4533 ^{NS}
B cúbico d. CNPA 8H	1	0,1996 ^{NS}	0,0214 ^{NS}	0,3173 ^{NS}
Desvio da Regressão d. CNPA 8H	1	0,0544	0,0215	0,0666
B linear d. BRS Aroeira	1	0,0028 ^{NS}	0,0310 ^{NS}	0,5116 ^{NS}
B quad. d. BRS Aroeira	1	0,1113 ^{NS}	0,0868 ^{NS}	0,0617 ^{NS}
B cúbico d. BRS Aroeira	1	1,0694 ^{NS}	0,0384 ^{NS}	0,0569 ^{NS}
Desvio da Regressão d. BRS Aroeira	1	0,0802	0,0207	0,0837
B linear d. BRS Antares	1	0,1997 ^{NS}	0,0375 ^{NS}	0,0083 ^{NS}
B quad. d. BRS Antares	1	0,8105 ^{NS}	0,0001 ^{NS}	0,3021 ^{NS}
B cúbico d. BRS Antares	1	1,0361 ^{NS}	0,0003 ^{NS}	0,0321 ^{NS}
Desvio da Regressão d. BRS Antares	1	0,0752	0,0232	0,0937
B linear d. BRS Ipê	1	0,1509 ^{NS}	0,0166 ^{NS}	0,0007 ^{NS}
B quad. d. BRS Ipê	1	1,0506 ^{NS}	0,0251 ^{NS}	0,6240 ^{NS}
B cúbico d. BRS Ipê	1	0,0103 ^{NS}	0,0151 ^{NS}	0,0341 ^{NS}
Desvio da Regressão d. BRS Ipê	1	0,0857	0,0230	0,0878
B linear d. BRS Sucupira	1	0,0871 ^{NS}	0,0274 ^{NS}	0,1591 ^{NS}
B quad. d. BRS Sucupira	1	0,0231 ^{NS}	0,1721 [°]	0,1178 ^{NS}
B cúbico d. BRS Sucupira	1	0,0673 ^{NS}	0,1612 [°]	0,4344 ^{NS}
Desvio da Regressão d. BRS Sucupira	1	0,0730	0,0397	0,0741
Resíduo	60	0,3855899	0,05322008	0,4619722
CV (%)		57,3	6,5	24,6

NS: Não significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

°: Significativo pelo teste F, ao nível de 10% de probabilidade

*: Significativo pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo pelo teste F, ao nível de 1% de probabilidade.

1. Análises realizadas em dados transformados em \sqrt{x} .