



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**



**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

# **DISSERTAÇÃO**

**“AVALIAÇÃO DE DOSES DE ZINCO E BORO NO ALGODOEIRO HERBÁCEO  
SOB CONDIÇÕES DE SEQUEIRO”**

**JOÃO HERBERT DE ALBUQUERQUE**

**CAMPINA GRANDE, PARAÍBA**

**ABRIL – 2007**

**“AVALIAÇÃO DE DOSES DE ZINCO E BORO NO ALGODOEIRO  
HERBÁCEO SOB CONDIÇÕES DE SEQUEIRO”**

**JOÃO HERBERT DE ALBUQUERQUE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:** Irrigação e Drenagem

**ORIENTADORES:** Prof. Dr. José Dantas Neto

Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão

**CAMPINA GRANDE, PARAÍBA  
ABRIL - 2007**

DIGITALIZAÇÃO:  
SISTEMOTECA - UFCG

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

A345a

2007 Albuquerque, João Herbert de.

Avaliação de doses de zinco e boro no algodoeiro herbáceo, sob condições de sequeiro / João Herbert de Albuquerque. — Campina Grande, 2007.

62f. : il

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Dr. José Dantas Neto, Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão.

1. *Gossypium hrssutum*. 2. Adubação boratada e zincatada.. 3. Qualidade de fibra. 4. Produtividade. 5. Altura de planta. I. Título.

CDU 633.511(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

JOÃO HERBERT DE ALBUQUERQUE

AVALIAÇÃO DE DOSES DE ZINCO E BORO NO ALGODOEIRO HERBÁCEO, SOB  
CONDIÇÕES DE SEQUEIRO

BANCA EXAMINADORA

PARECER

José Dantas Neto  
Dr. José Dantas Neto - Orientador

APROVADO

Napoleão E. de M. Beltrão  
Dr. Napoleão Esberard de M. Beltrão - Orientador

APROVADO

Francisco Assis de Oliveira  
Dr. Francisco de Assis Oliveira - Examinador

APROVADO

Carlos Alberto Vieira de Azevedo  
Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo - Examinador

APROVADO

ABRIL - 2007

---

***Com muito Amor***

*A meus filhos, João Filho e Júlio César, obra de Deus, algo muito especial que ocorreu em minha vida.*

*A minha esposa Juçara Andrade.*

***Com Profunda Admiração***

*A meus pais, José Fausto e Maria Lúcia, em especial a minha mãe, pela presença constante em minha vida, incentivando-me e me apoiando em prol de um futuro mais promissor.*

***Com Muito Carinho e Afeto***

*A meus irmãos, Giselle e Robson, pelo apoio em todos os momentos.*

***Dedico***

## AGRADECIMENTOS

*A Deus e a Nosso Senhor Jesus Cristo, por me iluminarem e proteger em toda esta trajetória, dando-me força, sabedoria, inteligência e coragem para seguir em frente e superar mais esta etapa na minha vida.*

*A minha Família, pelo apoio, incentivo e força em prol de mim, nesta caminhada, meu muito obrigado.*

*À Universidade Federal de Campina Grande, pela transferência de conhecimentos, por mais um aprendizado e fazer parte da realização deste ideal.*

*Aos Professores da Universidade Federal da Paraíba que fizeram parte deste contexto, pela paciência, orientação e todos os ensinamentos transmitidos durante minha trajetória, quando mestrando.*

*Ao Centro Nacional de Pesquisa de Algodão - CNPA, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, pela oportunidade fundamental em realização deste trabalho.*

*Ao grande mestre, com muita atenção e respeito, Napoleão Beltrão, pela oportunidade, amizade, sabedoria, profissionalismo e eficiente orientação ao longo do experimento.*

*Ao professor José Dantas Neto, pela orientação, amizade, profissionalismo e incentivo durante toda a minha trajetória em prol da confecção deste trabalho.*

*As bibliotecárias da EMBRAPA Algodão, Elizabete, Luzimar, Graça, Cleide e Guilherme, pelo apoio e paciência na parte bibliográfica.*

*Aos Colegas de turma, cuja presença na minha trajetória em sala de aula, incentivo e amizade, especial ao grande amigo Spachson de Souza, durante todo o período quando mestrando, foram fundamentais.*

*Com muito carinho, à professora Josivanda P. Gomes (Coordenadora da Pós-Graduação em Engenharia Agrícola).*

*A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para o bom desempenho deste trabalho.*

**Muito Obrigado !!!**

## SUMÁRIO

	Páginas
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1. GENERALIDADES.....	4
2.2. IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DO ALGODÃO.....	6
2.3. BORO NA CULTURA DO ALGODOEIRO.....	7
2.3.1. Fatores que afetam a disponibilidade de boro.....	10
2.3.1.1. pH.....	10
2.3.1.2. Tipo de argila.....	11
2.3.1.3. Textura.....	12
2.3.1.4. Teor de matéria orgânica do solo.....	12
2.3.1.5. Umidade do solo.....	13
2.3.1.6. Compostos de ferro e alumínio.....	14
2.4. ZINCO NA CULTURA DO ALGODOEIRO.....	15
2.4.1. Fatores que afetam a disponibilidade de zinco.....	16
2.4.1.1. pH do solo.....	16
2.4.1.2. Solos com altos teores de fósforo.....	16
2.4.1.3. Matéria orgânica do solo.....	16
2.4.1.4. Irrigação.....	17
2.4.1.5. Lixiviação.....	17
2.4.1.6. Solos fíos e encharcados.....	17
2.4.1.7. Atividade biológica do solo.....	17
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
3.1. DADOS DO LOCAL DO EXPERIMENTO.....	18
3.2. PRECIPITAÇÃO PLUVIAL.....	20
3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	21
3.3.1. O MODELO MATEMÁTICO.....	21
3.3.2. ESQUEMA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA.....	22
3.3.3. UNIDADE EXPERIMENTAL.....	22



3.3.4. DETALHE DA PARCELA.....	23
3.4. PREPARO DO SOLO, ADUBAÇÃO E PLANTIO.....	23
3.5. DEFINIÇÃO DOS TRATAMENTOS.....	24
3.6. CROQUI DE CAMPO.....	25
3.7. QUANTIDADE DE ADUBO (MICRONUTRIENTES).....	26
3.8. CARACTERÍSTICA DA VARIEDADE BRS – 201.....	27
3.9. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	27
3.9.1. Controle de plantas daninhas.....	27
3.9.2. Controle das pragas.....	28
3.10. VARIÁVEIS AVALIADAS.....	29
3.10.1. Características agronômicas.....	29
3.10.1.1. Altura média final de planta.....	29
3.10.1.2. Diâmetro médio de caule.....	29
3.10.1.3. Área foliar média de planta.....	29
3.10.1.4. Produtividade.....	30
3.10.1.5. Percentagem de fibras.....	30
3.10.1.6. Peso de 1 capulho.....	30
3.10.2. Características tecnológicas da fibra.....	30
3.10.2.1. Comprimento da fibra em mm (UHM).....	30
3.10.2.2. Uniformidade de comprimento em % (UNF).....	30
3.10.2.3. Índice de fibras curtas em % (SFI).....	31
3.10.2.4. Resistência de fibra em gf/tex (STR).....	31
3.10.2.5. Alongamento da fibra em % (ELG).....	31
3.10.2.6. Finura em micronaire em ug/in (MIC).....	31
3.10.2.7. Reflectância (%) (Rd).....	31
3.10.2.8. Amarelecimento da fibra (+ b).....	31
3.10.2.9. Índice de fiabilidade (CSP).....	31
3.10.2.10. Maturidade (MAT).....	32
3.11. ANÁLISE DE CRESCIMENTO.....	32
3.12. CONDUÇÃO EXPERIMENTAL.....	32
3.13. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	32
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
4.1. ALTURA FINAL DE PLANTA.....	33
4.2. DIÂMETRO DO CAULE.....	36
4.3. ÁREA FOLIAR.....	38

4.4. PRODUTIVIDADE DE ALGODÃO EM RAMA.....	40
4.5. PESO DE 100 SEMENTES.....	42
4.6. PESO DE PLUMA.....	42
4.7. PERCENTAGEM DE FIBRA.....	42
4.8. PESO DE 1 CAPULHO.....	43
4.9. COMPRIMENTO DA FIBRA (UHM).....	44
4.10. UNIFORMIDADE DE COMPRIMENTO (UNF).....	45
4.11. ÍNDICE DE FIBRAS CURTAS (SFI).....	45
4.12. RESISTÊNCIA DA FIBRA (STR).....	46
4.13. ALONGAMENTO DA FIBRA (ELG).....	46
4.14. FINURA EM MICRONAIRE (MIC).....	47
4.15. UNIDADE DE MEDIDA DA REFLECTÂNCIA (RD).....	48
4.16. AMARELECIMENTO DA FIBRA (+ B).....	48
4.17. ÍNDICE DE FIABILIDADE (CSP).....	49
4.18. MATURIDADE (MAT).....	50
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>52</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>53</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Precipitação pluvial	15
2 Estimativa dos valores da característica altura de planta (AP) aos 30, 60 e 120 dias após a emergência (dae), em função de níveis crescentes de Boro e Zinco no algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, Missão Velha – CE, 2003.....	30
3 Estimativa dos valores da característica diâmetro caulinar (DC, mm) aos 60 e 90 dias após a emergência (dae), em função de níveis crescentes de Boro (B, kg.ha <sup>-1</sup> ) e Zinco (Zn, kg.ha <sup>-1</sup> ), na cultura do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, Missão Velha – CE, 2003.....	32
4 Estimativa dos valores da característica área foliar aos 90 dias após a emergência (dae), em função de níveis crescentes de zinco (Zn, kg.ha <sup>-1</sup> ) no algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, Missão Velha – CE, 2003.....	33
5 Estimativa dos valores do parâmetro percentagem de fibra, em função de níveis crescentes de Boro e Zinco, na cultura do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, Missão Velha – CE, 2003.....	38
6 Estimativa dos valores do parâmetro uniformidade da fibra, avaliada em função de níveis crescentes de Boro e Zinco no algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, Missão Velha – CE, 2003.....	40
7 Estimativa dos valores do parâmetro alongamento da fibra em função de níveis crescentes de Boro e Zinco no algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, Missão Velha – CE, 2003.....	42
8 Estimativa dos valores da característica índice micronaire em função de níveis crescentes de Boro e Zinco no algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, Missão Velha – CE, 2003.....	43
9 Estimativa dos valores da característica grau de amarelecimento (+b), avaliada em função de níveis crescentes de Boro e Zinco, na cultura do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, Missão Velha – CE, 2003.....	44
10 Estimativa dos valores da característica índice de fiabilidade, avaliada em função de níveis crescentes de Boro e Zinco no algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, Missão Velha – CE, 2003.....	45
11 Estimativa dos valores da característica maturidade em função de níveis crescentes de Boro e Zinco no algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, Missão Velha – CE, 2003.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Resultado das análises química e física do solo da área experimental, no município de Missão Velha – CE, 2003.....	16
2 Esquema da análise.....	17
3 Identificação dos tratamentos.....	19
4 Quantidade de micronutrientes por parcela.....	21
5 Controle de plantas daninhas.....	22
6 Controle de pragas.....	23
7 Resumos das análises de variância da altura da planta em quatro épocas: 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência (dae) do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, em função de níveis crescentes de Boro e Zinco. Missão Velha – CE, 2003.....	28
8 Resumos das análises de variância do diâmetro caulinar da planta em quatro épocas: 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência (dae) do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, em função de níveis crescentes de Boro e Zinco. Missão Velha – CE, 2003.....	31
9 Resumos das análises de variância da área foliar, em três épocas: 30, 60 e 90 dias após a emergência (dae) do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, em função de níveis crescentes de Boro e Zinco. Missão Velha – CE, 2003.....	33
10 Resumos das análises de variância da produção de algodão em caroço (PAC), peso de 100 sementes (P/100S), peso de algodão em pluma (PP), percentagem de fibra (% Fibra) e peso de 1 capulho (P1C) do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, em função de níveis de Boro e Zinco. Missão Velha – CE, 2003.....	35
11 Resumo da análise de variância da produção de algodão em rama (PAR) e os valores obtidos, em função dos níveis crescentes de Boro e Zinco no algodoeiro herbáceo cv. BRS 201. Missão Velha – CE, 2003.....	36
12 Resumos das análises de variância das características tecnológicas da fibra [Comprimento da fibra (UHM), Uniformidade de comprimento (UNF), Índice de fibras curtas (SFI), Resistência de fibra (STR), Alongamento da fibra (ELG), Finura em micronaire (MIC), Unidade de medida da reflectância (Rd), Amarelecimento da fibra (+ b), Índice de fiabilidade (CSP)] do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, em função de níveis crescentes de Boro e Zinco. Missão Velha – CE, 2003.....	39



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA  
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola  
Área de Irrigação e Drenagem

**Dissertação de Mestrado:** Avaliação de doses de zinco e boro no algodoeiro herbáceo, em condições de sequeiro

**Autor:** João Herbert de Albuquerque

**Orientadores:** Prof. Dr. José Dantas Neto

Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão

## RESUMO

Devido à sua posição de segunda maior produtora de algodão no Brasil, a região Nordeste é, aqui, uma das culturas mais importantes, haja vista que a deficiência ou o excesso de qualquer nutriente pode comprometer a produtividade e a qualidade de várias características intrínsecas ao algodoeiro; foi pensando nisto que se propôs estudar, em condições de campo, avaliar os efeitos de doses da adubação com boro e zinco, e a influência isolada e/ou em conjunto sobre algumas características do crescimento, desenvolvimento, produtividade do algodão e qualidade de fibra na cultura desta malvácea. O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Embrapa Algodão, no município de Missão Velha, CE, no Cariri cearense, de fevereiro a junho de 2003, em solo franco/arenoso, cujo delineamento experimental foi blocos ao acaso e os tratamentos distribuídos em esquema fatorial  $4 \times 4 + 1$ , sendo quatro doses de boro (0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 kg.ha<sup>-1</sup> (na forma de Ácido Bórico com 17% de B) e quatro doses de zinco (0,0; 0,4; 0,8 e 1,2 kg.ha<sup>-1</sup> (na forma de Sulfato de Zinco com 20% de Zn) e mais uma testemunha relativa (adubação de NPK), com quatro repetições, perfazendo o total de 68 parcelas cultivar BRS-201; cada parcela ocupava uma área de 20,0 m<sup>2</sup> (4,0 m x 5,0 m), sendo que a área útil de cada parcela era de 2,0 m x 4,0 m = 8,0 m<sup>2</sup>, contendo quatro fileiras cada uma; utilizaram-se as duas centrais para produtividade e qualidade da fibra. Das variáveis, estudaram-se: altura de planta (AP), diâmetro caulinar de planta (DC) e área foliar de planta (AF) aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência das plântulas (dae), produção de algodão em rama (PAR), peso de 100 sementes (P/100S), peso de algodão em pluma (PP), percentagem de fibra (% Fibra), peso de 1 capulho (PIC) e as características tecnológicas da fibra (comprimento da fibra (UHM), uniformidade de comprimento (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência de fibra (STR), alongamento da fibra (ELG), finura em micronaire

(MIC), reflectância (Rd), amarelecimento da fibra (+ b) e fiabilidade (CSP)). Os resultados permitem afirmar que para a variável AP houve efeitos significativos ( $P \leq 0,01$  e  $P \leq 0,05$ ) das doses de B aos 30 e 60 dae respectivamente; efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) dos níveis de Zn aos 120 dae além de efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) da interação entre B e Zn aos 90 dae; para o DC, o efeito foi quadrático e linear ( $P \leq 0,01$  e  $P \leq 0,05$ ) dos níveis de B aos 60 e 120 dae, respectivamente; efeito linear ( $P \leq 0,05$  e  $P \leq 0,01$ ) dos níveis de Zn aos 90 e 120 dae, respectivamente; ocorreu efeito quadrático e linear ( $P \leq 0,01$ ) dos níveis de B e Zn sobre a AF aos 60 e 90 dae, respectivamente; porém os níveis de B e Zn adicionados ao solo não influenciaram significativamente as variáveis PAC, P/100S, PP e P1C, mas houve efeito linear ( $P \leq 0,05$ ) dos níveis de Zn sobre a característica % Fibra; já para as características tecnológicas da fibra, o efeito foi linear sobre os níveis de B para as variáveis MIC, +b e CSP e, para os níveis de Zn, o efeito também foi linear sobre as variáveis UNF e ELG; para a variável MAT ocorreu efeito ( $P \leq 0,05$ ) e ( $P \leq 0,01$ ), entre os níveis crescentes de B e Zn, respectivamente.

---

**Palavras-chave:** qualidade de fibra, *Gorsypium hirsutum* L., produtividade, adubação boratada, adubação zincatada



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA

Pós-graduação em Engenharia Agrícola

Área de Irrigação e Drenagem

**M. Sc. Thesis:** Evaluation of boron and zinc fertilization on annual cotton, under dry farming conditions, in Semi-arid Northeast, Brazil.

**Author:** João Herbert de Albuquerque

**Supervisors:** Prof. Dr. José Dantas Neto

Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão

### ABSTRACT

Brazilian Northeast is in second place in cotton production in Brazil. In addition, cotton growing is one of the most important crops to Semi-arid Northeast. As in any semi-arid zone, soils have their deficiencies, that might affect yield and fiber quality. Aiming these aspects, a trial was conducted to study, under field conditions, the effect of some levels of zinc and boron fertilization, on growth, development, yield and some fiber characteristics of annual cotton (*Gossypium hirsutum* L. – cv. BRS-2001). It was conducted at Embrapa Algodão Experimental Field, located at Missão Velha Municipality, Cariri Region, Ceará State, in the period February-June/2003, in a franc-sandy soil. It was composed of 17 treatments in a randomly complete block design, distributed in a  $4 \times 4 + 1$  factorial arrangement, involving four levels of boron (0; 2; 4 and 6  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) as boric acid (17% of B) combined with four levels of zinc (0,0; 0,4; 0,8 and 1,2  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) as zinc sulphate (20% of Zn), in addition to testimony that received only NPK fertilization. Four repetitions were used, totalizing 68 plots. Plot area was 20,0  $\text{m}^2$  (4 x 5 m), with four crop lines, but only two central lines were evaluated, composing a test area of 8  $\text{m}^2$  (2 x 4 m). The following crop parameters were evaluated: Plant Height (PH), Canopy Diameter (CD) and Leaf Area Index (LAI) at 30, 60, 90 and 120 days after emergency (dae), Cotton Productivity (CP), 100 seeds weight (W/100), Lint yield (LY), Fiber percent (fiber %) and Boll Weight (BW). Some technological characteristics of fiber were also studied such as: Length (FL) and Length Uniformity (LU), Short Fiber Index (SFI), Resistance to Rupture (FRR) and Elongation (FE), Micronaire Index (MI), Reflectance (Rd), Yellowness Degree (+ b) and Spinning Ability (SA). Data showed that for PH, there was significant effect ( $P < 0.05$ ) of B levels at 30 and 60 dae, of Zn levels at

120 dae, and of the interaction of B and Zn at 90 dae. For CD, there was quadratic and linear effect ( $P < 0.01$ ) of B levels at 60 and 120 dae respectively, and linear effect ( $P < 0.05$ ) of Zn levels at 90 and 120 dae. There was significant quadratic and linear effect of B and Zn levels on LAI at 60 and 90 dae. However, B and Zn fertilization had no significant ( $P > 0.05$ ) effect on CP, W/100, LY and BW, but a linear effect was detected of Zn levels on fiber %. Regarding technological characteristic of fiber parameters, there was linear effect of B levels on MI, + b and SA. Zn levels had linear effect on LU and FE. Regarding parameter MAT, there was significant effects among crescent levels of B ( $P < 0.05$ ) and Zn ( $P < 0.01$ ), respectively.

---

**Key-words:** Fiber quality, *Gossypium hirsutum*, productivity, boron fertilization, zinc fertilization.



## 1. INTRODUÇÃO

Em vários Estados da região Nordeste, os Governos Estaduais e Municipais têm desenvolvido ações para a reativação da cotonicultura com bases racionais e tecnológicas. Para a melhoria da produtividade e da qualidade extrínseca do algodão e dependendo esta última da colheita e do armazenamento, tem-se que fazer difusão e transferência de tecnologias não apenas para os produtores mas também para os beneficiadores e até para as indústrias, ressaltando-se ainda que, se houver vontade coletiva, pode-se produzir um dos melhores algodões do mundo (BELTRÃO, 1999).

Aliada à rota genética via desenvolvimento de cultivares com adaptabilidade e estabilidade para o cultivo em várias sub-regiões do Nordeste, em especial as definidas no zoneamento agrícola para o algodão perene (Amorim Neto et al., 1997), é imprescindível definir, a nível experimental, os componentes da rota ambiental, envolvendo populações de plantas, manejo de pragas e plantas daninhas, a adubação e suas interações com outros fatores de produção, dentre outros, visto que as possibilidades existem (Beltrão et al., 1994; Beltrão et al., 1995) porém os passos tecnológicos necessitam ser estabelecidos e mensurados, considerando-se os princípios mesológicos (lei do mínimo e do holocenotismo ambiental).

Apesar da redução acentuada na área plantada e na produção do algodão nordestino decrescendo de mais de três milhões de hectares plantados na década de 80 (CONAB, 1996) para somente 9.391 ha (arbóreo) e 135.755 ha (herbáceo) na safra de 1999 (Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 1999), a cultura do algodão anual (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.), é potencialmente muito importante para o meio rural nordestino vez que pode gerar milhares de empregos e abastecer a indústria têxtil da região, com um consumo anual de cerca de 300.000t de pluma, logrando o segundo pólo de consumo do Brasil e o terceiro da América Latina, perdendo apenas para São Paulo e o México (Pessoa, 1997, Sinditêntil/ABTT, 1998 e Cotton, 1999), situando-se o Estado do Ceará como maior consumidor da região (Silva Júnior et al., 1999); além disso, tem um dos menores custos de produção do mundo tanto de sequeiro quanto irrigado (Freire & Beltrão, 1997).

A safra 2006/07 se caracteriza pela retomada de crescimento na produção de algodão do Brasil, atentando-se para o fato de que, ocorrendo a colheita conforme o previsto, será maior o volume obtido até então. De acordo com o levantamento da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) em junho de 2007, o plantio de 1,09 milhão de

hectares deve resultar em 3,75 milhões de toneladas de algodão em caroço, com avanço de 37,2 % frente aos 2,72 milhões de toneladas do período 2005/2006. O montante atual é estimado em 1,46 milhão de toneladas de pluma e 2,29 milhões de toneladas de caroço; esses dados são, respectivamente, 40,3 e 35,9% maiores que os imediatamente anteriores, em que o Estado do Mato Grosso é responsável por 54,4 % da área nacional. O clima foi o aliado da produtividade que subiu, em relação aos últimos dois anos passando, no caso da pluma, de 1.212 quilos por hectare para 1.338 quilos por hectare (ANUÁRIO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 2007).

A sustentabilidade da produção está no fato de que, em curto espaço de tempo, o Brasil se adaptou às exigências dos principais compradores do algodão brasileiro, haja vista que em 2006 o Brasil embarcou 304.504 mil toneladas para 42 países com receita de R\$338 milhões, segundo dados do Departamento de Operações e Comércio Exterior (Decex) cujos principais destinos, foram: Paquistão, Indonésia, Coréia do Sul, Argentina e Taiwan, segundo dados do Anuário Brasileiro do Algodão (2007).

Ativador de várias enzimas, o zinco atua na síntese de proteínas na época da floração. Em solos ácidos corrigidos por calagem e adubação mineral, a omissão do micronutriente chegou a deprimir, em 28%, a produção do algodoeiro (MCCLUNG et al., 1961).

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 Touro, RN, onde se tem cultivado algodão sob sistema de irrigação. Nesses solos o algodoeiro sob irrigação apresenta maiores chances de deficiência em boro, devido a facilidade de lixiviação deste micronutriente. Por outro lado, para a cotonicultura no Nordeste deve ser levado 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.

Atualmente as informações mais precisas diz respeito aos macronutrientes, e assim são necessários estudos mais direcionados para os trabalhos com micronutrientes no algodoeiro, pois já é sabido que a falta ou excesso de qualquer nutriente, compromete a produtividade e a qualidade de várias outras características intrínsecas ao algodoeiro, seja em cultivo de sequeiro e/ou irrigado.

Como a busca do aumento da produtividade e a redução de custos, é a meta de todos os pesquisadores e produtores de algodão e, tendo em visto que o produto final é um

reflexo direto do crescimento e desenvolvimento da cultura e da resposta da cultura aos métodos aplicados direcionados para adubação dos micronutrientes. Quanto a falta ou excesso de B e Zn o conhecimento do comportamento das cultivares de algodoeiro é relevante para propor recomendações de corretivo e fertilizantes, escolha de cultivares e programas de melhoramento genético.

Objetivou-se, com esta pesquisa, estudar os efeitos da adubação com boro e zinco e a influência isolada e/ou em conjunto com estes sobre algumas características do crescimento, desenvolvimento, produtividade do algodão e qualidade de fibra na cultura do algodoeiro herbáceo em condições de sequeiro.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades

Obedecendo aos critérios da botânica sistemática, o algodoeiro herbáceo, espécie vegetal de ciclo anual, é descrito e classificado como pertencente à ordem *Malvaceae*, à tribo *Hibisceae*, ao gênero *Gossypium* e à espécie *Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch. (LAGIÈRE, 1969).

Quanto à formulação de uma idéia a respeito da importância da cotonicultura, encontra-se registro de que, durante décadas, esta atividade, figurou como tradicional e de importância socioeconômica para a região semi-árida do Nordeste do Brasil (Sudene, 1979), devido sobretudo ao grande contingente de mão-de-obra que congrega direta e indiretamente.

O algodoeiro é uma planta perene, com hábito de crescimento indeterminado, porém adaptada para produzir comercialmente, como se fosse uma espécie anual. A planta é considerada xerófila, e explorada principalmente nas regiões úmidas e sob regime de irrigação (LANDIVAR et al., 1999).

Esta malvácea é uma das espécies vegetais cultivadas mais antigas do mundo; ressalta-se que as primeiras referências registram seu cultivo alguns séculos antes de Cristo. No Brasil, sabe-se que na época do descobrimento os indígenas já cultivavam o algodão e o transformavam em fios e tecidos, sendo sua fibra a mais cultivada pelo homem e a mais importante das fibras têxteis (RICHETTI & MELO FILHO, 1998).

Hermani & Salton (1998), afirmam que o algodão deve ser cultivado como parte de um programa sistemático de rotação de culturas, em glebas aptas para culturas anuais, adotando-se operações e técnicas agrícolas que permitam obter o máximo retorno econômico com um mínimo de efeitos deletérios sobre o ambiente.

A região Nordeste apresenta condições climáticas favoráveis à cultura, uma vez que muitas de suas áreas atendem às condições climáticas especificadas, além de precipitação anual variando entre 500 e 1500mm, bem distribuídos ao longo do ciclo da cultura, e solos argilosos de textura média, bem drenados e profundos, com pH em torno de 5,5 a 7,0 e declividade inferior a 10%, faixas de temperatura entre 18 °C e 30 °C, elevada densidade de fluxo radiante e insolação (Amorim Neto & Beltrão, 1992; Souza e Beltrão, 1999).

A exigência nutricional de qualquer planta é determinada pela quantidade de nutrientes que ela extrai durante o seu ciclo para a obtenção de produções econômicas (STAUT & KURIHARA, 1998).

O Estado da Paraíba apresenta duas regiões com aptidão para o algodoeiro herbáceo: as áreas compreendidas pela região fisiográfica do Agreste, a leste do Estado, e a do Alto Sertão, a oeste. No litoral do Estado, devido à predominância de solos arenosos e altas precipitações praticamente durante todo o ano, as regiões fisiográficas do Cariri e Curimataú, em virtude de apresentarem período chuvoso prolongado com baixas precipitações, ocorrência de orvalho, inversão térmica e predomínio de solos rasos e pedregosos, não se adequam à exploração desse tipo de algodoeiro enquanto a região fisiográfica do Seridó se ajusta ao cultivo do algodoeiro arbóreo (AMORIM NETO & BELTRÃO, 1999).

Ainda Amorim Neto & Beltrão (1999), afirmam que para produtividades elevadas é necessário que os solos sejam bem drenados, pois o algodoeiro é sensível à deficiência, mesmo temporária, de oxigênio nas raízes, férteis ou fertilizados, com saturação de base superior a 75%, de preferência de baixa declividade, menor que 12%, textura equilibrada e boa capacidade de retenção de água, em razão da alta taxa de transpiração.

A fibra, principal produto do algodão, possui mais de quatrocentas aplicações industriais, dentre as quais se pode citar: a confecção de fios para tecelagem de vários tipos de tecido, preparação hidrófilo para enfermagem, confecção de filtro, cobertores e estofamentos e obtenção de celulose, dentre outros (CORRÊA, 1989).

A semente do algodão é rica em óleo (18 a 25%) e contém de 20 a 25% de proteína bruta; depois de refinado, o óleo extraído da semente, é utilizado na alimentação humana e na fabricação de margarina e sabão; o bagaço, subproduto da extração do óleo, é utilizado na alimentação animal devido ao seu alto valor protéico, com 40 a 45% de proteínas (CARVALHO, 1996).

Aragão Júnior *et al.* (1988), consideram a irregularidade pluviométrica um dos fatores que mais têm limitado o rendimento do algodoeiro no Nordeste; representando perdas de até 70% na produção e produtividade (MAGALHÃES *et al.*, 1987).

Quantitativamente, Fuzatto *et al.* (1995), estimaram a necessidade hídrica da cultura em 700 mm de água, para uma produção de 2500 kg ha<sup>-1</sup>. Doorenbos & Kassam (1994) consideram que, durante todo o ciclo vegetativo, o algodoeiro necessita de 700 a 1300 mm de água.

Azevedo *et al.* (1993), encontraram que quanto maior a disponibilidade de água no solo maior também a capacidade de absorção de nutrientes pelas raízes e maior a eficiência fotossintética das folhas.

A produção mundial de algodão está concentrada no hemisfério Norte, onde três países respondem por mais de 60% do total. A safra 2005/06 encerrou com o beneficiamento de 24,814 milhões de toneladas de pluma: a China participou com 5,704 milhões de toneladas; os Estados Unidos com 5,201 milhões de toneladas e a Índia, com 4,148 milhões de toneladas; na seqüência estão Paquistão e o Brasil, em que este registrou 1 milhão de toneladas beneficiadas (Anuário Brasileiro do Algodão, 2007).

Recentemente, a cotonicultura familiar do Nordeste ganhou duas novas variedades de algodão branco: a Seridó e a Araripe, cujas características principais são: maior resistência e tolerância à seca e às doenças e pragas existentes na região (Anuário Brasileiro do Algodão, 2007).

O Centro-Oeste responde por 65% da produção nacional de algodão, com a intenção de se obter variedades mais precoces; apesar da cultivar mais precoce, o cotonicultor tende a perder em produtividade (Anuário Brasileiro do Algodão, 2007).

Os estados do Nordeste totalizam cerca de 30% da produção nacional de algodão mas apresentam baixa produtividade em suas lavouras; para que esta região possa recuperar sua competitividade, a pesquisa sugere investimentos em variedades de pluma colorida que poderiam, inclusive, ser cultivadas de forma orgânica.

## **2.2. Importância socioeconômica do algodão**

O algodão é uma das principais atividades socioeconômicas no mundo, tendo em vista sua cadeia produtiva, razão por que é consumido em mais de cento e cinquenta países; com quase vinte milhões de toneladas de pluma produzidas por ano, esta malvácea emprega milhões de pessoas em sua cadeia, desde o plantio até as indústrias de beneficiamento; emprega, ainda, cerca de dez vezes mais que a soja e tem rentabilidade pelo menos quatro vezes maior e em regiões como o nordeste, onde existe outra opção filotécnica; ele é, portanto, fator de geração e distribuição de renda (BELTRÃO, 1998).

Segundo o mesmo autor, a cultura do algodão na região Nordeste é de grande significância para o crescimento auto-sustentável da região; no entanto, ela vem decaindo nos últimos anos, porém com a introdução da irrigação e de novas cultivares mais resistentes às secas e às pragas com melhoramento genético, os Estados nordestinos vêm

aumentando a sua produtividade, atendendo às exigências da indústria têxtil. Embora não seja cultivado de modo generalizado em todo o território, o algodão está classificado entre as cinco primeiras culturas no tocante ao valor de produção no País (PASSOS et al., 1973).

Cultivado em 17 unidades da Federação, ele ocupa uma área de mais de um milhão de hectares (Anuário Brasileiro do Algodão, 2007); estima-se que a produção de 1.456,2 mil toneladas de pluma e produtividade média seja de 1.338 kg.ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço. Desde a safra 2002/03 a produção nacional de pluma é suficiente para atender ao consumo nacional, atualmente calculado em 920 mil toneladas, pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab); no Nordeste brasileiro a produção é de 425,9 mil toneladas de pluma /ano, de acordo com o Anuário Brasileiro do Algodão (2007).

Nos dias atuais, a participação interna no mercado mundial é de 3,8% com forte perspectiva de aumentar. Estudos realizados pela Ecomtrading mostram que o País tem capacidade de chegar a 9,5% do mercado nos próximos cinco anos, com o embarque de 1 milhão de toneladas de pluma na safra 2012/13 (Anuário Brasileiro do Algodão, 2007).

É notória a preocupação, quanto a substituição dos combustíveis fósseis, originários principalmente do petróleo, por outros mais limpos e renováveis; a meta, agora, está na obtenção de um algodão com maior teor de óleo mas que mantenha a qualidade da fibra; desta forma, a cotonicultura poderia se beneficiar desse processo de expansão das alternativas em bioenergia (Anuário Brasileiro do Algodão, 2007).

### **2.3. Boro na Cultura do Algodoeiro**

O boro é essencial à formação dos tecidos meristemáticos e os sintomas de carência aparecem, em primeiro lugar, nos pontos de crescimento ativo: a gema apical morre, a planta se torna enfezada, com crescimento de muitos ramos laterais, em folhas jovens, de coloração verde-amarelado, são caracterizadas pelo desenvolvimento anormal das nervuras, por fortes irregularidades na forma (MALAVOLTA et al., 1974).

Uma cultura de algodão retira, anualmente por hectare, cerca de 1 kg de boro, cuja deficiência pode ser devida à pobreza do solo, porém é causada, em geral, por um decréscimo na disponibilidade, motivado por calagem excessiva. A deficiência normalmente é corrigida adicionando-se 5-10 kg de bórax por hectare na mistura de fertilizantes (MALAVOLTA et al., 1974).

Dos micronutrientes exigidos pela cultura do algodoeiro o boro não é apenas um dos mais importantes, mas de absorção rápida porém com translocação lenta. Quando aplicado às folhas, tende a se acumular, podendo atingir níveis tóxicos. O limite entre a toxidez e a deficiência é muito estreito. Geralmente, o boro não ocorre em altas concentrações na solução dos solos cultivados, a menos que tenham sido realizadas adubações pesadas; deve-se portanto, ter o cuidado com aplicações foliares excessivas, e, em condições de baixa disponibilidade no solo, preferir as aplicações por ocasião da semeadura, uma vez que as plantas se ressentem da falta de boro já nas primeiras fases de desenvolvimento (STAUT & KURIHARA, 1998).

A deficiência de boro se manifesta, freqüentemente, 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, enquanto os frutos são, em geral, menores, disformes, às vezes com descoloração interna na base; o “ponteiro” das plantas se torna 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 e as gemas apicais morrem; as plantas produzem pouco e têm seu ciclo prolongado; 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).

Em carências mais severas, ocorre rachadura do caule nos nós, com exudação de líquido e morte do “ponteiro”. As plantas rebrotadas têm o ciclo prolongado, o que prejudica a operação de colheita mecânica (STAUT & KURIHARA, 1998).

O boro é móvel no solo e percola para camadas mais profundas, porém quando usado em doses elevadas pode aumentar perigosamente seu teor na região das raízes; o acúmulo anual de doses superiores a 1,6 kg de boro/ha conduziu a elevadas concentrações do micronutriente no solo que, nos últimos nove anos de estudo proporcionou decréscimos na produção de algodão de até 13%; o sintoma mais comum de toxicidade corresponde a um crestamento das bordas das primeiras folhas e a atraso no desenvolvimento inicial das plantas (SILVA, 1999).

Em solos pobres em boro os sintomas de deficiência podem surgir no início do florescimento do algodoeiro, manifestando-se como manchas isoladas na lavoura, plantas com ponteiros cloróticos e folhas novas disformes e com limbos enrugados, enquanto



botões florais se apresentam levemente deformados, as brácteas são cloróticas e podem envolver totalmente a corola atrofiada; por outro lado, as pétalas crescem menos, dobram as extremidades para dentro e apresentam manchas pardas na face interna; já o “baixeiro” das plantas, no entanto, tem coloração verde normal em contraste nítido com a clorose do “ponteiro” (STAUT & KURIHARA, 1998).

Em São Paulo, o cultivo intensivo de solos do cerrado 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 ( $2 \text{ kg ha}^{-1}$ ) da mistura de adubos minerais em dois ensaios conduzidos em meados de 1960, fez cair abruptamente a produtividade desta cultura, mas em outros experimentos a inclusão de B ( $2 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e Zn ( $3 \text{ kg ha}^{-1}$ ) associados, na adubação mineral, proporcionou aumentos consideráveis na produção (Mikkelsen et al., 1963) situações em que se foram encontraram sintomas típicos de carência de B no algodoeiro, anomalia esta confirmada pelos baixos teores de B nas plantas (COSTA et al., 1976).

O boro é prontamente assimilado pelas folhas do algodoeiro, devendo ficar claro, porém, que esse tipo de adubação não tem a mesma eficiência que os métodos tradicionais. Recomenda-se a pulverização foliar apenas como medida corretiva de deficiências, caso estas apareçam durante o desenvolvimento do algodoeiro, segundo (STAUT & KURIHARA, 1998).

Bórax e ácido bórico são os produtos mais comuns no mercado para fornecerem boro, cuja concentração não deve exceder  $0,2 \text{ kg de B ha}^{-1}$  por aplicação foliar. Os adubos boratados devem ser aplicados a baixo volume, em pelo menos três vezes, espaçados de cinco a sete dias durante o florescimento (Silva et al., 1995) citados por (STAUT & KURIHARA, 1998).

Em resultados obtidos por Coleman (1945) em condições de campo, observou-se aumento médio de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de algodão em caroço devido à aplicação, a lanço, de aproximadamente  $1,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de bórax. Wear (1957) aplicado no sulco de semeadura  $0,63 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de boro, durante cinco anos, obteve um aumento médio de  $152 \text{ kg ha}^{-1}$  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 máximo de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de algodão em caroço. Fritz (1971) observou, em condições de campo, efeito significativo da adubação boratada em que o maior aumento de produção da ordem de  $398 \text{ kg ha}^{-1}$  de algodão em caroço, foi devido à dose de  $1,43 \text{ kg ha}^{-1}$  de B. Murphy & Lancaster (1971) demonstraram que a aplicação de boro sobre o solo foi

tão efetiva quanto a aplicação no sulco (0,3 a 1,1 kg ha<sup>-1</sup> de B), enquanto Smithson (1972) efetuando cinco aplicações foliares de 1,4 kg ha<sup>-1</sup> de bórax a intervalos semanais durante o florescimento, obteve aumento médio de 436 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço.

Rosolem & Costa (1999), afirmaram que a ausência de boro no meio nutritivo, mesmo sendo temporária, reduziu a produção de matéria seca total, a altura da planta e o número de estruturas reprodutivas do algodoeiro; dizem, ainda, que a aplicação foliar de boro no algodoeiro não evita os prejuízos causados pela deficiência e concluem que a mobilidade do B no algodoeiro, se ocorrer, será muito limitada.

Carvalho et al. (1996), conduziram três ensaios de campo no período de 1976 a 1979, em Latossolo Vermelho-Amarelo, álico. A moderado, textura média de Leme, SP, deficiente em boro, permitiu estudar a aplicação de boro em cobertura e via foliar no algodoeiro; em cobertura, o boro foi aplicado nas doses de 0,75 e 1,50 kg de B ha<sup>-1</sup>, como bórax (110 g de B kg<sup>-1</sup>); as pulverizações foliares foram efetuadas com rodopí (205 g de B kg<sup>-1</sup>), em duas épocas; constataram então, que a aplicação de boro em cobertura foi eficiente no aumento da produtividade e do comprimento da fibra do algodoeiro. A resposta das plantas à pulverização foliar, realizada na fase inicial de crescimento, também foi destacada, em termos de rendimento de algodão em caroço, enquanto as pulverizações mais tardias, executadas durante o florescimento, só se evidenciaram em concentração elevada, de 0,30 kg de B há<sup>-1</sup> por aplicação.

### **2.3.1. Fatores que afetam a disponibilidade de boro**

São inúmeros os trabalhos experimentais que, 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, 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 boro pelas raízes não é afetada pela temperatura.

#### **2.3.1.1. pH**

De acordo com Dantas (1991) são diversos os trabalhos que ressaltam 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 a 8,5, com a calagem, em razão do aumento do número de sítios de adsorção e maior proporção do íon borato em virtude do ácido bórico no pH mais elevado (PAVAN & CORREA, 1988).

Bartz (1974) obteve considerável aumento na adsorção de B a medida em 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).

#### **2.3.1.2. Tipo de argila**

A adsorção de B aos minerais de argila consiste em uma reação rápida de adsorção e uma 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 máxima ocorrendo na faixa alcalina; eles relatam, também, que a adsorção não se deve às argilas em si mas a compostos de Fe e Al que ocorrem como impurezas nas amostras. Sims & Bingham (1968b) afirmam 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 argila a adsorção segue a ordem: caulinita < montmorilonita < illita (GOLDBERG, 1997; YAMADA, 2000).

### **2.3.1.3. Textura**

A adsorção do B depende 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 e são capazes de adsorver maior quantidade de B que os solos arenosos, já que a adsorção é um fenômeno de superfície; em geral, esses solos mostram maior teor de B total e extraível por métodos químicos que os arenosos; a disponibilidade nos arenosos, entretanto, não é necessariamente menor pois, devido à menor capacidade de adsorção, podem manter concentração satisfatória na solução do solo, mesmo com menor teor extraível (Gutterres, 1986). Conforme Dantas, 1991, este evento confirma o fato de que a correção de deficiência de boro em solos argilosos requer maior quantidade de adubo contendo boro que em solos arenosos.

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

Brasil Sobrinho (1965), estudando o teor de boro em diversos solos no município de Piracicaba e em 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.

Em 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 considerado o algodoeiro (Eaton, 1932) estarão mais sujeitas à deficiência desse elemento nos solos arenosos (CARVALHO, 1980).

### **2.3.1.4. Teor de matéria orgânica do solo**

A matéria orgânica não é apenas um importante constituinte do solo que também afeta a disponibilidade do B (Goldberg, 1997), mas é referida por vários autores

como significativa 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 boro possa ser considerada sob o ponto de vista da mineralização e da adsorção, ela tem sido menos estudada que as 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 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) (YERMIYHO 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. Os autores postularam que esse tipo de adsorção torna o boro indisponível temporariamente, protegendo-o da lixiviação e o liberando com a continuidade da atividade microbológica evidenciando-se, deste modo, a importância da matéria orgânica na manutenção da concentração de equilíbrio através da adsorção.

#### **2.3.1.5. Umidade do solo**

O teor de água no solo é outro fator necessário à disponibilidade de boro que, em geral, diminui em solos secos, aumentando a probabilidade 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-se formulado 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) em virtude do dessecamento, o boro pode ser fortemente fixado pelo solo; d) há dificuldade da planta em absorver o boro, em razão da deficiência de umidade; e) devido às condições de seca, dá-se redução de 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.

#### 2.3.1.6. Compostos de ferro e alumínio

Os óxidos de Fe e Al exercem papel fundamental 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 mas importante para a manutenção da atividade deste elemento na solução do solo (GOLDBERG et al., 1993; GOLDBERG et al., 1997).

A adsorção de B pelos óxidos de Fe e Al é afetada, dentre outros fatores, pelo pH (Sims & Bingman, 1968b) com a ocorrência de um valor máximo na faixa de 9,0 a 11,0, cuja explicação pode ser a competição entre hidroxilas e borato e/ou o aumento de cargas negativas na superfície das partículas adsorventes, que passa a repelir o ânion B (OH)<sub>4</sub><sup>-</sup>.

Sims & Bingman (1967, 1968a, 1968b) estudaram detalhadamente a adsorção de B em sistemas puros de óxidos recentemente precipitados, argilominerais e solos e constataram que a afinidade do B pela superfície dos óxidos e hidróxidos de Fe e Al foi dependente do pH com adsorção máxima em torno de pH 9,0 para os de Fe e de pH 7,0 para os de Al e, ainda, que a capacidade de adsorção das argilas se deve sobretudo à presença de óxidos e hidróxidos de Fe e Al nas intercamedas, cobrindo partículas individuais ou como impurezas; notou-se ainda, que o hidróxido de Al retém maiores quantidades do B que o de Fe, o que em virtude da maior ocorrência de hidroxilas no hidróxido de Al, comparado com o hidróxido de Fe, que se apresenta sob a forma de óxido parcialmente hidratado (FeOOH) ou como óxido hidratado (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.nH<sub>2</sub>O).

## 2.4. Zinco na Cultura do Algodoeiro

Este elemento é ativador de várias enzimas, atuando na síntese de proteínas na época da floração, além de catalisar a formação do ácido indolacético; sua deficiência se manifesta pela falta de alongação nos órgãos jovens; além disso, o zinco é um elemento de absorção rápida pelas folhas e de difícil lavagem (PASSOS, 1980).

A deficiência de zinco não é muito comum em condição de campo, exceto em solos que receberam calagens excessivas, manifestando-se nas folhas mais novas que se tornam excessivamente cloróticas, com áreas de tecidos mortos, permanecendo as nervuras mais escuras; tal deficiência pode ser evitada pela aplicação de 20 – 40 kg de sulfato de zinco por hectare; enfim, a prática da pulverização foliar tem-se mostrado mais eficiente que a aplicação no solo (MALAVOLTA et al., 1974).

Folhas cloróticas do “ponteiro”, com tamanho reduzido mas com reentrância dos lóbulos destacada (formato de dedos) e bordos voltados para cima, indicam problemas nutricionais relacionados ao Zinco (SILVA et al., 1995).

De acordo com Hinkle & Brown, citados por Qunaggio et al. (1991), os sintomas de deficiência de zinco no algodoeiro ocorrem mais freqüentemente nas folhas que se apresentam menores do que as normais, com clorose internerval espessa e bordos dobrados para cima. Os lóbulos das folhas novas podem alongar-se tomando aspecto de dedos, enquanto plantas afetadas precocemente apresentam internódios curtos e são atrofiadas; quando a deficiência ocorre tardiamente, o porte é normal mas as folhas revelam clorose e os frutos não se desenvolvem a contento.

Nem sempre o uso de doses elevadas de calcário conduzem a problemas com zinco; a utilização de solos de pH elevado e a prática da calagem em solos ácidos têm sido relacionadas como influentes fatores de disponibilidade do micronutriente; em solos ácidos corrigidos por calagem e adubação mineral, a omissão do micronutriente chegou a deprimir, em 28%, a produção do algodoeiro (MCCLUNG et al., 1961).

O zinco, que auxilia na síntese de substâncias que atuam no crescimento e nos sistemas enzimáticos, é essencial para a ativação de certas reações metabólicas e necessário para a produção da clorofila e formação dos carboidratos; ele não é translocado dentro da planta e, conseqüentemente, os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas e depois em outras partes novas das plantas. Os solos podem conter de algumas a várias centenas de quilos por hectare; em geral, os solos argilosos contêm mais zinco que

os solos arenosos mas o teor de zinco total do solo não indica o quanto deste nutriente está disponível para as plantas (Manual internacional de ciência do solo, 1998).

#### **2.4.1. Fatores que determinam a disponibilidade do zinco**

##### **2.4.1.1. pH do solo**

O zinco se torna menos disponível com o aumento do pH do solo. Alguns solos que receberam calcário para elevar o pH acima de 6,0, podem apresentar deficiência de zinco, especialmente os arenosos; essas deficiências não ocorrem em todos os solos com pH neutro ou alcalino, porém a tendência é maior; enfim, a concentração de zinco no solo pode diminuir 30 vezes para cada unidade de aumento do pH entre 5,0 e 7,0 (Manual internacional de ciência do solo, 1998).

##### **2.4.1.2. Solos com altos teores de fósforo**

A deficiência de zinco pode ocorrer em solos com altos teores de fósforo. Várias espécies de plantas têm apresentado a interação Zn-P. Altos níveis de um nutriente podem reduzir a absorção de outro; no entanto, a aplicação de um deles, em um solo marginal em ambos, pode induzir a deficiência de outro; entretanto, consultores e laboratórios alertam para o fato de que, quando o teor de P na análise de solo é alto e, ainda assim, aplicações anuais de fósforo são necessárias para altas produções, deve-se aplicar 1 kg de zinco para cada 20 kg de  $P_2O_5$  adicionados (Manual internacional de ciência do solo, 1998).

##### **2.4.1.3. Matéria orgânica do solo**

Grande quantidade de zinco pode ser fixada na fração orgânica do solo; ele pode, também, ser temporariamente imobilizado nos corpos dos microrganismos quando se adiciona esterco de curral ao solo; por outro lado, grande parte do zinco disponível em um solo mineral está associada à matéria orgânica. Baixos níveis de matéria orgânica em solos minerais são freqüentemente indicativos de baixa disponibilidade de zinco (Manual internacional de ciência do solo, 1998).



#### **2.4.1.4. Irrigação**

Quando o solo é cortado e nivelado para irrigação por inundação, em geral o zinco se torna deficiente em virtude da remoção da matéria orgânica, compactação e exposição de um solo com pH mais elevado (Manual internacional de ciência do solo, 1998).

#### **2.4.1.5. Lixiviação**

O zinco é adsorvido pelos colóides nos solos, o que favorece a resistência a lixiviação e a sua permanência na parte superior do solo (Manual internacional de ciência do solo, 1998).

#### **2.4.1.6. Solos frios e encharcados**

As deficiências de zinco tendem a ocorrer no início do período de crescimento quando os solos da região temperada estão frios e encharcados, motivado pelo lento crescimento das raízes. O sistema radicular em crescimento lento não é capaz de absorver zinco suficiente para suprir as outras partes da planta; algumas vezes, as plantas parecem sobrepujar essa deficiência mas o dano já foi feito e as produções podem ainda ser significativamente reduzidas (Manual internacional de ciência do solo, 1998).

#### **2.4.1.7. Atividade biológica do solo**

A disponibilidade de zinco é afetada pela presença de certos fungos do solo, chamados micorrizas que formam relações simbióticas com as raízes das plantas. A remoção do solo superficial, quando do nivelamento do solo, pode remover esses fungos benéficos e limitar a habilidade das plantas para absorver o zinco (Manual internacional de ciência do solo, 1998).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Dados do Local do experimento

Este trabalho faz parte do Programa de Pesquisa da Embrapa CNPA (Centro Nacional de Pesquisa de Algodão) para a exploração agrícola do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.f. *latifolium* Hutch), de fibra branca, para o Estado do Ceará. O experimento foi conduzido no ano de 2003, em condições de sequeiro, no Campo Experimental de Pesquisa e Produção de Sementes, pertencente à Embrapa Algodão, localizado na margem esquerda da Rodovia Estadual CE – 96, Km 4, no município de Missão Velha, CE. A cidade se localiza ao sul do Estado, na região do Cariri, com altitude de 352 m, situada geograficamente pelo ponto das coordenadas de latitude 7°11'15" sul e longitude de 39°11'15" oeste de Greenwich. O Campo Experimental está dentro da área zoneada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para produção do algodão e outras culturas.

De acordo com a classificação de Köppen (1936), o clima é do tipo AW, clima de savana; já com Thomthwaitt, o clima é do tipo C<sub>1</sub>WA'a', sendo seco a subúmido, moderado com excesso hídrico no verão, mega térmico e evaporação bem distribuída durante o ano; tais classificações obedecem aos dados de temperatura e precipitação do Instituto de Meteorologia – INMET, de uma série de anos, desde 1961 a 1990, no Estado do Ceará.

As análises química e física foram realizadas pelo Laboratório de Química e Fertilidade de Solo da Universidade Federal da Paraíba, no Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB, em que ambas foram determinadas conforme os procedimentos descritos no Manual de Métodos de Análise de Solo (Embrapa, 1997). O solo característico do local foi classificado como Neossolo fúlvico (Aluvião) do ponto de vista textural, como franco arenoso, conforme Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultado das análises química e física do solo da área experimental, no município de Missão Velha, CE, 2003

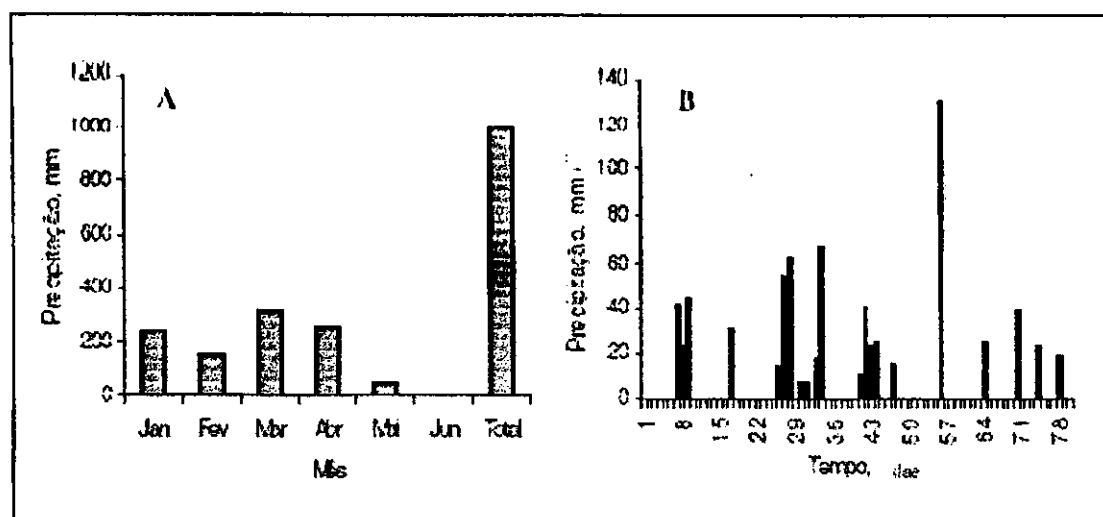
Químicos												
pH*	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	P	M.O.	Fé	Cu	Mn	Zn	B
	mmol <sub>e</sub> .dm <sup>-3</sup>					g.dm <sup>-3</sup>		mg.dm <sup>3</sup>				
6,5	61	33,4	40,9	4,9	0,0	15,2	19,03	6,1	0,31	14,5	0,80	0,30
Físicos												
Profundidade	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Porosidade total	Densidade do solo	Densidade da partícula	Umidade MPa (0,033)	Água disponível	Classificação Textural do Solo		
Cm	g.kg <sup>-1</sup>				m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup>	g.cm <sup>-3</sup>		g.kg <sup>-1</sup>				
0 – 20	154	455	283	184	0,56	1,26	2,61	148	73	Franco Arenoso		

\* Determinado em água; M.O. (matéria orgânica do solo)

Análises realizadas pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal da Paraíba, no Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB

### 3.2. Precipitação pluvial

A classificação pluviométrica mensal e diária dos meses correspondentes ao período de condução do experimento, está representada na Figura 1. Obtiveram-se os dados através de leituras diárias de pluviômetros instalados próximo à área do experimento.



**Figura 1:** Precipitação pluvial (mm) mensal (A) e diária (B) ocorrida no período de janeiro a junho de 2003, no Campo Experimental da Embrapa, no município de Missão Velha, CE. Dae: dias após a emergência

### 3.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial  $[(4 \times 4) + 1] \times 4$ , cujos fatores foram quatro doses de boro [0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 kg.ha<sup>-1</sup> (na forma de Ácido Bórico com 17% de B)] e quatro doses de zinco [0,0; 0,4; 0,8 e 1,2 kg.ha<sup>-1</sup> (na forma de Sulfato de Zinco com 20% de Zn)] e mais uma testemunha relativa (adubação de NPK), com quatro repetições, perfazendo o total de 68 parcelas.

#### 3.3.1. O modelo matemático

Segundo Santos & Gheyi (2003), o modelo matemático utilizado para o tratamento dos dados pode ser representado pela equação:

$$(Y_{ijk} = \mu + B_i + Zn_j + BZn_{ij} + Bloco_k + \xi_{ijk})$$

donde:

$Y_{ijk}$  : é a observação do i-ésimo nível do fator B e j-ésimo nível do fator Zn, no k-ésimo bloco

$\mu$  : é a média geral

$B_i$  : é o efeito do i-ésimo nível do fator B

$Zn_j$  : é a efeito do j-ésimo nível do fator Zn

$BZn_j$  : efeito da interação do i-ésimo nível do fator B com o j-ésimo nível do fator Zn

$Bloco_k$  : é o efeito do k-ésimo bloco

$\xi_{ijk}$  : é o erro casual associado à observação  $Y_{ijk}$ .

### 3.3.2. Esquema da Análise de Variância

**Tabela 2.** Esquema da Análise de Variância

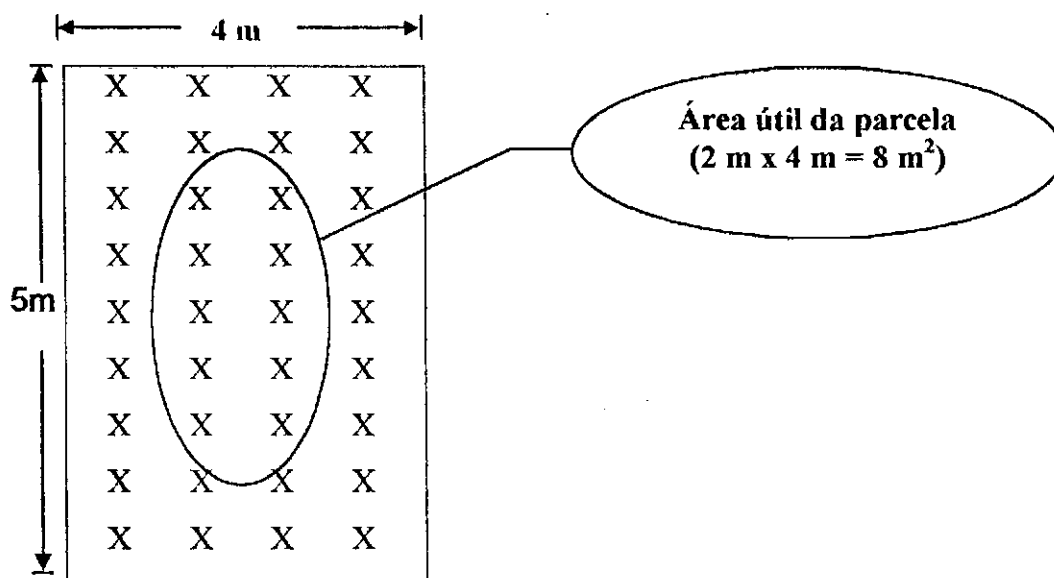
<b>Fonte de Variação</b>	<b>GL (Grau de Liberdade)</b>
<b>Blocos</b>	<b>3</b>
<b>Tratamentos</b>	<b>(16)</b>
<b>Boro</b>	<b>3</b>
<b>Zinco</b>	<b>3</b>
<b>B Linear (BL)</b>	<b>1</b>
<b>B Quadrática (BQ)</b>	<b>1</b>
<b>Zn Linear (ZnL)</b>	<b>1</b>
<b>Zn Quadrática (ZnQ)</b>	<b>1</b>
<b>BLxZnL</b>	<b>1</b>
<b>Falta de Ajuste</b>	<b>10</b>
<b>Tfatorial vs T17 (NPK)</b>	<b>1</b>
<b>Resíduo</b>	<b>48</b>
<b>Total</b>	<b>67</b>

O nível de significância foi de 5%, e foi feita análise de regressão nos dosagens

### 3.3.3. Unidade experimental

A unidade experimental (parcela) foi representada por uma área de 20,0 m<sup>2</sup>, com 5,0 m de comprimento e 4,0 de largura. O arranjo de plantas foi em fileiras simples, com espaçamento de 0,10 m entre plantas e 1,0 m entre fileiras. A área útil foi representada pelas duas fileiras centrais e as duas restantes eram as bordaduras.

### 3.3.4. Detalhe da parcela



### 3.4. Preparo do solo, adubação e plantio

Inicialmente, fez-se uma aração com arado de discos, a uma profundidade de 25 cm, 30 dias antes do plantio, com o solo seco, efetuando-se a incorporação dos restos culturais e plantas daninhas; realizou-se, aos 15 dias antes do plantio, uma gradagem para destorroar, nivelar o terreno e eliminar as plantas daninhas e, no momento em que os blocos foram demarcados, com uma distância de 2,0 metros entre os mesmos, fez-se a distribuição casualizada das parcelas; logo após e com o auxílio de um sulcador mecânico, fez-se a abertura dos sulcos para adubação de fundação e semeadura, com espaçamentos de 1,0 m e, de acordo com as análises laboratoriais, toda a área experimental recebeu adubação de fundação à base de NPK (30-60-20), recomendada pela Estação Experimental da EMBRAPA, em Missão Velha, CE; juntamente com a adubação de fundação (uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio) cada parcela recebeu as respectivas dosagens de boro, que foram as seguintes: 0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 kg.ha<sup>-1</sup> e as dosagens de zinco, ou seja: 0,0; 0,4; 0,8 e 1,2 kg.ha<sup>-1</sup>; em seguida, os sulcos foram aterrados parcialmente, para então se efetuar o plantio; a testemunha absoluta não recebeu o lastro de NPK.

Foram utilizados, no experimento, sementes de algodão herbáceo (cultivar BRS-201), fornecidas pela Embrapa Algodão CNPA, Campina Grande, PB. O plantio foi efetuado manualmente em 11/02/03, a uma profundidade aproximada de 3,0 cm, após a adubação de fundação e se obedecendo no espaçamento de 1,0 m entre linhas, com a germinação ocorrendo em 16/02/03.

### 3.5. Definição dos tratamentos

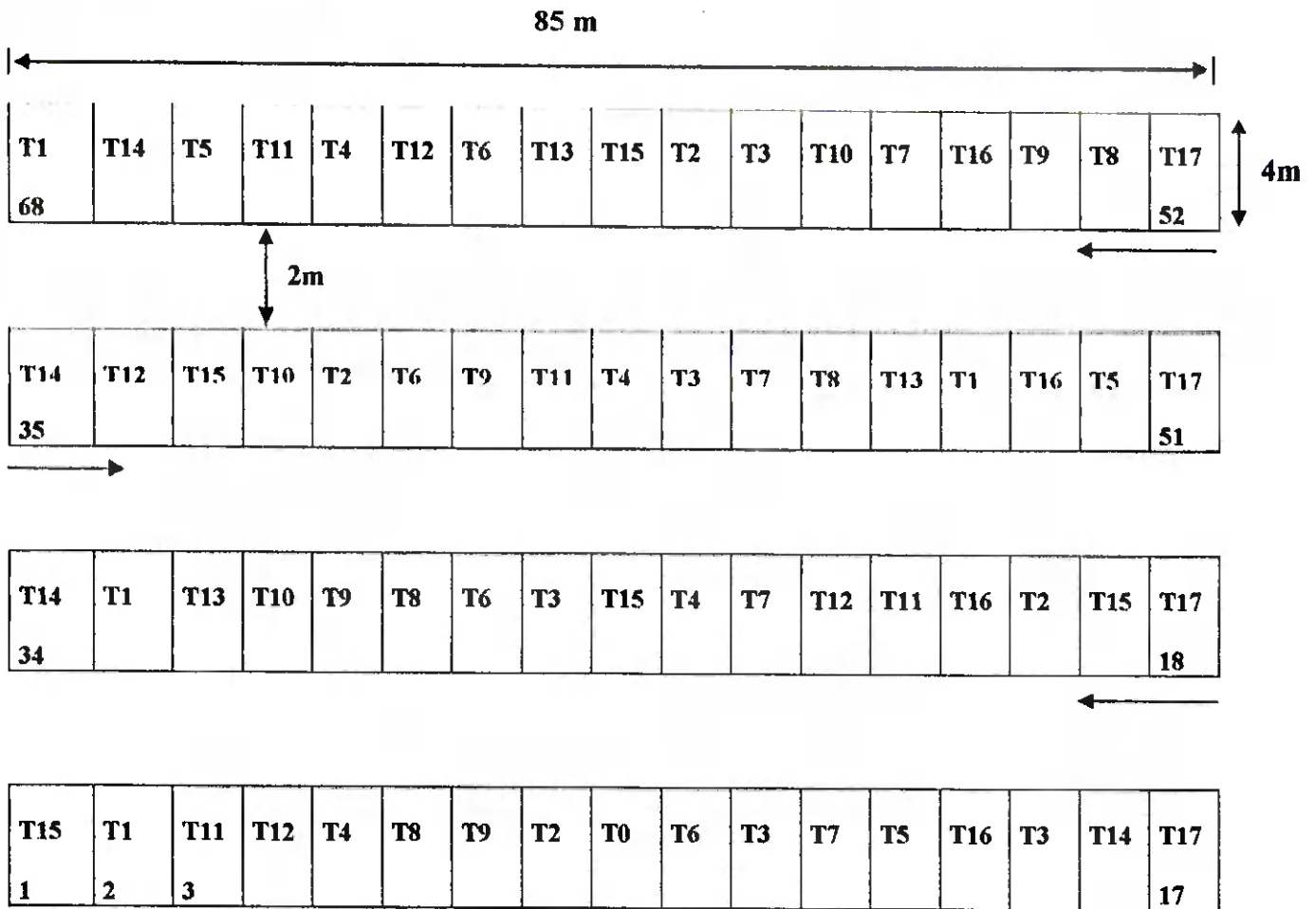
O experimento envolveu 17 tratamentos, resultantes da combinação dos níveis dos fatores: dosagens de boro, zinco e mais uma testemunha relativa (adubação de NPK) conforme esquema na Tabela 3.

**Tabela 3.** Identificação dos tratamentos

Tratamento n <sup>o</sup>	Discriminação
T1	B1Z1
T2	B1Z2
T3	B1Z3
T4	B1Z4
T5	B2Z1
T6	B2Z2
T7	B2Z3
T8	B2Z4
T9	B3Z1
T10	B3Z2
T11	B3Z3
T12	B3Z4
T13	B4Z1
T14	B4Z2
T15	B4Z3
T16	B4Z4
T17	Testemunha relativa



### 3.6. Croqui de campo



Área total = 1.870 m<sup>2</sup>

### 3.7. Quantidade de adubo (micronutrientes)

Tabela 4. Quantidade de micronutrientes por parcela

Tratamento n <sup>o</sup>	Ácido Bórico $H_3BO_3^*$ (g/parcela)	Sulfato de Zinco $ZnSO_4 \cdot 7H_2O^*$ (g/parcela)
T1 = B1Z1	0,0	0,0
T2 = B1Z2	0,0	4,0
T3 = B1Z3	0,0	8,0
T4 = B1Z4	0,0	12,0
T5 = B2Z1	23,0	0,0
T6 = B2Z2	23,0	4,0
T7 = B2Z3	23,0	8,0
T8 = B2Z4	23,0	12,0
T9 = B3Z1	47,0	0,0
T10 = B3Z2	47,0	4,0
T11 = B3Z3	47,0	8,0
T12 = B3Z4	47,0	12,0
T13 = B4Z1	71,0	0,0
T14 = B4Z2	71,0	4,0
T15 = B4Z3	71,0	8,0
T16 = B4Z4	71,0	12,0
T17 = Testemunha relativa	0,0	0,0
Por Bloco	564,0	96,0
Adubo Total	2256,0	384,0

\*, Manual Internacional de Fertilidade do Solo (POTAFOS), 1998.

Cada parcela experimental se compunha de quatro fileiras e a quantidade do composto [Ácido Bórico ( $H_3BO_3$ ) e Sulfato de Zinco ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ )], recomendado para cada parcela, que se encontra na tabela acima, foi dividida entre as quatro fileiras e assim se procedeu para cada parcela, individualmente, de acordo com cada tratamento.

### **3.8. Característica da variedade BRS – 201**

A cultivar BRS - 201, lançada especialmente para uso na agricultura familiar, apresenta ciclo precoce, entre 130 a 150 dias, em que os primeiros capulhos se abrem, em geral, aos 110 dias, altura média em torno de um metro nas condições do Nordeste, e habito de crescimento indeterminado; apresenta alta produtividade: até 3.500 kg ha<sup>-1</sup> em regime de sequeiro, com potencial para duplicar quando irrigada, adaptada para colheita manual e mecanizada, própria para cultivo no cerrado e nordeste, resistência a doenças (virose, bacteriose), tolerância a ramulose, alternaria e ramularia; seu plantio deve ser efetuado do início ao meio da época de plantio recomendada, há uma adubação média; além disso carece de fungicidas para controle de ramularia e ramulose, possui de 37 a 38% de fibras com padrão mediano e comprimento no HVI-SL 2,5% de 28,6 mm, com resistência média variando de 26 a 28 gf/tex e alongamento de 7,0%, índice micronaire de 4,3, uniformidade de comprimento de 49,6% e peso médio de capulho em torno de 6,0g (Embrapa, 2000).

### **3.9. Condução do experimento**

O experimento foi implementado e conduzido no ano agrícola de 2003, nos meses de fevereiro a junho; o desbaste foi efetuado aos 15 dias após a emergência das plântulas, com o solo úmido, deixando-se 10 plantas por metro linear, obedecendo às densidades populacionais de 100.000 plantas.ha<sup>-1</sup> de algodão.

#### **3.9.1. Controle de plantas daninhas**

Procurou-se, ao longo da condução do experimento, mantê-lo livre de plantas daninhas, razão por que se efetuaram duas aplicações de herbicida.

**Tabela 5. Controle de plantas daninhas**

<b>Data</b>	<b>Herbicida Utilizado*</b>
12/02/03	Diuron + Pendimethalin (Pré-emergente)
28/03/03	Queima com herbicida – entre linhas Glyphosate + Uréia + Will Fix** (4,0 litros.ha <sup>-1</sup> ) (3,0 kg. ha <sup>-1</sup> ) (1,5 litros. ha <sup>-1</sup> )

\*, (Andrei, 1987); \*\*, Surfactante agrícola

### 3.9.2. Controle das pragas

Realizou-se o controle das seguintes pragas do algodão: Pulgão (*Aphis gossypii*, Glove, 1876), Bicudo (*Anthonomus grandis*, Boheman, 1843), Curuquerê (*Alabama argillacea*) e Mosca-Branca (*Bemisia tabacci*; *Bemisia argentifoliï*).

**Tabela 6. Controle de pragas**

<b>Data</b>	<b>Produto Utilizado*</b>	<b>Praga Combatida</b>
25/02/03	Triazothos + Diflubenzuron	Lagarta (curuquerê) + Pulgão
14/03/03	Bacillus Thuringiensis	Lagarta (curuquerê)
20/03/03	Carbosulfan + Triflumuron	Pulgão + Lagarta (curuquerê)
11/04/03	Endossulfan + Buprofezin	Bicudo e Mosca Branca
17/04/03	Endossulfan (Eletrodyn)	Bicudo
08/05/03	Endossulfan (Eletrodyn)	Bicudo
12/05/03	Endossulfan (Eletrodyn)	Bicudo
20/05/03	Endossulfan (Eletrodyn)	Bicudo

\*, (Andrei, 1987)

### **3.10. Variáveis avaliadas**

#### **3.10.1. Características agronômicas**

##### **3.10.1.1. Altura média final de planta**

Com o auxílio de uma trena mediram-se as alturas de cinco plantas selecionadas aleatoriamente, ao longo das linhas, nas áreas úteis das parcelas; depois, considerou-se altura a distância vertical em cm, entre o colo e o ápice da planta do algodoeiro.

##### **3.10.1.2. Diâmetro médio de caule**

Com o auxílio de um paquímetro digital pertencente à estação experimental da Embrapa em Missão Velha, CE, mediram-se os diâmetros de cinco plantas selecionadas aleatoriamente, ao longo das linhas, nas áreas úteis das parcelas. O diâmetro do caule em mm foi obtido a uma altura de 3,0 cm a partir do colo da planta do algodoeiro.

##### **3.10.1.3. Área foliar média de planta**

Estimou-se a área foliar ( $AF = Y$ ,  $\text{cm}^2$ ) com base nas medidas do comprimento longitudinal ( $X$ , cm) de seis folhas (2 basais, 2 medianas e 2 do ápice da planta), obtendo-se o número total de folhas em um total de cinco plantas selecionadas aleatoriamente, na área útil das parcelas. Três leituras foram levantadas, aos 30, 60 e 90 dae e determinadas conforme recomenda Wend (1967), com a equação:

Equação:

$$\text{Log}Y = - 0,006 + 1,863 \times \text{Log}X, \text{ sendo:}$$

$$Y = \text{área foliar (cm}^2\text{)}$$

$$X = \text{comprimento da folha (cm)}$$

#### **3.10.1.4. Produtividade**

Após a colheita das plantas das áreas úteis das parcelas, efetuou-se a pesagem do algodão em caroço e os valores foram extrapolados para quilograma por hectare (kg.ha<sup>-1</sup>).

#### **3.10.1.5. Percentagem de fibras**

Para esta variável s colheram ao acaso, 40 capulhos bem formados, de plantas diferentes, no terço médio das plantas da área útil da parcela. O quociente entre o peso da fibra e o peso total do algodão em caroço da amostra padrão, determinou a percentagem de fibra.

#### **3.10.1.6. Peso de 1 capulho**

A média do peso dos 40 capulhos da amostra padrão correspondeu ao peso médio de um capulho.

### **3.10.2. Características tecnológicas da fibra**

A partir das amostras padrão, compostas de 40 capulhos cada uma, colhidas nas áreas úteis das parcelas, foram determinadas no Laboratório de Fibras e Fios do Centro Nacional de Pesquisa de Algodão da Embrapa (CNPA), as principais propriedades físicas da fibra do algodão:

#### **3.10.2.1. Comprimento da fibra em mm (UHM)**

Determinado pelo comprimento médio que atinge uma amostra da fibra distribuída ao acaso, em um pente ou pinça especial (Farias et al., 1999).

#### **3.10.2.2. Uniformidade de comprimento em % (UNF)**

Este índice representa uma medida de irregularidade de comprimento da fibra dentro de uma população (Santana & Wanderley, 1995).

### **3.10.2.3. Índice de fibras curtas em % (SFI)**

Este índice foi obtido pela percentagem de fibras curtas com comprimento inferior a 12,7 mm contida em uma amostra de fibra (Santana et al., 1999).

### **3.10.2.4. Resistência de fibra em $\text{gf.tex}^{-1}$ (STR)**

Obtida pela medição da força requerida para romper uma amostra de fibra dada em grama-força por tex.

### **3.10.2.5. Alongamento da fibra em % (ELG)**

É o comprimento médio da distância à qual as fibras se distendem antes da ruptura (Santana et al., 1999).

### **3.10.2.6. Finura em micronaire (MIC)**

Definida pela massa por unidade de comprimento em microgramas por polegada (Farias et al., 1999).

### **3.10.2.7. Reflectância (%) (Rd)**

Representa a quantidade de luz emitida pela fibra; no algodão varia de 40 a 85 Rd, em que altos valores representam fibras mais claras (Santana & Vanderley, 1995)

### **3.10.2.8. Amarelecimento da fibra (+ b)**

Significa o grau de amarelecimento da fibra e, de acordo com a escala de Huter, varia de 4 a 18 (Santana et al., 1999).

### **3.10.2.9. Índice de fiabilidade (CSP)**

Obtido através da equação utilizada pelo HVI da USTER para estimar o valor do Índice de Consistência da Fiação (SCI) levando-se em consideração o comprimento

médio da metade superior (UHML), o índice de uniformidade de comprimento (%IU) e calibrado pelo algodão padrão para HVI (Santana, Wanderley & Beltrão, 1998).

$SCI = - 414,67 + 2,90 \text{ (tenacidade)} - 9,32 \text{ (micronaire)} + 49,17 \text{ (comprimento em polegadas)} + 4,74 \text{ (índice de uniformidade do comprimento)} + 0,65 \text{ (reflectância)} + 0,36 \text{ (amarelamento)}$

#### **3.10.2.10. Maturidade (MAT)**

É obtida pelo método do finurímetro-maturímetro, e é classificada nas unidades “Lord”, que varia de <0,70 a >1,00 (muito imatura a muito madura) ou “ASTM”, que varia de <59 a >85% (muito imatura a muito madura), constituindo uma das principais características da fibra e está diretamente correlacionada com a sua finura (Santana, Wanderley & Beltrão, 1998).

#### **3.13. Análise de crescimento**

As unidades experimentais, área útil de cada parcela, foram medidas de 30 em 30 dias após a emergência das plântulas, a altura de planta, diâmetro caulinar, área foliar, número de folhas, em 5 plantas/parcela, objetivando-se fazer a análise do crescimento não destrutiva, obedecendo metodologia de Hozumi et al. (1955) e Beltrão et al. (2001).

#### **3.14. Condução experimental**

Para o controle de pragas se utilizaram inseticidas e se retiraram amostras do solo para análises química e física e os dados do clima; precipitação pluvial foi registrada.

#### **3.15. Análise estatística**

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância, com desdobramento dos efeitos quantitativos em polinômios ortogonais, segundo sua significância pelo teste F. Fez-se a escolha do modelo de regressão com base no modelo de maior grau significativo pelo teste F (Gomes, 1995). Tanto para a análise de variância quanto para a estimativa dos parâmetros dos modelos da regressão, se empregou o pacote estatístico SAS (SAS, 1999).



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Altura final de planta

Na Tabela 7 constam os resumos das análises de variância da altura da planta (AP) aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência das plântulas (dae), observando-se que houve efeitos significativos ( $P \leq 0,01$ ) das doses de B sobre a altura da planta, aos 30 e 60 dae, e efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) dos níveis de Zn sobre a altura da planta, aos 120 dae, e tem efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) da interação entre os níveis de B ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e Zn ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) sobre a altura da planta, aos 90 dae.

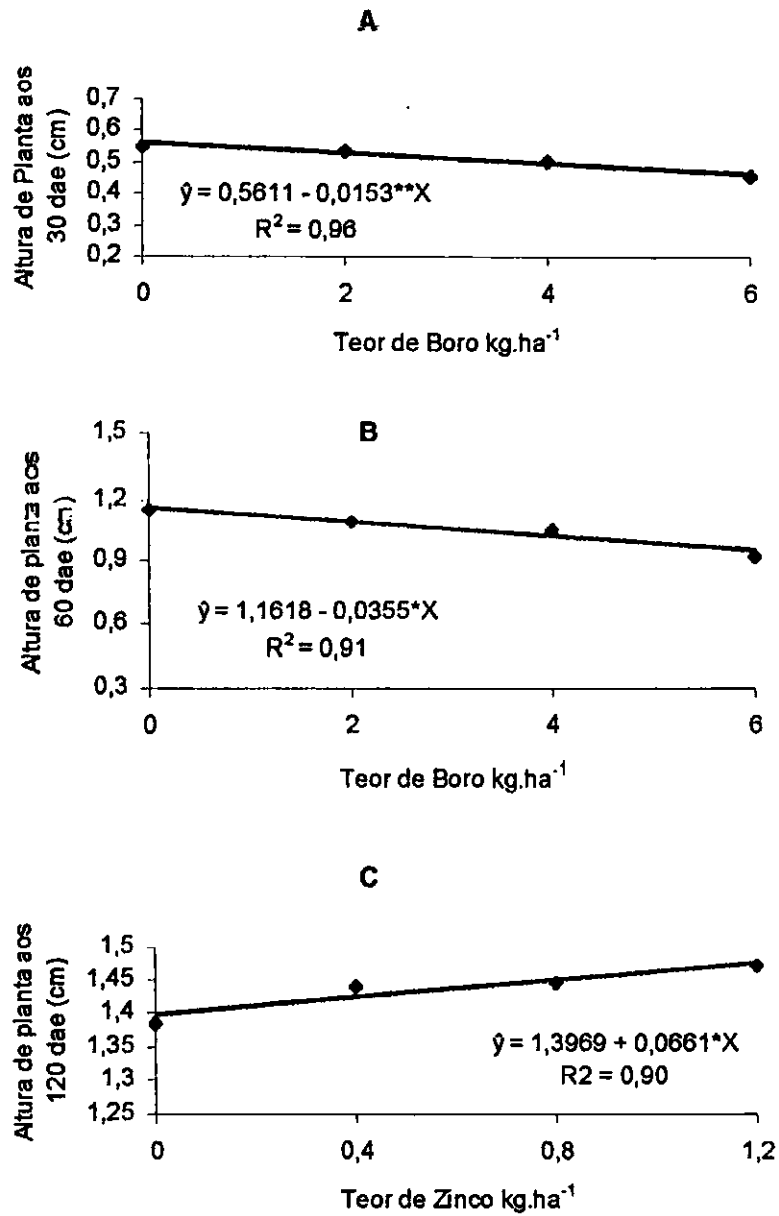
**Tabela 7.** Resumos das análises de variância da altura da planta em quatro épocas: 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência das plântulas (dae) do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, em função de níveis crescentes de Boro e Zinco. Missão Velha, CE, 2003

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios			
		Altura da planta (cm)			
		30 dae	60 dae	90 dae	120 dae
Tratamentos	16	0,0108 **	0,0542 <sup>ns</sup>	0,2556 <sup>ns</sup>	0,0222 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,0795 **	0,3557 <sup>ns</sup>	0,7315 <sup>ns</sup>	0,4240 **
B linear	1	<b>0,0354 **</b>	<b>0,1007 *</b>	0,2813 <sup>ns</sup>	0,0106 <sup>ns</sup>
B quadrática	1	0,0006 <sup>ns</sup>	0,0192 <sup>ns</sup>	0,3624 <sup>ns</sup>	0,0014 <sup>ns</sup>
Zn linear	1	0,0042 <sup>ns</sup>	0,0535 <sup>ns</sup>	0,0326 <sup>ns</sup>	<b>0,1088 *</b>
Zn quadrática	1	0,0056 <sup>ns</sup>	0,0088 <sup>ns</sup>	0,1296 <sup>ns</sup>	0,0151 <sup>ns</sup>
BL x Zn linear	1	0,0008 <sup>ns</sup>	0,0046 <sup>ns</sup>	<b>1,1861 *</b>	0,0335 <sup>ns</sup>
T1 vs T17 (NPK)	1	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0039 <sup>ns</sup>	1,6526 <sup>ns</sup>	0,0045 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,0031	0,0169	0,2666	0,0261
C.V.	-	10,86	12,37	35,34	11,33

ns, \*, \*\* = Não significativo a nível de 5%, significativo a nível de 5% e significativo a nível de 1% de probabilidade pelo teste "F", respectivamente

Na Figura 2 pode-se verificar os resultados para a variável altura da planta, em função dos níveis crescentes de B e Zn no algodoeiro herbáceo aos 30, 60 e 120 dias após a emergência das plântulas (dae), na qual observa-se que aos 30 e 60 dae (Fig. 2A-B) houve efeito linear decrescente na altura da planta para os teores de boro aplicados ao solo, ou seja, a medida em que se adicionava níveis crescentes de boro (0,0, 2,0, 4,0 e 6,0 kg ha<sup>-1</sup>) ao solo, esta característica teve crescimento reduzido quando comparado com a testemunha. Resultado semelhante foi encontrado por Carvalho (1980), que em condições de campo, verificou que plantas que não receberam adubação boratada apresentaram maior crescimento que as adubadas com esse elemento. Enquanto Furlane et al. (2001) relatam que o B é importante na divisão e alongação celular, ou seja, para o crescimento da planta, fator determinante da produção. Rosolem & Costa (1999) afirmaram que a ausência de B na solução, mesmo sendo temporária, reduziu a altura das plantas.

A altura da planta aos 120 dias após a emergência das plantas (Fig. 2C), como o efeito foi linear crescente, a maior altura de planta, dentro do intervalo pesquisado, seria obtido com a maior dose de zinco (1,2 kg ha<sup>-1</sup>) adicionada ao solo.



\*\* e \*, significativo a 1 e 5 %, respectivamente pelo teste "F"

Figura 2. Dependência da altura de plantas (AP) aos 30, 60 e 120 dias após a emergência das plântulas (dae), em função de doses de Boro e Zinco, no algodoeiro herbáceo, cv. BRS 201. Missão Velha, CE, 2003

## 4.2. Diâmetro do caule

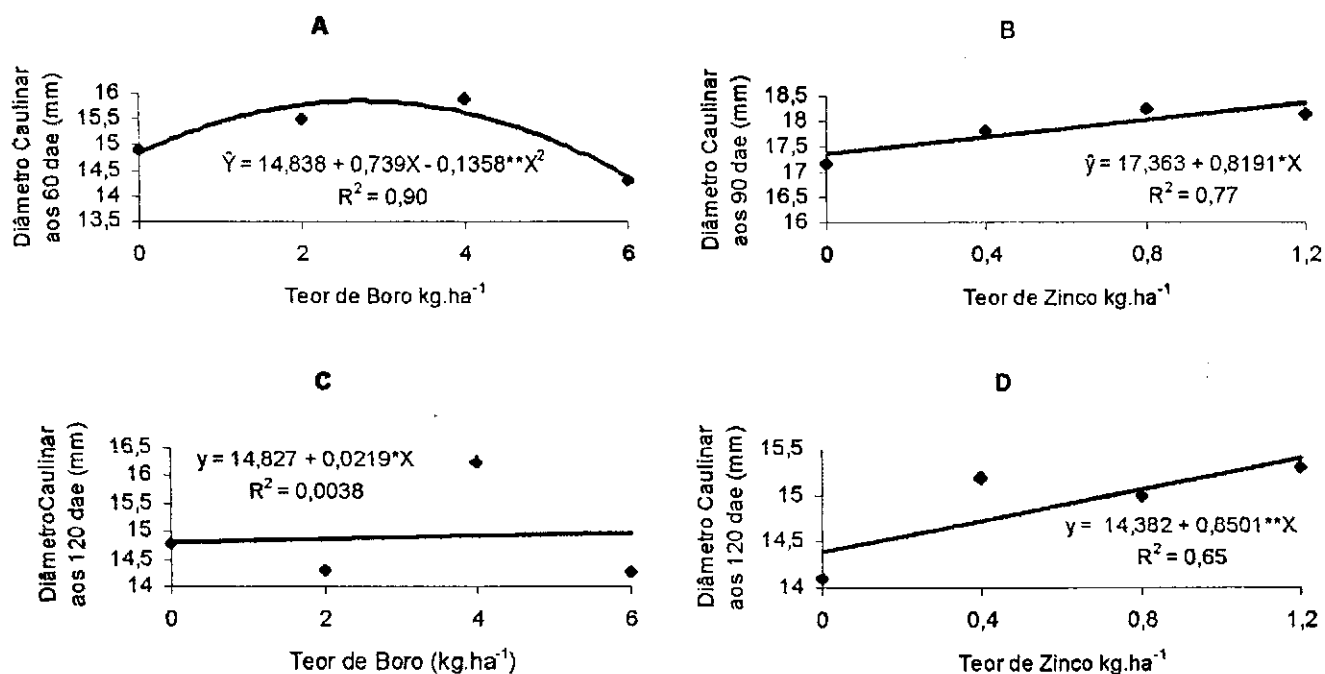
**Tabela 8.** Resumo das análises de variância do diâmetro caulinar da planta em quatro épocas: 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência das plântulas (dae), no algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, em função dos níveis de Boro e Zinco. Missão Velha, CE, 2003

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		Diâmetro caulinar (mm)			
		30 dae	60 dae	90 dae	120 dae
Tratamentos	16	1,8332 *	7,9899 <sup>ns</sup>	7,3210 <sup>ns</sup>	15,0080 *
Bloco	3	1,4108 <sup>ns</sup>	16,5448 <sup>ns</sup>	29,5603 **	7,9370 *
B Linear	1	1,9274 <sup>ns</sup>	1,5343 <sup>ns</sup>	1,8514 <sup>ns</sup>	17,5750 *
B Quadrática	1	3,2019 <sup>ns</sup>	35,2272 **	8,6877 <sup>ns</sup>	11,1946 <sup>ns</sup>
Zn Linear	1	1,3526 <sup>ns</sup>	3,0572 <sup>ns</sup>	30,8389 *	31,7814 **
Zn Quadrática	1	0,4701 <sup>ns</sup>	0,1804 <sup>ns</sup>	12,3728 <sup>ns</sup>	12,2442 <sup>ns</sup>
BL x Zn Linear	1	0,5419 <sup>ns</sup>	2,4745 <sup>ns</sup>	0,5020 <sup>ns</sup>	0,0496 <sup>ns</sup>
Fatorial x T17	1	3,1752 <sup>ns</sup>	0,1058 <sup>ns</sup>	9,7240 <sup>ns</sup>	4,8672 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,9672	4,4109	4,5104	4,0366
C.V.	-	10,26	14,00	12,04	13,68

ns, \*, \*\* = Não significativo a nível de 5%, significativo a nível de 5% e significativo a nível de 1% de probabilidade pelo teste "F", respectivamente

Conclui-se, de acordo com a Tabela 8, que não houve efeitos significativos entre os níveis de boro e zinco sobre os resultados do diâmetro caulinar aos 30 dias após a emergência das plântulas; no entanto, constatou-se efeito quadrático e linear altamente significativo ( $P \leq 0,01$ ) dos níveis crescentes de B e Zn, para o diâmetro caulinar aos 60 e 120 dias após a emergência das plântulas, respectivamente, e efeito linear ( $P \leq 0,05$ ) dos níveis crescentes de B e Zn sobre o diâmetro caulinar no algodoeiro aos 120 e 90 dias após a emergência das plântulas, respectivamente.

Verificou-se, na Figura 3A, efeito quadrático do diâmetro caulinar em função de níveis crescentes de B na cultura do algodoeiro herbáceo e, de acordo com a equação de regressão obtida, o maior diâmetro (18,35 mm) aos 60 dias após a emergência das plântulas, seria necessário à adição no solo de 2,7 kg.ha<sup>-1</sup> de B, enquanto na Figura 3B se observa efeito linear do diâmetro caulinar para os teores de Zn adicionados ao solo e, com a equação obtida, o maior diâmetro (18,26 mm) aos 90 dias após a emergência das plântulas, dentro do intervalo pesquisado seria necessário à adição, no solo, de 1,2 kg.ha<sup>-1</sup> de Zn, resultado semelhante ao da Figura 3B, obtido na Figura 3D, na qual, de acordo com a equação obtida, o maior diâmetro (15,30 mm) aos 120 dias após a emergência das plântulas, dentro do intervalo pesquisado, seria oportuno à adição, no solo, de 1,2 kg.ha<sup>-1</sup> de Zn; ainda na Figura 3C, tem-se efeito linear positivo dos teores de B sobre o diâmetro caulinar aos 120 dias após a emergência das plântulas, observando-se também que o maior diâmetro (16,23 mm) segundo a equação, dentro do intervalo pesquisado seria conveniente à incorporação, ao solo, de 6,0 kg.ha<sup>-1</sup> de B para esta característica do algodoeiro herbáceo.



\* e \*\*, significativo a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste "F"

Figura 3. Dependência dos valores da característica diâmetro caulinar (DC, mm) aos 60, 90 e 120 dias após a emergência das plantas (dae) em função de níveis crescentes de Boro (kg.ha<sup>-1</sup>) e Zinco (kg.ha<sup>-1</sup>), na cultura do algodoeiro herbáceo cv. BRS - 201, Missão Velha, CE, 2003

### 4.3. Área foliar

**Tabela 9.** Resumo das análises de variância da área foliar, em três épocas: 30, 60 e 90 dias após a emergência das plântulas (dae) do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, em função de níveis crescentes de boro e zinco. Missão Velha, CE, 2003

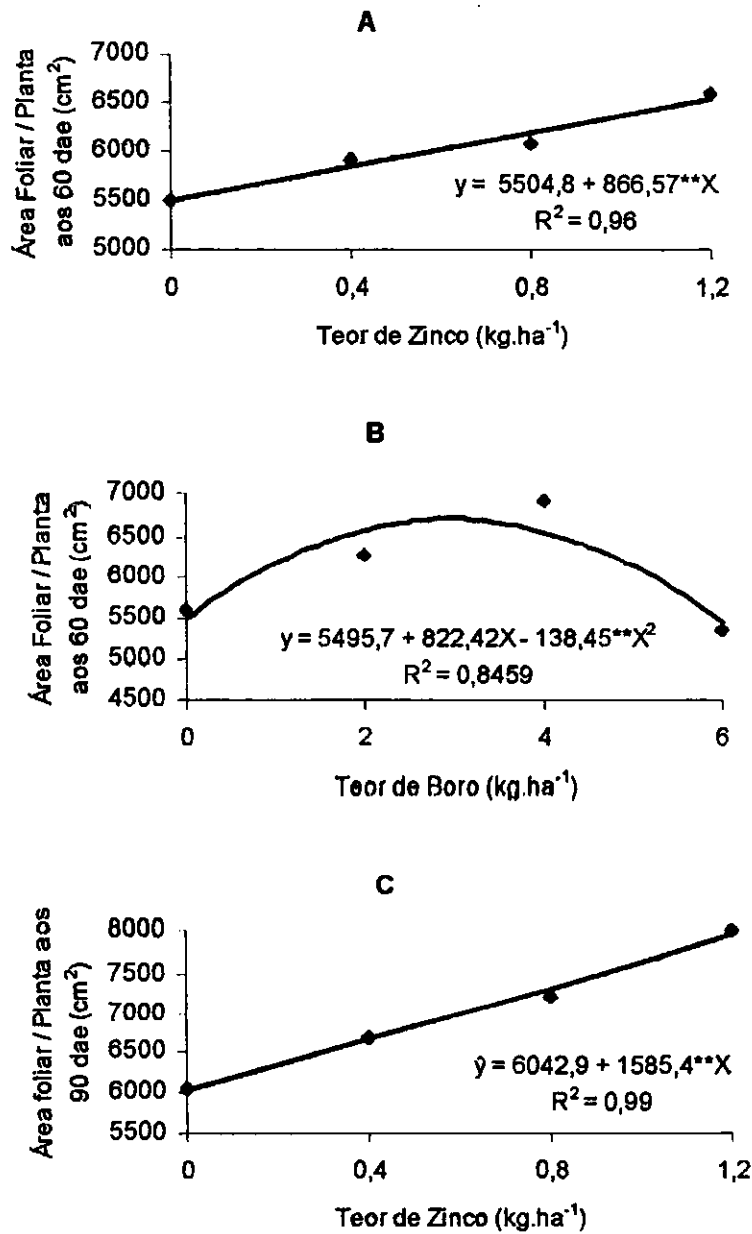
Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		Área foliar (cm <sup>2</sup> )		
		30 dae	60 dae	90 dae
Tratamentos	16	998790,950 *	5012412,28 *	8123119,30 <sup>ns</sup>
Bloco	3	1610943,330 *	22062530,12 **	30821455,30 **
B Linear	1	969088,494 <sup>ns</sup>	321654,69 <sup>ns</sup>	8591475,56 <sup>ns</sup>
B Quadrática	1	195848,561 <sup>ns</sup>	15945910,51 **	4878543,61 <sup>ns</sup>
Zn Linear	1	39414,056 <sup>ns</sup>	20256130,82 **	68925314,45 **
Zn Quadrática	1	1180472,805 <sup>ns</sup>	658369,27 <sup>ns</sup>	2695570,89 <sup>ns</sup>
BL x ZnL	1	234823,837 <sup>ns</sup>	1537461,39 <sup>ns</sup>	395,91 <sup>ns</sup>
T1 vs T17 (NPK)	1	1690276,799 <sup>ns</sup>	4385541,06 <sup>ns</sup>	6500754,34 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	477943,160	2098443,50	7269078,70
C.V.	-	29,67	24,51	39,71

ns, \*, \*\* - Não significativo a nível de 5%, significativo a nível de 5% e significativo a nível de 1% de probabilidade pelo teste "F", respectivamente

Segundo a análise de variância (Tabela 9) para área foliar aos 30 dae não houve efeito significativo dos níveis crescentes de boro e zinco sobre os resultados, porém aos 60 e 90 dae o efeito foi altamente significativo ( $P \leq 0,01$ ) dos níveis crescentes de boro e zinco sobre esta variável.

Na Figura 4A se encontram os resultados dos teores de Zn (kg.ha<sup>-1</sup>) na área foliar do algodoeiro herbáceo aos 60 dae, na qual se observa que houve efeito linear crescente ( $P \leq 0,01$ ) e efeito quadrático ( $P \leq 0,01$ ) para os teores de B (kg.ha<sup>-1</sup>) adicionados

ao solo e aos 90 dias após a emergência das plântulas houve efeito linear crescente ( $P \leq 0,01$ ) na área foliar, em função dos teores de Zn ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).



**\*\***, significativo a 1%, respectivamente pelo teste "F"

Figura 4. Dependência dos valores da característica área foliar ( $\text{cm}^2$ ) aos 60 e 90 dias após a emergência das plântulas (dae) em função de níveis crescentes de boro ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) e zinco ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), na cultura do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, Missão Velha, CE, 2003

#### 4.4. Produtividade de algodão em rama

**Tabela 10.** Resumo das análises de variância da produtividade de algodão em rama (PAR), peso de 100 sementes (P/100S), peso de algodão em pluma (PP), percentagem de fibra (% Fibra) e peso de 1 capulho (PIC) do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, em função de níveis de boro e zinco. Missão Velha, CE. 2003

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios				
		PAC	P/ 100S	PP	% Fibra	P1C
Tratamentos	16	324276,6 <sup>ns</sup>	92,904 <sup>ns</sup>	8,5294 <sup>ns</sup>	2,2557 <sup>ns</sup>	0,2193 <sup>ns</sup>
Bloco	3	882933,3 <sup>*</sup>	446,289 <sup>*</sup>	46,3676 <sup>*</sup>	7,5829 <sup>*</sup>	1,1016 <sup>*</sup>
B Linear	1	21451,2 <sup>ns</sup>	6,328 <sup>ns</sup>	0,1125 <sup>ns</sup>	0,2645 <sup>ns</sup>	0,0083 <sup>ns</sup>
B Quadrática	1	765625,0 <sup>ns</sup>	26,266 <sup>ns</sup>	4,0000 <sup>ns</sup>	0,0225 <sup>ns</sup>	0,0489 <sup>ns</sup>
Zn Linear	1	130411,2 <sup>ns</sup>	497,503 <sup>ns</sup>	21,0125 <sup>ns</sup>	<b>10,0111<sup>*</sup></b>	1,1246 <sup>ns</sup>
Zn Quadrática	1	127806,2 <sup>ns</sup>	153,141 <sup>ns</sup>	10,5625 <sup>ns</sup>	1,5006 <sup>ns</sup>	0,3349 <sup>ns</sup>
BL x ZnL	1	442890,2 <sup>ns</sup>	7,981 <sup>ns</sup>	0,1600 <sup>ns</sup>	0,0484 <sup>ns</sup>	0,0223 <sup>ns</sup>
T1 vs T17(NPK)*	1	690312,5 <sup>ns</sup>	220,500 <sup>ns</sup>	12,5000 <sup>ns</sup>	2,8800 <sup>ns</sup>	0,5512 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	218082,3	127,164	16,2010	1,9631	0,3194
<b>C.V.</b>	-	25,39	9,78	9,43	3,78	9,76

ns, \*, \*\* = Não significativo a nível de 0,05, significativo a nível de 0,05 e significativo a nível de 0,01 de probabilidade pelo teste "F", respectivamente

\* Testemunha Relativa



**Tabela 11.** Média da produtividade de algodão em rama (PAR), em função dos níveis crescentes de boro e zinco no algodoeiro herbáceo cv. BRS 201. Missão Velha, CE, 2003

<b>Micronutrientes</b>	<b>B e Zn aplicados (kg.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>PAR (kg.ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>B</b>	0,0	1890,62 <sup>ns</sup>
	2,0	1948,75 <sup>ns</sup>
	4,0	1853,75 <sup>ns</sup>
	6,0	1760,00 <sup>ns</sup>
<b>Zn</b>	0,0	1826,25 <sup>ns</sup>
	0,4	2070,62 <sup>ns</sup>
	0,8	1748,37 <sup>ns</sup>
	1,2	1806,87 <sup>ns</sup>
<b>TR*</b>	0,0	1457,50 <sup>ns</sup>

\* Testemunha Relativa (NPK); ns = não significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

De acordo com a Tabela 10, não houve efeito significativo dos níveis crescentes de boro e zinco sobre os resultados da produção de algodão em rama; no entanto e apesar de significativamente não haver efeito dos níveis crescentes de B e Zn sobre esta variável constatam-se na Tabela 11, as médias obtidas para a Produção de Algodão em Rama em kg.ha<sup>-1</sup> para os níveis de boro e zinco adicionados ao solo, inclusive a testemunha relativa; observa-se que, mesmo não havendo significância, ocorreu uma tendência de incremento na produtividade com as doses de B e Zn da ordem de 27,84 % para os níveis de B e 27,82 % para os níveis de Zn adicionados ao solo, em relação à testemunha relativa, na produtividade do algodoeiro.

#### **4.5. Peso de 100 sementes**

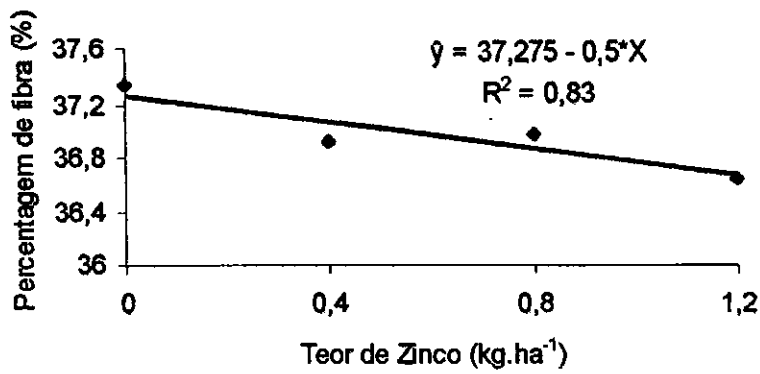
De acordo com a Tabela 10, não houve efeitos significativos dos níveis crescentes de boro ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) e zinco ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) e da testemunha relativa sobre os resultados do peso de 100 sementes.

#### **4.6. Peso de pluma**

Observa-se, na análise de variância (Tabela 10), que não houve efeito significativo dos níveis crescentes de boro ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), zinco ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) nem da testemunha relativa sobre os resultados da variável peso de pluma ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ).

#### **4.7. Percentagem de fibra**

Na análise de variância (Tabela 10), conclui-se haver efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) dos níveis de zinco para a característica percentagem de fibra (% fibra), enquanto se observa, na Figura 5, que a percentagem de fibra decresceu linearmente com a adição de doses de zinco ao solo. Obteve-se o maior valor para a percentagem de fibra (37,34%) com a testemunha (0,0  $\text{kg.ha}^{-1}$  de zinco adicionado ao solo) e a medida em que se elevaram os níveis de Zn ao solo decresceu a percentagem de fibra; com a adição, ao solo, de 1,2  $\text{kg.ha}^{-1}$  de zinco, foi obtido o menor valor para a percentagem de fibra (36,66%), como se nota na Figura 5. Para Farias et al. (1999), uma das características desejáveis nos genótipos é que a percentagem de fibra seja igual ou superior a 40% e isto não se verificou no presente estudo.



\*, significativo a 5 %, pelo teste "F"

Figura 5. Grau de dependência da porcentagem de fibra do algodoeiro herbáceo, cv. BRS 201, vs teor de zinco (kg.ha<sup>-1</sup>) no solo, Missão Velha, CE, 2003

#### 4.8. Peso de 1 capulho

A análise de variância (Tabela 10), deixa transparecer que não houve efeito significativo para os níveis crescentes de boro (kg.ha<sup>-1</sup>), zinco (kg.ha<sup>-1</sup>) e da testemunha relativa sobre os resultados da variável peso de 1 capulho (kg.ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 12.** Resumo das análises de variância das características tecnológicas da fibra [comprimento da fibra (UHM), uniformidade de comprimento (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência de fibra (STR), alongamento da fibra (ELG)] do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, em função de níveis crescentes de boro e zinco. Missão Velha, CE, 2003

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios				
		UHM Mm	UNF %	SFI %	STR gf/tex	ELG %
Trat.	16	0,4913 <sup>ns</sup>	1,3358 <sup>ns</sup>	0,4543 <sup>ns</sup>	0,5826 <sup>ns</sup>	0,3430 <sup>ns</sup>
Bloco	3	1,1189 <sup>ns</sup>	2,2014 <sup>ns</sup>	0,5086 <sup>ns</sup>	0,3156 <sup>ns</sup>	0,3507 <sup>ns</sup>
BL	1	0,5120 <sup>ns</sup>	0,0405 <sup>ns</sup>	0,5001 <sup>ns</sup>	0,4500 <sup>ns</sup>	0,0090 <sup>ns</sup>
BQ	1	0,0976 <sup>ns</sup>	1,5314 <sup>ns</sup>	0,3235 <sup>ns</sup>	0,4556 <sup>ns</sup>	0,0126 <sup>ns</sup>
ZnL	1	0,9031 <sup>ns</sup>	<b>3,5701*</b>	0,9407 <sup>ns</sup>	1,7553 <sup>ns</sup>	<b>2,2445*</b>
ZnQ	1	0,0025 <sup>ns</sup>	0,0976 <sup>ns</sup>	0,1097 <sup>ns</sup>	0,0056 <sup>ns</sup>	0,8100 <sup>ns</sup>
BLxZnL	1	0,0400 <sup>ns</sup>	1,0712 <sup>ns</sup>	0,7461 <sup>ns</sup>	0,0361 <sup>ns</sup>	0,0380 <sup>ns</sup>
T1 vs T17	1	0,9453 <sup>ns</sup>	0,4753 <sup>ns</sup>	0,3200 <sup>ns</sup>	0,1800 <sup>ns</sup>	0,9453 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,3659	0,7115	0,3809	0,6294	0,4415
C.V.	-	2,11	0,99	14,53	3,04	10,90

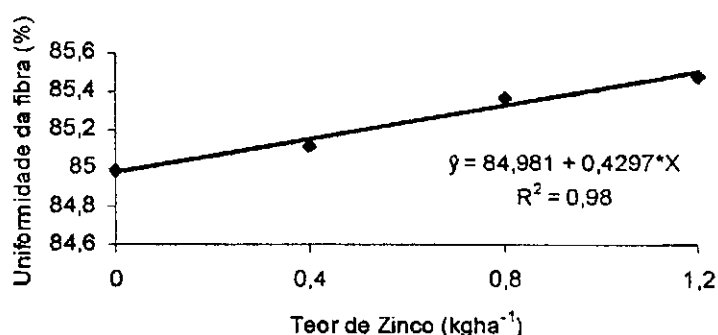
ns, \*, \*\* = não significativo a nível de 5%, significativo a nível de 5% e significativo a nível de 1% de probabilidade pelo teste "F", respectivamente

#### 4.9. Comprimento da fibra (UHM) (mm)

De acordo com a análise de variância (Tabela 12), não houve efeitos significativos dos níveis crescentes de boro e zinco sobre o comprimento de fibra, verificando-se que as concentrações dos micronutrientes não influenciaram esta característica. O valor médio obtido (28,81 mm) do comprimento de fibra encontrados neste trabalho, é considerado médio (Santana & Wanderley; Santana, Wanderley & Beltrão; Santana; 1995, 1998, 1999). Salientar-se que a indústria têxtil nacional e internacional tem preferência por fibra de tamanho médio (International Cotton Advisory Committee, 1995).

#### 4.10. Uniformidade de comprimento (UNF) (%)

Verifica-se, na análise de variância da Tabela 12, efeito significativo dos níveis de zinco sobre os resultados da característica uniformidade da fibra do algodoeiro e não apresentou efeito interativo do boro versus zinco. Na Figura 4 é possível constatar que houve efeito linear positivo ( $P \leq 0,05$ ) do zinco sobre a uniformidade da fibra. Segundo a equação de regressão linear obtida, a uniformidade da fibra atinge valor máximo de (85,48) para 1,2 kg ha<sup>-1</sup> de Zn adicionados ao solo. O algodão cultivado produziu fibra de categoria muito uniforme, semelhante ao trabalho conduzido por Santana, Wanderley & Beltrão (1998), obtendo uniformidade média de 55,82 %.



\*, significativo a 5 %, pelo teste "F"

Figura 6. Relação de dependência da variável uniformidade de comprimento em função das doses de zinco no algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, Missão Velha, CE, 2003

#### 4.11. Índice de fibras curtas (SFI) (%)

Nota-se, na Tabela 12, que não houve efeitos significativos dos níveis crescentes de B e Zn sobre a resistência da fibra; assim, as concentrações desses micronutrientes no solo não influenciaram resultado algum desta característica.

O valor médio (4,22) para resistência da fibra obtido neste experimento, segundo Santana & Wanderley (1995), se enquadra na categoria muito baixa.

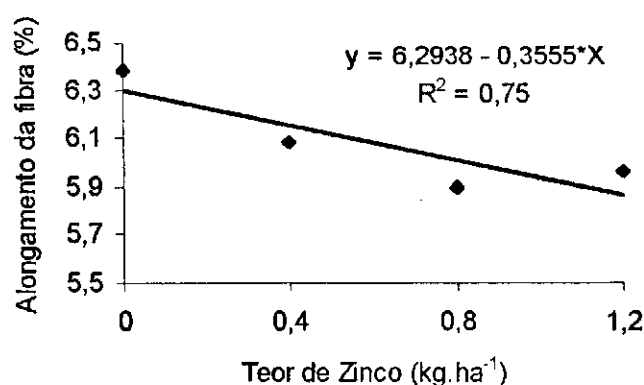
#### 4.12. Resistência da fibra (STR) (gf/tex)

Não se constatam, na Tabela 12, efeitos significativos dos níveis crescentes de B e Zn sobre a resistência da fibra; então, as concentrações desses nutrientes no solo não influenciaram qualquer resultado sobre esta característica.

O valor médio para resistência da fibra obtido neste experimento foi de 26,10 gf/tex, e, segundo Santana & Wanderley (1995), se enquadra na categoria média, com aceitação internacional.

#### 4.13. Alongamento da fibra (ELG) (%)

A análise de variância (Tabela 12) revelou efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) dos níveis de zinco sobre o alongamento de fibra, o qual decresceu linearmente com a adição de doses de zinco ao solo (Figura 7). O valor médio de 6,08 % se enquadra na categoria média, segundo Santana & Wanderley (1995). Resultados semelhantes foram encontrados por Santana et al. (1997) ao avaliarem amostras das cultivares CNPA 7H, 7MH e outras importadas para comparação das características da fibra e do fio.



\*, significativo a 5 %, pelo teste "F"

Figura 7. Grau de dependência do alongamento da fibra do algodoeiro herbáceo, cv. BRS 201, do teor de zinco (kg ha<sup>-1</sup>) no solo, Missão Velha, CE, 2003

**Tabela 13.** Resumo das análises de variância das características tecnológicas da fibra [finura em micronaire (MIC), unidade de medida da reflectância (Rd), amarelecimento da fibra (+ b), índice de fiabilidade (CSP)] do algodoeiro herbáceo cv. BRS 201, em função de níveis crescentes de boro e zinco. Missão Velha, CE, 2003

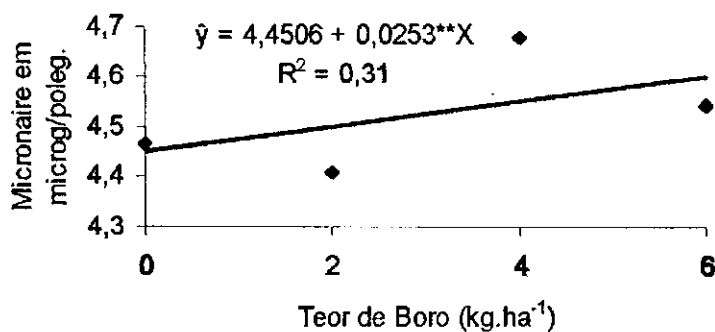
Fonte de Variação	GL	Quadrados médios				
		MIC ug/in	Rd %	+ b	CSP	MAT
Trat.	16	0,1809 <sup>ns</sup>	2,5030 <sup>ns</sup>	0,1957 <sup>ns</sup>	7908,113 <sup>ns</sup>	7,937 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,4402 <sup>ns</sup>	0,0624 <sup>ns</sup>	0,0930 <sup>ns</sup>	9926,023 <sup>ns</sup>	15,008 <sup>ns</sup>
BL	1	<b>1,0181<sup>**</sup></b>	3,0420 <sup>ns</sup>	<b>0,7078<sup>*</sup></b>	<b>33089,112<sup>**</sup></b>	<b>17,575<sup>*</sup></b>
BQ	1	0,2197 <sup>ns</sup>	3,5626 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	1958,062 <sup>ns</sup>	11,195 <sup>ns</sup>
ZnL	1	0,1221 <sup>ns</sup>	4,7775 <sup>ns</sup>	0,0158 <sup>ns</sup>	63,903 <sup>ns</sup>	<b>31,781<sup>**</sup></b>
ZnQ	1	0,0088 <sup>ns</sup>	3,8025 <sup>ns</sup>	0,0032 <sup>ns</sup>	1980,250 <sup>ns</sup>	12,244 <sup>ns</sup>
BLxZnL	1	0,0293 <sup>ns</sup>	1,7003 <sup>ns</sup>	0,0709 <sup>ns</sup>	309,760 <sup>ns</sup>	0,050 <sup>ns</sup>
T1 vs T17	1	0,0450 <sup>ns</sup>	0,0312 <sup>ns</sup>	0,0050 <sup>ns</sup>	1176,125 <sup>ns</sup>	4,867 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	01177	1,3478	0,1492	2789,870	4,037
C.V.	-	7,61	1,45	4,15	2,39	13,68

ns, \*, \*\* = não significativo a nível de 5%, significativo a nível de 5% e significativo a nível de 1% de probabilidade pelo teste "F", respectivamente

#### 4.14. Finura em micronaire (MIC)

Verificou-se, na Tabela 13, que a característica linura em micronaire teve efeito altamente significativo ( $P \leq 0,01$ ) em função dos níveis crescentes de B e Zn adicionados ao solo, resultado este comprovado na Figura 6, sendo efeito linear crescente; deste modo, conclui-se haver influência positiva das quantidades dos micronutrientes adicionados ao solo.

O valor médio 4,53  $\mu\text{g/in}$  é classificado na categoria média, segundo Santana & Wanderley (1995); resultados semelhantes foram encontrados por Brito (2002) nas cultivares CNPA 7H, BRS 187-8H e BRS 186-Precoce 3 em trabalho desenvolvido em Barbalha, CE.



**\*\***, significativo a 1 %, pelo teste "F"

Figura 8. Grau de dependência do índice micronaire da fibra do algodão herbáceo, cv. BRS 201, do teor de boro (kg.ha<sup>-1</sup>) no solo, Missão Velha, CE, 2003

#### 4.15. Unidade de medida da reflectância (Rd) (%)

Para a característica unidade de medida da reflectância não houve efeito significativo dos níveis crescentes de B e Zn sobre a resistência da fibra; desta forma, as concentrações desses nutrientes no solo não influenciaram efeito algum nesta característica, conforme a Tabela 13.

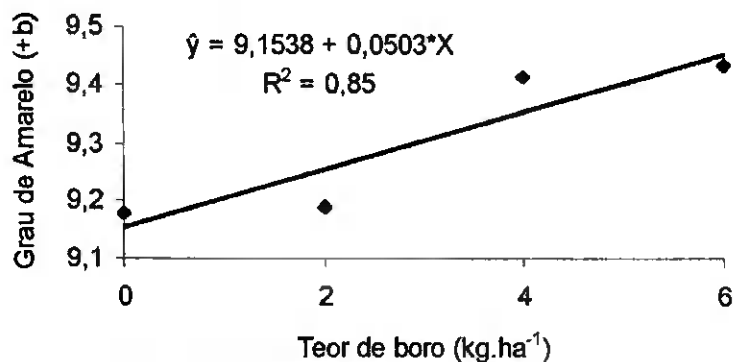
O valor médio obtido (80,10%), resultado este semelhante aos encontrados por Brito (2002), ao trabalharem com as cultivares CNPA 7H, BRS 187-8H, BRS 186-Precoce 3 e com esta mesma cultivar, trabalho desenvolvido em Barbalha, CE, está dentro do padrão para fibras de algodão, segundo Santana & Wanderley (1995) e Santana et al. (1999). Quanto mais este valor se aproxima de 85%, indicam fibras mais claras, conforme Zellweger Uster (1992) em uma escala que varia de 40 a 85 Rd.

#### 4.16. Amarelecimento da fibra (+ b)

O amarelecimento da fibra (Tabela 13) foi influenciado pelas concentrações crescentes de B adicionados ao solo, efeito este significativo ( $P \leq 0,05$ ) linear crescente, como se nota na Figura 6, havendo influência positiva na característica em função das quantidades do nutriente. Do boro para esta característica da fibra, segundo a equação de regressão obtida para o amarelecimento da fibra atingir valor máximo de 9,44, seriam necessários apenas 6,0 kg ha<sup>-1</sup> incorporados ao solo.



O valor médio obtido (9,30), resultado este semelhante aos encontrados por Brito (2002) em Barbalha, CE, ao trabalharem com as cultivares CNPA 7H, BRS 187-8H, BRS 186-Precoce 3 e com esta mesma cultivar, está dentro do padrão da faixa permitida para fibras de algodão, que variam de 4 a 18 na escala de Hunter (Santana & Wanderley, 1995).

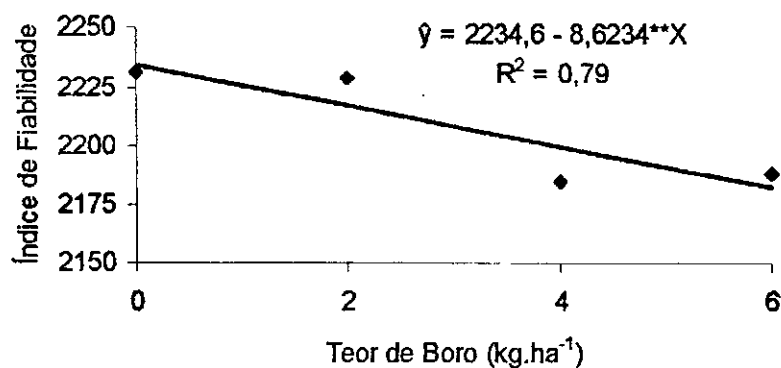


\*, significativo a 5 %, pelo teste "F"

Figura 9. Relação de dependência do grau de amarelecimento (+b) da fibra do algodão herbáceo, cv. BRS 201, do teor de Boro (kg.ha<sup>-1</sup>) no solo, Missão Velha, CE, 2003

#### 4.17. Índice de fiabilidade (CSP)

Nota-se, na análise de variância (Tabela 13), efeito significativo ( $P \leq 0,01$ ) dos níveis de boro para a característica índice de fiabilidade no algodoeiro e, na Figura 10, o índice de fiabilidade decresceu linearmente com a adição de doses crescentes de boro ao solo. Apesar de haver decréscimo na fiabilidade da fibra do algodão com o aumento dos teores de boro no solo, na prática não foi suficiente para alterar a sua aceitação na indústria têxtil pois, mesmo com o decréscimo linear, o menor índice (2.185,47) com adição de 6,0 kg.ha<sup>-1</sup> de boro ao solo pode ser classificado na categoria "Alta" (Santana, Wanderley & Beltrão, 1998; Bolsa Mercadorias & Futuros, s.d.).

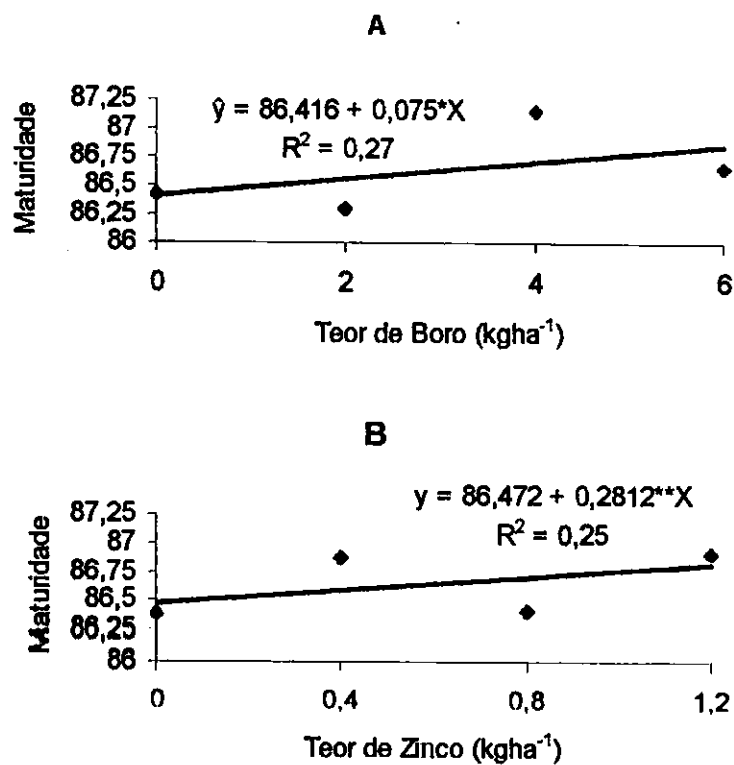


\*\* , significativo a 1 %, pelo teste "F"

Figura 10. Grau de dependência do índice de fiabilidade da fibra do algodão herbáceo, cv. BRS 201, do teor de boro (kg.ha<sup>-1</sup>) no solo, Missão Velha, CE, 2003

#### 4.18. Maturidade (MAT)

A maturidade da fibra do algodoeiro (Tabela 13), foi influenciada pelos teores de B (kg.ha<sup>-1</sup>) e Zn (kg.ha<sup>-1</sup>) adicionados ao solo, efeito significativo ( $P \leq 0,05$  e  $P \leq 0,01$ ) respectivamente, tal como se observa na Figura 11A, um efeito linear positivo em função das quantidades de B extraídos do solo pela cultura; para esta característica da fibra, segundo a equação de regressão obtida para a maturidade, para o maior índice obtido 87,16 ASTM, seriam necessário 6,0 kg ha<sup>-1</sup> de boro adicionados ao solo e, na Figura 11B, constata-se efeito semelhante, linear crescente, em função das quantidades de Zn adicionadas ao solo. Para maturidade da fibra, segundo a equação de regressão, o maior índice obtido 86,91 ASTM, seria necessário 1,2 kg ha<sup>-1</sup> de zinco incorporado ao solo. De acordo com os índices obtidos na Figura 11AB, constata-se que a fibra classificada na categoria muito madura, segundo a classificação de Santana, Wanderley & Beltrão, 1998.



\*\* e \*, significativo a 1 e 5 %, respectivamente pelo teste "F"

Figura 11. Grau de dependência da maturidade da fibra do algodão herbáceo, cv. BRS 201, vs teores de boro (kg ha<sup>-1</sup>) e zinco (kg ha<sup>-1</sup>) no solo, Missão Velha, CE, 2003

## 5.0. CONCLUSÕES

- 1- O crescimento do algodoeiro cultivar BRS 201, via altura de planta aos 120 dias após a emergência das plântulas, foi alterado positivamente pelo micronutriente zinco, com incremento significativo, com o teor adicionado ao solo dentro do intervalo pesquisado de  $1,2 \text{ kg ha}^{-1}$ , em relação ao tratamento que não recebeu tal elemento químico.
- 2- Na produtividade do algodão herbáceo, cultivar BRS 201, apesar de não haver efeito significativo dos níveis crescentes de B e Zn, ocorreu tendência de incremento na produtividade, da ordem de 27,82 % para os respectivos teores adicionados ao solo.
- 3- O boro alterou positivamente algumas características tecnológicas da fibra do algodoeiro herbáceo, cultivar BRS 201, como Índice micronaire (MIC), Amarelecimento da fibra (+b) e Maturidade (MAT).
- 4- O zinco alterou positivamente algumas características tecnológicas da fibra do algodoeiro herbáceo, cultivar BRS 201, como Uniformidade de comprimento (UNF) e Maturidade (MAT).
- 5- O boro e o zinco não influenciaram algumas características tecnológicas da fibra do algodoeiro herbáceo, cultivar BRS 201, sendo o Índice de fiabilidade (CSP) e o Alongamento da fibra (ELG), respectivamente.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM NETO, M. da S.; MEDEIROS, J. da C.; BELTRÃO, N.E. de M.; FREIRE, E.C.; NOVAES FILHO, M. de B.; GOMES, D.C. Zoneamento do algodoeiro herbáceo para o Nordeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 1., 1997, Fortaleza. **Anais...** Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1997. p. 35-37.

AMORIM NETO, M. da S.; BELTRÃO, N.E. de M. **Determinação da época de irrigação em algodoeiro herbáceo por via climatológica.** Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 1992. 17 p. (EMBRAPA-CNPA. Comunicado Técnico, 34).

AMORIM NETO, M. da S.; BELTRÃO, N.E. de M. Zoneamento do algodão herbáceo no Nordeste. In: **O Agronegócio do Algodão no Brasil.** Brasília, DF. EMBRAPA – Algodão, 1999. p. 16 – 27.

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.

ANDREI, E. (Coord.) **Compêndio de defensivos agrícolas: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola.** 2. ed. São Paulo: Organização Andrei, 1987. 492 p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DO ALGODÃO. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2001 –

ARAGÃO JÚNIOR, T, MAGALHÃES, C.A. de, SANTOS, C.S.V. dos. Estudos de lâminas de irrigação na cultura do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch), In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SC, CIC, 1988. p.108-116.

AZEVEDO, P.V. de; et al.; Necessidades hídricas da cultura do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 28, n. 7, p. 863 – 870, 1993.

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 Mestrdo.

BELTRÃO, N.E. de M. **Breve diagnóstico do algodão no Brasil e no Nordeste brasileiro.** Campina Grande Embrapa – CNPA, 1996. 5p. (Embrapa-CNPA. Comunicado técnico, 43).

BELTRÃO, N.E. de M. **Informações gerais sobre a cotonicultura em vários estados da federação: Safras 1995/96 e 1996/97.** CNPA. Documentos, 59. 97p., 1998.

BELTRÃO, N.E. de M. Algodão brasileiro em relação ao mundo: situação e perspectivas. In: **O Agronegócio do Algodão no Brasil.** Brasília, DF. EMBRAPA – Algodão, 1999. p. 16 – 27.

BELTRÃO, N.E. de M. Adubação e calagem. In: **O Agronegócio do Algodão no Brasil.** Brasília, DF. EMBRAPA – Algodão, 1999. p. 173 – 210.

BELTRÃO, N.E. de M.; ALMEIDA, O.A. de; PEREIRA, J.R.; FIDELIS FILHO, J. Metodologia para estimativa do crescimento do fruto e do volume absoluto e relativo da planta do algodoeiro. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas.** v. 5, n. 1, p. 283 – 289, jan-abr. 2001.

BELTRÃO, N.E. de M.; VIEIRA, R.de M.; BRAGA SOBRINHO, R. Future possibilities of organic cotton in Brazil. In: **PLENARY MEETING OF THE INTERNATIONAL COTTON ADVISORY COMMITTEE, 53, 1994, Recife. Technical Semim.** Recife: ICAC, 1994. p. 15 – 21.

BELTRÃO, N.E. de M.; VIEIRA, R.de M.; BRAGA SOBRINHO, R. **Possibilidades do cultivo do algodão orgânico no Brasil.** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1995. 36p. (EMBRAPA CNPA, Documentos, 42).

BOLSA DE MERCADORIAS & FUTUROS. **Estatística do mercado físico do algodão: Janeiro de 1990 a dezembro de 1996.** São Paulo, 1997.

BOLSA DE MERCADORIAS & FUTUROS. **Resultados de testes no HVI e sua interpretação:** São Paulo, s.d. não paginado.

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).

BRITO, D.R. **Novas cultivares de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch) em diferentes arranjos populacionais.** Tese Mestrado (Agronomia) – centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB. 73p. 2002.

- CARVALHO, P.P., **Manual do algodoeiro**. Lisboa: II CT, 1996. 282 p.
- 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**, v. 20, n. 2, p. 265-269, 1996.
- CARVALHO, L.H. **Efeitos da calagem e da adubação boratada sobre o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch) cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo – fase arenosa**: Piracicaba: USP/ESALQ, 1980. 64p. (Tese de Mestrado).
- CASAGRANDE, J.L. **O boro em solos do município**: Piracicaba: USP/ESALQ, 1978. 122p. Tese de 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 (Brasília, DF). **Análise Conjuntural**: Informativo sobre o mercado agropecuário. Brasília, 1996. 2p.
- CORRÊA, J.R.V., **Algodoeiro**: informações básicas para seu cultivo. Belém: EMBRAPA -- UEPAE Belém, 1989. 29 p. (EMBRAPA – UEPAE Belém, Documentos, 11).
- COSTA, A.; ZOCOLLER, D.C.; COSTA, M.A.T. Adsorção de boro em oito solos do Paraná e resposta do algodoeiro à adubação boratada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., VOL. 2, 2001, Dourados, MS. **Anais ...** Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 2001. 1076 p.
- 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..
- COTTON. **Review of the world situation**. Washington: International cotton advisory committee. V. 53, n. 1, 1999. 21p.
- DANTAS, J.P. Boro. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p. 113-130.

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 do Algodão (Campina Grande, PB). **Cultivares de algodão para a safra 2000/2001**. Campina Grande, 2000. 11p. Folder.

FARIAS, J.C.F.; BELTRÃO, N.E. de M.; FREIRE, E.C. Caracteres de importância econômica no melhoramento do algodão. In: BELTRÃO, N. E. de M. org.. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA – Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. v.1, p. 361 – 370.

FREIRE, E.C.; BELTRÃO, N.E. de M. **Custos de produção e rentabilidade de algodão no Brasil: safra 1996/97**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1997. 6p. (EMBRAPA-CNPA. Comunicado Técnico, 69).

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

GODBERG, S. Reactions of boron with soils. **Plant and soil**. Netherlands. V. 193, n. 1-2, p. 35-48, 1997.

GODBERG, 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.

GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. 12ª ed. Piracicaba: Livraria Nobel. S. A. 1995. 467.

GRIDI-PAPP, I.L.; CIA, E.; FUZATTO, M.G.; SILVA, N.M. da; FERRAZ, C.A.M.; CARVALHO, N. de; CARVALHO, L.H.; SABINO, N.P.; KONDO, J.I.; PASSOS, S.M. de G.; CHIAVEGATO, E.J.; CAMARGO, P.P. de; CAVALERI, P.A. **Manual do produtor de algodão**. São Paulo: Bolsa de Mercadoria & Futuro, 1992. 450 p.



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.

HERNANI, L.C.; SALTON, J.C.. Manejo e conservação do solo. In: EMBRAPA. **Algodão: informações técnicas**. Dourados: EMBRAPA – CPAO; Campina Grande: CNPA, 1998. cap. 2, p. 26 – 50. (EMBRAPA – CPAO. Circular Técnica, 7).

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.

HOZUMI, K.; KOYAMA, H.; KIARA, T. Intraspecific competition among higher plants. Iv. A preliminary account on the interaction between adjacent individuals. **Journal of institut Polytechnic**. Osaka city University Gorvice. V. 6, p. 121 – 130, 1955.

INTERNATIONAL COTTON ADVISORY COMITEE. **Growing organic cotton**. 1996. 81p.

KEREN, R.; GROSSL, P.R.; SPARKS, D.L. Equilibrium and kinetics of borate adsorption-desorption on pyrophyllite in aqueous suspensions. **Soil Science Society of América 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.

KÖEPPEN, W. Das geographi sc system der Klimate, In. KÖEPPEN, W., GEIGER, R. **Handbuch der Klimatologia**. Berlim: Gerdrulier Borntraeger, 1936. v.1, porte C.

LAGIÉRE, R.; **El algodón**. Barcelona: Blume, 292 p. il. P. 11-18: Botânica. 1969.

LANDIVAR, J.; VIERA, R. de M.; BELTRÃO, N.E. de M.. Monitoramento do algodão. In: **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. Brasília, DF: EMBRAPA – Algodão, 1999. p. 472 – 491.

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro: IBGE, v. 11, n. 8, jul. 1999.

- MAGALHÃES, H.C.F.; *et al.* E. **The effects of climatic variations of agriculture Northeast Brazil**. Luxemburg/Austria, 1987, 109p.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. de; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. Piracicaba: Pioneira, 1974. p. 179-201.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- 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, 35 p. (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. 48 p. (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.
- OOSTERHUIS, D.M. Physiology and nutrition of high yielding cotton in the USA. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 95, p. 18 – 24, set. 2001.
- PARKS, W.L.; WHITE, J.L. Boron retention by clay húmus systems saturated with various cations. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 16, p. 298-300, 1952.
- PASSOS, S.M. de G.; **Algodão**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1980. p. 138 – 203.
- PASSOS, S.M.G.; FILHO, V.C.; SOUZA, A.J. **Principais culturas**, vol. 1,2ª ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.
- PAVAN, M.A.; CORREA, E.A. Reações de equilíbrio solo-boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, p. 261 – 269, 1988.
- PESSOA, R.; SOUZA, F.E. de; SOUZA JUNIOR, F.E. de; ALBUQUERQUE, T.C. de S. **A volta do algodão: uma questão de justiça social**. [SI]. Instituto Tancredo Neves. 1997. 78 p.

PIMENTEL, M.S. Algodão: variedades precoces driblam o bicudo no Sudeste da Bahia. **Manchete Rural**, Rio de Janeiro, v. 8, n.99, p. 60 – 65, set. 1995.

POTAFOS, INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Piracicaba, 1998. 177P.

QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. da; BERTON, R.S. Culturas oleaginosas. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1.,1998, 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.

RICHETTI, A.; MELO FILHO, G.A. de. Aspectos socioeconômicos do algodoeiro herbáceo. In: EMBRAPA. **Algodão: informações técnicas**. Dourados: EMBRAPA – CPAO; Campina Grande: CNPA, 1998. (EMBRAPA – CPAO. Circular Técnica, 7).

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. **Anais ...** Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 1999. 716 p. p. 403 – 406.

SANTANA, J.C.F. de; WANDERLEY. M.J.R **Interpretação de resultados de análises de fibras, efetuadas pelo instrumento de alto volume (HVI) e pelo finurímetro-maturímetro (FMT<sub>2</sub>)**. Campina Grande. Embrapa – CNPA, 1995. 9p. (Embrapa - CNPA. Comunicado técnico, 41).

SANTANA, J.C.F. de; WANDERLEY. M.J.R; BELTRÃO, N.E. de M. Tecnologia da fibra e do fio do algodão, análise e interpretação dos resultados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (Dourados, MS). **Algodão: informações técnicas**. Dourados: EMBRAPA-CPAO; Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1998. p. 232 – 254. (EMBRAPA-CPAO. Circular Técnica,7).

SANTANA, J.C.F. de; WANDERLEY, M.J.R.; BELTRÃO, N.E. de M.; VIEIRA, D.J. Características de fibra e do fio do algodão: análise e interpretação dos resultados. In: BELTRÃO, N.E. de M. org. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA – Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. v.2, p. 857 – 879.

SANTOS, J.W. dos; ALMEIDA, F. de A.C.; BELTRÃO, N.E. de M. Experimentos Fatoriais. In: SANTOS, J.W. dos; GHEYI, H.R. (Eds.) *Estatística Experimental Aplicada*. Campina Grande: Editora Gráfica Marcone Ltda, 2003, p. 107 – 145. *Tópicos de Engenharia Agrícola e Agronômica*.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT User's Guide: Version 8**. Cary: SAS INSTITUTE Inc., 1999. 3.809 p.

SESTREN, J.A.; LIMA, J.J. de. Característica e classificação da fibra do algodão. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. p. 765 – 819.

SILVA, N.M. da. Nutrição Mineral e Adubação do Algodoeiro no Brasil. In: POTAFOS. **Cultura do Algodoeiro**. Piracicaba - SP: 1999. cap. 5, 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.; CIA, E.; FUZZATO, M.G.; CHIAVEGATO, E.J.; ALLEINI, L.R.F. Seja o doutor do seu algodoeiro. **Informações Agronômicas**. Piracicaba, n. 69, p. 1 – 24, 1995.

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 JÚNIOR, N.; MAIA, J.C.; SANTOS, C.J.C. **Relatório da classificação de algodão em pluma importado pelo Estado do Ceará – ano 1998**. Fortaleza: Secretaria de Desenvolvimento Rural/ Governo do Estado do Ceará, 1999. 26p.

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.

SINDITÊXIL/ABIT. Consumo industrial de algodão em pluma por Estado. 1973/96. Disponível: <http://www.rgn.com.Br/Sinditêxtil/13htm>. 1998.

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

SOUZA, J.G. de; BELTRÃO, N.E. de M. efeito do encharcamento do solo na fisiologia do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.), em condições de casa de vegetação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, I, Fortaleza, 1997, *Anais...*Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, p. 596 – 598, 1997.

STAUT, L.A.; KURIHARA, C.H. Calagem, Nutrição e Adubação. In: EMBRAPA – CPAO. **Algodão: informações técnicas**. Dourados, MS: 1998. cap. 3, p. 51 – 70.

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Isótopos ambientais aplicados a um estudo hidrológico do Nordeste brasileiro**. Recife: SUDENE/MINTER, 1979. 58 p.

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

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 sorghum (*Sorghum vulgare* L.). **Agronomy Journal**, v. 59, p. 484-486, September-october, 1967.

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.

ZELLWEGER USTER. **Spinlab HVI 900 high volume fiber test system**. Knoxville, 1992.  
p. irr.