



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – ICIAG
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - UBERLÂNDIA



JOSÉ AUGUSTO MAZZO MISAEL

**DOSES DE BORO NO DESENVOLVIMENTO MORFOLÓGICO DO
ALGODOEIRO COLORIDO**

UBERLÂNDIA - MG
DEZEMBRO – 2023

JOSÉ AUGUSTO MAZZO MISAEL

**DOSES DE BORO NO DESENVOLVIMENTO MORFOLÓGICO DO
ALGODOEIRO COLORIDO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Agronomia, do Instituto de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Larissa Barbosa de Sousa.

UBERLÂNDIA - MG
DEZEMBRO - 2023

JOSÉ AUGUSTO MAZZO MISAEL

**DOSES DE BORO NO DESENVOLVIMENTO MORFOLÓGICO DO
ALGODOEIRO COLORIDO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Agronomia, do
Instituto de Ciências Agrárias, da
Universidade Federal de Uberlândia,
para obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Larissa Barbosa
de Sousa.

Uberlândia, dia 01 de dezembro de 2023

Banca Examinadora

Prof.^a Dr.^a Larissa Barbosa de Sousa

Orientadora

Eng. Agr. Dr. Daniel Bonifácio Oliveira Cardoso

Membro da Banca

Eng.^a Agr.^a Dr.^a Ingrid Mara Bicalho

Membro da Banca

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus e Nossa Senhora Aparecida, por cada dia guiar meu caminho, me dar forças para atingir meus objetivos e me proteger durante toda minha trajetória.

Dedico essa conquista aos meus pais César e Adriana, por todo apoio, carinho e persistência comigo, me auxiliando sempre a ser uma pessoa melhor e ir atrás dos meus sonhos e objetivos. Aos meus irmãos Júlio César e Andrey, à minha avó Justina e a todos os meus familiares pelo apoio e união.

As grandes amizades que cultivei durante essa jornada, em especial, Franco Basílio, João Vítor Batista e ao meu irmão Júlio César, pela forte união, apoio e oportunidade de trabalharmos juntos até o final destes anos de graduação. Agradeço pela amizade sincera, por permanecerem ao meu lado tanto nos momentos difíceis quanto nos felizes e por levarmos desde o início a persistência como componente do nosso caminho.

Aos colegas da turma 66° em especial e a da agronomia UFU que compartilhamos momentos felizes durante a graduação.

Ao Programa de Melhoramento Genético do Algodoeiro (PROMALG) o qual sou muito grato por todo aprendizado de trabalho em equipe. Em especial, agradeço a minha orientadora Prof.^a Dr.^a Larissa Barbosa pela oportunidade, apoio, ensinamentos, conselhos sinceros, por ser uma excelente professora e ser uma pessoa que sempre deseja o melhor para os alunos, orientados e amigos. Agradeço grandemente também ao Murilo Medeiros, Gabriel Aragão, Daniel Bonifácio e Nathan Michael, pela parceria, ensinamentos, grande apoio e oportunidade de trabalharmos juntos durante minha jornada. Ademais, expresso meu agradecimento a todos aqueles que dedicam a vida ao grupo e a todos que já passaram pelo programa.

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade de realizar e concluir o curso de graduação em Agronomia, assim como a todos os servidores envolvidos que, de diferentes formas, colaboraram em minha trajetória de aprendizado e para meu crescimento pessoal e profissional.

RESUMO

MISAEL, M.A.J. **Doses de boro no desenvolvimento morfológico do algodoeiro colorido.** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Agronomia, Uberlândia. Instituto de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Uberlândia - MG. 31p. 2023.

O algodoeiro é uma planta da família das malváceas cuja espécie *Gossypium hirsutum* L. é a mais cultivada para produção de pluma utilizada pelas indústrias têxteis representando 75% das fibras naturais e possuindo um enorme significado econômico e social para a agricultura brasileira. O algodão colorido tem se destacado cada vez mais ao longo do tempo, principalmente devido às suas inúmeras vantagens, incluindo: dispensa o tingimento de tecidos, preço de venda maior do que o algodão de fibra branca e representa uma ótima alternativa para o agricultor familiar. A variedade de tons desse tipo de fibra varia desde o creme até o marrom, sendo isso um dos maiores desafios dos melhoristas, pois consiste em encontrar atributos de fibra com qualidade para que sejam fiáveis pela indústria, além no aumento da produtividade em campo. Dentre os micronutrientes na cultura do algodoeiro, tem-se observado que o boro (B) é o mais limitante e aquele cujos sintomas de deficiência aparecem com maior frequência, sendo seus prejuízos dependentes da intensidade e tempo do período carente. Desse modo, o presente trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento morfológico entre cultivares de algodoeiro colorido submetidos em doses de boro. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Glória pertencente à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), com coordenadas: latitude 18.945074"S, longitude 48.215302"W e altitude de 936 metros, em região de clima Aw temperado. Nesta área há predominância de solo do tipo Latossolo Vermelho Escuro Distrófico. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados (DBC), por meio de quatro repetições. Foram utilizados ao todo 4 genótipos, dentre as quais são cultivares comerciais da Embrapa: BRS Rubi, BRS Verde, BRS Safira e BRS Jade. Sendo esses comparados a 4 doses de boro: 0Kg ha⁻¹, 0,5Kg ha⁻¹, 1,5Kg ha⁻¹ e 2,0Kg ha⁻¹. Assim, estimou-se os coeficientes de correlação fenotípica entre as características: altura (H), altura de inserção do primeiro ramo reprodutivo (H1R), ramos vegetativos (RV), ramos reprodutivos (RR) e área foliar (AF). Apenas o genótipo BRS Rubi foi o que melhor expressou resultados referente a dose de 0,5Kg ha⁻¹ em resposta para característica fenotípica área foliar (AF).

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L.; Desenvolvimento morfológico; Doses de boro.

ABSTRACT

MISAEL, M.A.J. **Doses de boro no desenvolvimento morfológico do algodoeiro colorido.** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Agronomia, Uberlândia. Instituto de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Uberlândia - MG. 31p. 2023.

The cotton plant is a plant from the malvaceae family whose species *Gossypium hirsutum* L. is the most cultivated for the production of down used by the textile industries, representing 75% of natural fibers and having enormous economic and social significance for Brazilian agriculture. Colored cotton has become increasingly prominent over time, mainly due to its numerous advantages, including: no need to dye fabrics, higher sales price than white fiber cotton and represents a great alternative for family farmers. The variety of shades of this type of fiber varies from cream to brown, which is one of the biggest challenges for breeders, as it consists of finding fiber attributes with quality so that they are reliable by the industry, in addition to increasing productivity in the field. Among the micronutrients in cotton crops, it has been observed that boron (B) is the most limiting and the one whose deficiency symptoms appear most frequently, with its losses depending on the intensity and time of the deficiency period. Therefore, the present work aimed to evaluate the morphological development between different colored cotton cultivars subjected to doses of boron. The experiment was conducted at the Glória Experimental Farm belonging to the Federal University of Uberlândia (UFU), with coordinates: latitude 18.945074"S, longitude 48.215302"W and altitude of 936 meters, in a region with a temperate Aw climate. In this area there is a predominance of Dystrophic Dark Red Oxisol soil. The design used was a randomized block design (DBC), with four replications. A total of 4 genotypes were used, including commercial cultivars from Embrapa: BRS Rubi, BRS Verde, BRS Safira and BRS Jade. These were compared to 4 doses of boron: 0kg ha⁻¹, 0,5kg ha⁻¹, 1.5kg ha⁻¹ and 2.0kg ha⁻¹. Thus, the phenotypic correlation coefficients were estimated between the characteristics: height (H), insertion height of the first reproductive branch (H1R), vegetative branches (RV), reproductive branches (RR) and leaf area (AF). Only the BRS Rubi genotype was the one that best expressed results regarding the dose of 0.5kg ha⁻¹ in response to the phenotypic characteristic leaf area (AF).

Keywords: *Gossypium hirsutum* L.; Morphological development; Doses of boron.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1 Aspectos gerais e Morfologia.....	9
2.2 Adubação do algodoeiro	11
2.3 Funções do B na planta.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5. CONCLUSÕES.....	24
REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

A produção de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) está intrinsecamente ligada à economia do Brasil, tendo encontrado condições climáticas favoráveis para seu crescimento. Anualmente, cerca de 1,6 milhões de hectares são destinados a essa cultura, resultando em aproximadamente 2,5 milhões de toneladas de algodão (CONAB, 2023).

Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor e o segundo maior exportador mundial de algodão (USDA, 2023). Os principais estados produtores são Mato Grosso, Bahia, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Goiás e Minas Gerais, respectivamente. No entanto a safra brasileira de algodão em pluma na temporada 2023/24 está estimada em 3,039 milhões de toneladas, queda de 4,1% na comparação com as 3,169 milhões de toneladas indicadas na safra 2022/23 (CONAB, 2023).

Essa cultura agrícola é importante por sua versatilidade, pois além de ser amplamente utilizada na indústria têxtil, o algodão também é empregado na produção de óleo, por meio do descaroçamento das sementes, que são ricas em proteínas e energia na forma de biodiesel. A camada de fibras curtas aderidas à epiderme das sementes, conhecida como linter, é rica em celulose e tem aplicações diversas, como na fabricação de papel-moeda, algodão cirúrgico e embalagens especiais (SALVIANO et al., 2021).

As plantas de algodão que produzem fibras coloridas representam uma perspectiva a ser explorada, especialmente para grandes produtores, devido ao seu maior valor de mercado em comparação com o algodão branco. Além disso, sua coloração natural oferece uma alternativa para consumidores alérgicos a tinturas convencionais (QUEIROGA et al., 2008).

No entanto, devido ao aumento na produção de algodão, à busca por novas variedades e às demandas dos produtores por produtividade e qualidade de fibra, os melhoristas têm recorrido a ferramentas genéticas e estatísticas para aprimorar as características agrônômicas e tecnológicas das fibras. Isso tem resultado em genótipos superiores, alcançados por meio de programas de melhoramento genético (PEDROSA et al., 2001).

A adubação é uma das práticas agrícolas mais importantes na cultura do algodoeiro. Para alcançar rendimentos crescentes é necessário empregar técnicas de manejo adequadas e proporcionar condições favoráveis ao pleno potencial produtivo da

planta. Entretanto, é crucial compreender a genética e a fisiologia do algodoeiro para explorar ao máximo sua capacidade produtiva (FIGUEIREDO, 2020).

Dentre os micronutrientes necessários para o algodoeiro, o boro (B) é o mais limitante e frequentemente apresenta sintomas de deficiência, devido à alta demanda da planta e à baixa disponibilidade do elemento no solo, especialmente em solos de cerrado, onde a maioria das áreas de cultivo de algodão está concentrada (ROSOLEM et al., 2001).

Portanto, o boro desempenha um papel essencial na formação de tecidos meristemáticos, porém sua baixa mobilidade faz com que os sintomas de deficiência apareçam inicialmente nos pontos de crescimento, prejudicando o desenvolvimento e causando alterações na morfologia da planta (MALAVOLTA, 2006). Assim, quando as concentrações desse micronutriente não estão dentro dos níveis ideais no solo, ocorrem reduções significativas no desenvolvimento fisiológico e morfológico do algodoeiro, afetando também a qualidade da fibra, o que, por sua vez, influencia na produtividade do algodoeiro colorido naturalmente.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento morfológico entre cultivares de algodoeiro colorido submetidos em doses do micronutriente boro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos gerais e Morfologia

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) pertence ao gênero *Gossypium* da família Malvaceae e abrange 52 espécies em diversas regiões do mundo. Trata-se de uma planta angiosperma, da classe eudicotiledônea, inserida na ordem Malvales (GADELHA, 2014). Embora seja autógama, o algodoeiro pode atingir uma taxa de 80% de fecundação cruzada, principalmente por meio de polinizadores como as abelhas. Sua cultura é caracterizada por um ciclo longo, variando de 160 a 180 dias (PENNA, 1982).

No sistema produtivo, apenas quatro espécies do gênero *Gossypium* são cultivadas: *Gossypium hirsutum*, *Gossypium barbadense*, *Gossypium arboreum* e *Gossypium herbaceum*. Essa diversidade genética desempenha um papel fundamental no melhoramento genético (PENNA, 2005).

O algodoeiro é uma planta dicotiledônea com metabolismo fotossintético do tipo C3 e apresenta um hábito de crescimento indeterminado, com dois tipos de ramificação: monopodial (vegetativa) e simpodial (reprodutiva). Também possui dois tipos de folhas verdadeiras (nas ramificações e nos frutos) e pelo menos duas gemas (axilar e extra-axilar) na base de cada folha (MAUNEY, 1984). Essas características, somadas a outras morfológicas e fisiológicas, conferem à planta uma notável plasticidade fenotípica, permitindo sua adaptação a uma variedade de condições de clima e solo. O algodoeiro cresce anualmente como planta ereta, podendo ser herbácea, arbustiva ou até mesmo perene como árvore.

O crescimento indeterminado resultando em florescimento escalonado é uma característica marcante, começando na parte inferior da planta com a abertura dos capulhos e terminando na parte superior com as flores (BELTRÃO; SOUZA, 2001).

As flores do algodoeiro são hermafroditas e axilares, com coloração inicial creme que se transforma em rosa após a polinização cruzada. Os frutos são chamados de maçãs quando verdes e capulhos quando abertos, apresentando uma forma de cápsula de deiscência longitudinal (GRIMES; EL-ZIK, 1990).

O sistema radicular é do tipo pivotante, com raízes profundas e pequenas raízes secundárias. O caule pode ser herbáceo ou lenhoso, e as folhas são pecioladas, cordiformes e coriáceas (BELTRÃO; SOUZA, 2001).

O desenvolvimento do algodoeiro é dividido em quatro estágios: vegetativo (v), formação de botões florais (b), abertura das flores (f) e abertura dos capulhos (c). O período vegetativo se inicia com a emergência da plântula e dura até que a primeira folha alcance 2,5 cm de comprimento de nervura. Esse estágio persiste até o surgimento do primeiro botão floral. A partir desse ponto, inicia-se o período reprodutivo, que continua até a abertura da primeira flor. Quando um capulho se forma no primeiro ramo, a planta entra na última fase de desenvolvimento, na qual a fibra se desenvolve (MARUR et al., 1993).

A fibra do algodoeiro é constituída por uma única célula que se desenvolve em 50 a 60 dias, passando por alongamento e deposição de celulose, que corresponde a cerca de 95% de sua composição. Essa fibra é obtida a partir da epiderme da semente e busca-se obter a máxima qualidade para atender às demandas da indústria têxtil, o que afeta diretamente seu valor de mercado (CEPEA, 2019). O preço pago pela pluma de algodão varia a cada safra, e os principais fatores que influenciam essa flutuação incluem as características físicas da fibra após a colheita (BAYER, 2018).

Na indústria têxtil, o algodão em caroço passa por um processo inicial de beneficiamento, conhecido como descaroçamento, no qual o caroço é separado da pluma. Essa pluma é direcionada para uma variedade de usos, como a produção de fios, fibras, fabricação de tecidos, roupas e malhas. Por outro lado, o caroço, bem como o línter e as impurezas, enquadram-se no ramo não-têxtil (BARRETO, 2008).

O caroço do algodão é empregado na suplementação alimentar de ruminantes e, após um processo de prensagem e extração de óleo, é utilizado na produção de biodiesel, óleo de cozinha, sabão e glicerina (ABRAPA, 2012). Além disso, o línter como subproduto da planta de algodão consiste em fibras curtas que permanecem aderidas ao caroço após a remoção das fibras mais longas. Essas fibras têm um amplo leque de aplicações, incluindo a fabricação de papel moeda, produtos farmacêuticos de algodão, gaze e tecidos cirúrgicos. Surpreendentemente, essas fibras podem até ser transformadas em açúcares fermentáveis por meio de processos termoquímicos, convertendo-as em fonte de energia (SOU DE ALGODÃO, 2021).

2.2. Adubação do algodoeiro

A planta de algodão tem um ciclo longo em comparação com outras culturas anuais, variando de 120 a 180 dias. Durante esse extenso ciclo, é essencial que a planta tenha acesso a nutrientes em quantidades adequadas para atender às suas necessidades em cada estágio fisiológico. Embora seja considerada uma cultura tolerante, pode sofrer significativas reduções no crescimento e na produção quando exposta a solos com baixa fertilidade (LEITE, 2020).

A alta demanda por fertilizantes e defensivos na produção de algodão é justificada pela concentração da cultura nas regiões de Cerrado, onde as características do solo exigem adubação para suprir os nutrientes essenciais que o substrato não fornece, resultando em custos de produção elevados (DIAZ, 2018). A adubação mineral e a correção da acidez do solo representam uma parcela significativa dos custos totais de produção, que podem variar de 15% a 30% (CARVALHO E SANTOS, 2009).

Para uma adubação equilibrada, é crucial entender a extração total de nutrientes pela cultura, a quantidade exportada e a quantidade que retorna ao solo por meio dos resíduos da cultura (STAUT; KURIHARA, 2001). A exportação ou remoção de nutrientes é determinada pelo teor de nutrientes no caroço do algodão, uma vez que a fibra possui quantidades insignificantes de nutrientes em sua composição. Portanto, à

medida que a produtividade aumenta, a exportação de nutrientes também será maior (BORIN; CARVALHO; FERREIRA, 2015).

Dos elementos essenciais para o crescimento das plantas, três são obtidos da água e da atmosfera: Carbono (C), Hidrogênio (H) e Oxigênio (O), enquanto os demais são extraídos do solo, como o Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Cloro (Cl), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Molibdênio (Mo). O qual, são necessários em quantidades específicas para o desenvolvimento das plantas (OLIVEIRA, 2016).

O algodoeiro, embora absorva nutrientes fornecidos pelo solo e pela adubação, não consegue atender completamente às demandas de micro e macronutrientes retirados pelas plantas e exportados durante a colheita ao longo dos anos (LOPES; GUILHERME, 2016).

As recomendações para os níveis de N, P e K a serem aplicados no cultivo de algodão são baseadas na expectativa de produtividade e na disponibilidade desses nutrientes no solo (LEITE, 2020). Em geral, o algodoeiro possui uma das menores eficiências no uso de fertilizantes, com apenas 44% de aproveitamento de nitrogênio (N), 16% de fósforo (P) e 58% de potássio (K) ou seja, as demais partes dos nutrientes retornam ao solo (CUNHA et al., 2014).

Todavia, a adubação de plantio deve ser recomendada com base na análise do solo e na produtividade esperada de algodão em caroço, enquanto a adubação de cobertura deve considerar a produtividade esperada de algodão em caroço, a resposta esperada de N e a análise do solo para K (RAIJ et al., 1997).

A absorção de macro e micronutrientes pelas plantas segue um padrão de crescimento, com aumento significativo ocorrendo a partir dos 30 dias após a emergência (DAE). Esse aumento coincide com a emissão dos primeiros botões florais e atinge sua absorção máxima diária entre 60 e 90 DAE, durante o período que abrange o florescimento e a formação de maçãs (BORIN; CARVALHO; FERREIRA, 2015).

Mais de 50% da absorção de nutrientes ocorre após o início do florescimento. Após os 90-95 DAE, a absorção de potássio diminui consideravelmente, pois a planta está focada na fase de enchimento dos frutos e maturação das fibras, demandando quantidades substanciais de K, que é redirecionado para os frutos nessa fase (ROSOLEM, 2001).

Quando a oferta de nutrientes pelo solo é insuficiente ou a absorção através do sistema radicular não é satisfatória, a aplicação de fertilizantes foliares pode ser uma

alternativa viável. As folhas têm a capacidade de absorver os nutrientes depositados em sua superfície (LOPES, 1999). Com isso, os fertilizantes foliares podem complementar os nutrientes fornecidos pelo solo, visando aumentar a eficiência de uso, a produtividade e os lucros (CARVALHO et al., 2001).

A velocidade de absorção de nutrientes pelo algodoeiro pode variar de acordo com o ciclo das cultivares (precoce, médio e tardio), das condições climáticas, do local de cultivo e o espaçamento entre fileiras. Nas cultivares de ciclo precoce, a absorção é mais rápida e as adubações de cobertura devem ser aplicadas mais cedo, durante a formação dos botões florais. Por outro lado, nas cultivares de ciclo tardio, as adubações de cobertura com N e K podem ser adiadas, uma vez que a absorção é mais lenta (BORIN; CARVALHO; FERREIRA, 2015).

2.3. Funções do B na planta

O algodoeiro demonstra resposta positiva à adubação com boro, especialmente quando cultivado em solos com teores reduzidos de matéria orgânica e com pH corrigido, além de um suprimento adequado de nitrogênio, fósforo e potássio (ROSOLEM; COSTA, 2000). No entanto, as quantidades ideais a serem fornecidas ao algodoeiro variam de acordo com a necessidade da planta e a forma de aplicação (QUAGGIO et al., 1991).

O boro (B) é um dos micronutrientes mais exigidos pela planta de algodão, com uma faixa de acúmulo que varia de 170 a 680 g ha⁻¹ (ROCHESTER, 2007). Um fornecimento consistente de boro promove um florescimento e frutificação eficazes, resultando em aumentos positivos na produtividade e na qualidade das fibras (CARVALHO, 2007).

O B desempenha um papel crucial em diversos processos de crescimento e fisiologia da planta, e a compreensão dos efeitos da sua escassez na concentração de carboidratos não estruturais nos tecidos do algodoeiro podem levar ao entendimento sobre os mecanismos de resposta da planta à deficiência desse nutriente. O metabolismo do carbono é essencial para o crescimento e a formação dos produtos da planta, e a análise da concentração e composição dos carboidratos não estruturais (frutose, sacarose e sucrose) nos tecidos vegetais é um importante indicador do estado do carbono (ZHAO; OOSTERHUIS, 2002).

O transporte do boro a longas distâncias, das raízes para a parte aérea, ocorre através do xilema e está relacionado com a taxa de transpiração da planta. No entanto, dentro da planta, o B pode ser encontrado em formas tanto livres quanto complexadas. A mobilidade desse nutriente ocorre principalmente em espécies que produzem polióis, como o manitol, o sorbitol e o dulcitol, o que permite a formação de B-poliol (BROWN; HU, 1997). Entretanto, plantas dicotiledôneas como o algodoeiro, requerem uma concentração de B na faixa de 10 a 100mg kg⁻¹ de matéria seca das folhas (DECHEN et al., 1991). No entanto, as quantidades específicas a serem fornecidas ao algodoeiro variam de acordo com as necessidades da planta e o método de aplicação (QUAGGIO et al., 1991).

Embora necessário em quantidades reduzidas, o boro desempenha diversas funções vitais nas plantas. Esse nutriente desempenha um papel crucial no desenvolvimento das plantas e sua carência pode rapidamente inibir o crescimento. Isso ocorre devido à função estrutural do boro na formação da parede celular, divisão celular, alongamento celular, bem como no metabolismo e transporte de carboidratos, na organização e função de membranas, germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico (TANADA, 1983).

Em condições de deficiência desse nutriente, as plantas podem exibir um quadro sintomatológico característico como a formação de anéis concêntricos nos pecíolos das folhas jovens, variando de uma coloração verde-escura a marrom, devido a distúrbios no sistema vascular. Além disso, pode ocorrer uma queda excessiva de botões florais, flores e frutos novos devido à falta de germinação do grão de pólen, da interrupção no transporte eficiente de carboidratos e ausência de formação do tubo polínico. Outros sintomas incluem o comprometimento do crescimento do ramo principal o qual potencialmente resulta na morte do meristema apical, encurtamento dos espaços entre os nós, brotação excessiva, prolongamento do ciclo de crescimento da cultura e deformações nas folhas, entre outros (ROSOLEM et al., 2001a).

A seleção de cultivares de algodoeiro eficientes na absorção e translocação de B pode ajudar a prevenir quedas na produtividade, especialmente em situações onde a aplicação de fertilizantes contendo boro é desafiadora (RERKASEM, 2002) ou quando ocorre uma deficiência temporária desse nutriente (ROSOLEM; COSTA, 2000).

Contudo, as pesquisas sobre a translocação do boro nos tecidos das plantas de algodoeiro são limitadas, destacando desse modo a importância de compreender como esse elemento se desloca nos tecidos vegetais ao longo do desenvolvimento da planta.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de em casa de vegetação do CADEM (Campo Demonstrativo do ICIAG), na área experimental do Campus Glória da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), sendo situada no município de Uberlândia-MG, na BR-050, km 78. As coordenadas do local de instalação do experimento contaram com latitude 18.945074"S, longitude 48.215302"W e altitude de 936 metros, em região de clima Aw temperado (KÖPPEN GEIGER, 1928).

A área de experimento há predominância de solo do tipo Latossolo Vermelho Escuro Distrófico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa Solos, 2018).

A implantação do experimento ocorreu na safra 2022/23 no dia 18 de outubro de 2022. O estabelecimento da cultura foi destinado em vasos pretos de polietileno (20L), contando com o total de 64 vasos, o qual teve uma mistura de solo/areia distribuídos na proporção de 2 partes de solo para 1 parte de areia (2:1) e foram distribuídos nos vasos em mistura solo/areia, os quais representaram as parcelas úteis e receberam os devidos tratamentos (dose de ácido bórico + semeadura do cultivar em específico).

O delineamento utilizado no trabalho foi de blocos inteiramente casualizados (DBC), com 4 repetições, sob esquema fatorial 4 x 4 (Tabela 1), correspondentes a 4 doses de boro (0,0; 0,5; 1,5 e 2,0kg ha⁻¹). Ademais, foram utilizados ao todo 4 genótipos de algodão de fibra colorida, dentre eles cultivares comerciais (BRS Rubi, BRS Verde, BRS Safira e BRS Jade) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), obtidas pelo Programa de Melhoramento Genético do Algodoeiro da UFU (PROMALG), resultando em 16 tratamentos. O micronutriente boro foi fornecido por meio de Ácido Bórico (17% de B), aplicada 100% da dose de cada tratamento no momento da semeadura.

Tabela 1 – Representação esquemática dos tratamentos no esquema fatorial 4 x 4.

	BRS VERDE	BRS RUBI	BRS SAFIRA	BRS JADE
0,0Kg ha⁻¹	T1	T2	T3	T4
0,5Kg ha⁻¹	T5	T6	T7	T8
1,5Kg ha⁻¹	T9	T10	T11	T12
2,0Kg ha⁻¹	T13	T14	T15	T16

BRS: genótipos de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (Embrapa); T: tratamento

Procedeu-se à coleta de amostras de solo, seguida de análises químicas e físicas no laboratório da empresa Safrar® Análises Agrícolas, para realizar os cálculos e recomendações de corretivos e fertilizantes minerais (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultados da análise química e física do solo amostrado na Fazenda Experimental Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, feita pela empresa Safrar® Análises Agrícolas, Uberlândia – MG, 2023.

P meh.	K⁺	S-SO₄⁻	K⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	Al³⁺	H + Al
	mg dm ⁻³			Cmc dm ⁻³			
4.8	49.0	9.5	0.13	2.75	0.82	0.0	2.49
M.O.	C.O.		B	Cu	Fe	Mn	Zn
	Dag kg ⁻¹			mg dm ⁻³			
0.1	0.1		0.18	0.36	11.0	0.83	0.19
pH H₂O				Areia Total	Silte	Argila	
01:25				g kg ⁻¹			
5.8				240	160	600	

Os procedimentos em pré semeadura para a aplicação de corretivos e fertilizantes foram seguidos com base na (5^a Aproximação das Recomendações para

Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais). Foi empregada a formulação N-P₂O₅-K₂O nas proporções de 20-100-40, isso equivale a quantidades de 0,98 gramas de Ureia (46% de nitrogênio), 13,2 gramas de Super Simplex (17% de P₂O₅) e 1,5 gramas de KCL (60% de K₂O) para cada vaso, sendo aplicada manualmente em cada parcela útil, incorporando os fertilizantes ao solo.

Em seguida, foram semeadas 4 sementes das cultivares comerciais correspondentes em cada parcela, sendo: BRS Verde (Tratamentos 1, 5, 9 e 13), BRS Rubi (Tratamentos 2, 6, 10 e 14), BRS Safira (Tratamentos 3, 7, 11 e 15) e BRS Jade (Tratamentos 4, 8, 12 e 16). Após a germinação das sementes e o estabelecimento das plântulas, realizou-se o desbaste, mantendo apenas as 2 plântulas que apresentaram maior vigor. Logo após, foram aplicadas as doses de Ácido Bórico para cada tratamento, sendo de 0,0 gramas vaso⁻¹ (Tratamentos 1, 2, 3 e 4), 0,13 gramas vaso⁻¹ (Tratamentos 5, 6, 7 e 8), 0,195 gramas vaso⁻¹ (Tratamentos 9, 10, 11 e 12) e 0,26 gramas vaso⁻¹ (Tratamentos 13, 14, 15 e 16) diretamente ao solo.

As sementes passaram por um processo de deslignamento utilizando ácido sulfúrico (H₂SO₄), água corrente e hidróxido de cálcio [Ca(OH)₂]. Em resumo, o procedimento envolveu a colocação das sementes com líter em um Becker de vidro de 1000 mL, adição de 27 mL de ácido sulfúrico (98%) para 200 gramas de sementes com líter e agitação por 12 minutos. Posteriormente, as sementes sem líter foram retiradas do Becker com uma colher de alumínio, lavadas em uma peneira sob água corrente por 1 minuto para remover o excesso de ácido sulfúrico. Em seguida, as sementes foram submetidas a uma solução concentrada de hidróxido de cálcio (3%) por 1 minuto para neutralização da reação. Após uma nova lavagem sob água corrente, as sementes foram secas à sombra em papel toalha por 24 horas (BELTRÃO; AZEVEDO, 2008; FREIRE, 2015; VAZ-TOSTES, 2017). Finalmente, após a secagem, receberam tratamento químico com o defensivo de contato e sistêmico VITAVAX®-THIRAM (Carboxina + Tiram) na dosagem de 700 mL do produto comercial para 100kg de sementes, com o objetivo de prevenir doenças de Antracnose (*Colletotrichum gossypii*) e o "Damping-off" (*Rhizoctonia solani*) durante a germinação e o estabelecimento das plântulas.

Sobre a adubação de cobertura, utilizou-se um fertilizante formulado N-P₂O₅-K₂O nas proporções de 157-0-50, dividido em quatro aplicações de nitrogênio (2,0 gramas por vaso, via ureia com 46% de N), incorporadas manualmente aos 25, 40, 55 e 70 dias após emergência (DAE). Além disso, realizaram-se três aplicações de K₂O (0,7

gramas via KCl com 60% de K₂O) durante os estágios de 40, 55 e 70 dias após emergência (DAE), o qual foram incorporadas de forma manual.

Com o objetivo de controlar o crescimento indeterminado das plantas de algodoeiro e alcançar uma altura média de 1,30 m durante a colheita, foi aplicado o inibidor de crescimento TUVAl® (Cloreto de Clormequat) na dose de 250 mL/hectare do produto comercial. A aplicação ocorreu quando as plantas atingiram mais de 50 centímetros de altura entre 35 e 40 dias após a emergência (DAE), e posteriormente, no estágio fenológico B1, conforme MAUR e RUANO (2001). A altura das plantas foi monitorada semanalmente, dividindo pelos cinco primeiros nós da parte apical e quando identificados internódios com tamanhos iguais ou superiores a 3,5 centímetros de comprimento, foi feita uma nova aplicação do regulador de crescimento, utilizando a mesma dosagem mencionada anteriormente. Todas as aplicações, tanto de defensivos químicos quanto de reguladores de crescimento, foram realizadas com uma bomba costal de 10 L utilizando uma ponta tipo cone cheio sem indução de ar CH 100-02 da MagnoJet.

Ao longo da realização do experimento, foi procedido o acompanhamento semanal de pragas e doenças e o manejo ocorreu de acordo com a identificação das espécies presentes. As principais pragas identificadas foram: ácaro-vermelho (*Tetranychus ludeni*), mosca-branca (*Bemisia tabaci*), pulgão (*Aphis gossypii*), lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e trips (*Frankliniella spp.*). Os defensivos para o controle de pragas foram aplicados conforme as instruções indicadas nas bulas dos produtos registrados para a cultura do algodoeiro. Entre as principais doenças foram identificadas: ramulose (*Colletotrichum gossypii var cephalosporioides*), mancha angular (*Xanthomonas axonopodis pv malvacearum*), vermelhão (*Cotton anthocyanosis virus*) e mancha de estenfílio (*Stemphylium solani*).

A irrigação da cultura foi realizada por meio de regadores plástico de 10 litros, nos quais a aplicação de água ocorreu conforme as demandas diárias correspondentes à fase fenológica de desenvolvimento.

Quando a cultura atingiu o estágio fenológico associado à maturação plena, ou seja, quando as plantas possuíam no mínimo 80% de capulhos abertos, foram conduzidas por meio de uma régua graduada em centímetros as seguintes avaliações: altura (H), altura de inserção do primeiro ramo reprodutivo (HIR), número de ramos vegetativos (RV), número de ramos reprodutivos (RR) e área foliar (AF).

Foram realizadas 2 avaliações, sendo a primeira na data 03/01/2023 e a segunda na data 31/03/2023, respectivamente. Ademais, a partir disso a colheita do experimento foi realizada de maneira manual, retirando todas as cápsulas de deiscência abertas e colocadas em sacos de papel devidamente identificados de acordo com cada tratamento.

Em seguida, os dados coletados foram submetidos à análise de variância (teste de F, $\alpha = 0,01$) e as diferenças significantes foram tratadas por meio de testes de comparação de médias (Tukey, $\alpha = 0,05$). Ademais, é importante ressaltar que todos os testes estatísticos foram conduzidos através do programa RStudio® (Müller K, 2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar o desenvolvimento do algodoeiro de fibra colorida de acordo com a dosagem de boro (B) notou-se que as variáveis H1R, RV e AF apresentaram interação Genótipo x Dose (GxD), ou seja, o comportamento dos genótipos estudados varia de acordo com a dosagem de boro aplicada.

As variáveis H1R e RV foram significativas somente para o genótipo, não sendo alterados pela variação na dosagem de B. Assim, em contrapartida a variável AF foi significativa para o genótipo, ocorrendo alteração pela variação na dosagem de B, conforme a Tabela 3.

Visto isso, as características morfológicas que não estiveram dentro do valor considerado ideal ou com diferenças significantes referente aos genótipos foram a H e o RR sob os quadrados médios estudados.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância de diferentes aspectos morfológicos do algodoeiro em decorrência de 4 genótipos e 4 concentrações de boro em estudo, Uberlândia – MG, 2023.

FV	GL	Quadrados Médios				
		H	H1R	RV	RR	AF
Blocos	3,00	20,67	9,70	0,12	1,30	1,56
Genótipos	3,00	200,83	168,82**	5,00**	0,79	15,10**
Dose	4,00	119,15	5,13	0,55	0,55	5,97*
GxD	9,00	163,20	56,35**	0,96	1,29	6,02**
Resíduo	42,00	78,49	12,04	0,52	1,49	2,09
CV (%)		17,56	12,03	75,64	26,24	12,02

(*), significativo a 5% de probabilidade; (**), significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F; ns: Não-significativo; GL: Graus de liberdade; FV: Fator de variação; CV: Coeficiente de variação; H: Altura de planta (cm); H1R: Altura 1º ramo reprodutivo (cm); RV: Número de ramos vegetativos; RR: Número de ramos reprodutivos; AF: Área foliar.

A análise da altura do primeiro ramo reprodutivo das plantas é um parâmetro biométrico que requer uma abordagem cuidadosa. Assim, para a determinação da H1R das plantas, foi medida com a régua graduada desde a altura da base do colmo até a última lígula aberta. É importante ressaltar que, na cultura do algodão o aumento da altura das plantas, mesmo quando atinge 1,5 vezes o espaçamento entre elas, não resulta automaticamente em níveis de produtividade superiores (LAMAS, 1997).

Devido à sua essencialidade no crescimento vegetal em situações de deficiência, a maior parte do boro fica retida na parede celular das plantas (SHERROCKS, 1997). Isso resulta em uma quantidade limitada do nutriente disponível para ser redistribuída nas áreas de crescimento, o que, por sua vez, causa alterações no crescimento da planta (MATOH, 1997). Visto isso, dos 4 genótipos, os que não estiveram dentro do valor considerado ideal ou com diferenças significativas foram respectivamente o BRS Verde, BRS Safira e BRS Jade. Isso condiz que esses também não resultaram em valores significativos para as doses 0Kg ha⁻¹, 0,5Kg ha⁻¹, 1,5Kg ha⁻¹ e 2,0Kg ha⁻¹.

Considerando a Média de área foliar do genótipo BRS Rubi, conforme se verifica no Gráfico 1, houve diferença significativa para a avaliação do tamanho da área foliar (cm) em correspondência para a dose de 0,5Kg ha⁻¹. O qual, essa esteve disposta no limite de absorção de dose do micronutriente boro, uma vez que, estão com uma distribuição para o desenvolvimento normal de área foliar fotossintética. Isso permite indicar que para abaixo de 0,5Kg ha⁻¹ a área foliar estaria com escassez de boro, e no entanto, para as demais doses superiores a essa a planta estaria com excesso do micronutriente, afetando significativamente no tamanho da área foliar de modo a toxicar a planta e limitar o desenvolvimento estrutural do algodoeiro, mostrando dessa forma o extremo cuidado ao distribuir para a planta do algodoeiro colorido a quantidade de B necessária durante o ciclo da cultura. Segundo Match, (1997), o B é um nutriente cuja faixa entre a concentração deficiente e tóxica é bastante estreita.

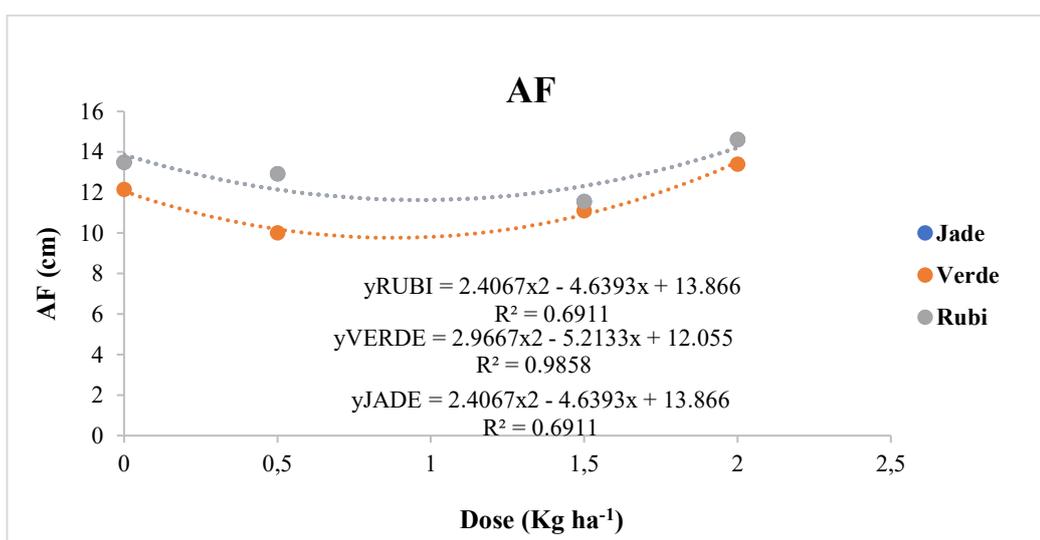


Gráfico 1 – Média de área foliar do genótipo BRS Rubi em função de diferentes doses de boro no algodoeiro, Uberlândia – MG, 2023.

Foi observado valores mais elevados na primeira avaliação e especialmente nas doses mais elevadas. Esse aumento quase linear nos teores foliares provavelmente ocorreu devido à absorção e ao transporte eficiente desse nutriente, especialmente através do fluxo de transpiração, levando à sua concentração mais alta nos órgãos que têm as taxas de transpiração mais elevadas (BROWN; SHELP, 1997).

Resultados semelhantes foram encontrados por Albuquerque et al., (2014) ao analisarem o crescimento de algodoeiro com diferentes doses de B e Zn.

No agrupamento de médias pelo teste de Tukey, foi feito ajuste de dados na curva de regressão (Tabela 4). Desse modo, as variáveis H1R, RV e AF tiveram comportamentos diferentes sobre genótipos estudados conforme a quantidade de boro utilizada. Assim, somente o genótipo Rubi teve maior diferença significativa tratando da variável de área foliar (AF) para a dose 0,5Kg ha⁻¹ em comparação com outros genótipos que tiveram médias estatisticamente iguais.

Tabela 4 – Resumo do teste de comparação de médias tukey a 5% de diferentes aspectos morfológicos do algodoeiro, Uberlândia – MG, 2023.

Genótipo	H1R				
	Dose (Kg ha ⁻¹)				
	0	0,5	1,5	2	
Jade	32,50a	26,25bc	31,87ab	26,37ab	
Rubi	30,07ab	37,37a	24,75b	31,32ab	
Safira	28,33ab	31,63ab	33,43a	31,75a	
Verde	23,13b	23,37c	25,18b	24,06b	
Genótipo	RV				
	Jade	1,75a	1,00a	2,37a	1,75a
	Rubi	0,47ab	1,25a	0,25b	1,14a
	Safira	0,37b	0,87a	1,37ab	1,12a
	Verde	0,62ab	0,00a	0,05b	0,75a
Genótipo	AF				
	Jade	12,72a	11,38a	14,51a	11,88ab
	Rubi	13,65a	12,92a	11,55ab	14,77a
	Safira	11,08a	10,57a	11,75b	10,45b
	Verde	12,15a	10,00a	10,96b	13,40a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

De acordo com os dados exposto na tabela, há uma interação Genótipo x Dose (GxD) em que as características H1R, RV e AF demonstra comportamentos diferente do genótipo de acordo com a dose de boro utilizada. Assim, quanto maior a altura do primeiro ramo reprodutivo e dos ramos vegetativos mais perdas terá em sua produção, uma vez que, terá perdas a partir da altura do terço médio na quantidade e qualidade necessária de nós para produzir em maior escala maçãs e capulhos com fibras maiores e mais resistentes (BELTRÃO; AZEVEDO, 1993).

Durante o ciclo tão extenso da planta de algodão (120 a 180 dias) é necessário que a cultura tenha nutrientes disponíveis em uma dose suficiente que irá atender as

necessidades da planta no estágio fisiológico que ela se encontrar. Desse modo, embora seja considerada uma cultura resistente, pode sofrer significativas reduções no crescimento e na produção quando exposta a solos com baixa fertilidade (LEITE, 2020).

A maior parte dos genótipos analisados exibiu sintomas típicos de deficiência de boro como: período maior de desenvolvimento da cultura e deformações nas folhas observadas desde a primeira avaliação. No entanto, a partir da segunda avaliação, os sintomas mais marcantes nos genótipos foram a manifestação de lesões de tonalidade amarela e marrom dispostas em forma de anéis nos pecíolos das folhas jovens, o encurtamento dos entrenós e impacto no crescimento do ramo principal. Ademais, também ocorreu engrossamento e rachadura no pecíolo e no caule (SILVA et al., 1988).

Segundo Furlani et al. (2001), o boro desempenha um papel significativo na divisão e no alongamento das células, que por sua vez, é fundamental para o crescimento das plantas e desempenha um papel fundamental na produção. Assim, Sanfluentes (1966), estudando alterações anatômicas no algodoeiro em função da deficiência de B, verificou uma tonalidade marrom nas paredes dos elementos do xilema das folhas, indicando assim presença de tecidos necrosados.

Ademais, Bogiani (2010), ao estudar a absorção e mobilidade do boro em três variedades de algodão submetidas a cinco doses de boro diferentes, observou-se que as plantas das três variedades já apresentavam sintomas de deficiência de boro cinco dias após o transplante quando cultivadas sem adição desse micronutriente à solução. Entretanto, é interessante notar que as plantas que receberam a menor dose de boro mostraram os valores mais baixos para os parâmetros morfológicos listados na tabela, inferiores aos das plantas bem adubadas, indicando o possível efeito faltante do elemento.

5 CONCLUSÕES

A dosagem de boro interfere no desenvolvimento morfológico do algodoeiro de fibra colorida a depender do genótipo utilizado. Assim, o BRS Rubi apresentou melhor desempenho morfológico na variável AF com a dose de $0,5\text{Kg ha}^{-1}$, em relação à outras doses e cultivares estudadas.

Desse modo, foram observadas respostas distintas às dosagens de boro aplicadas, o qual torna-se fundamental ajustar a dose conforme a cultivar para que a aplicação de boro influencie positivamente na estrutura morfológica do algodoeiro colorido.

REFERÊNCIAS

ABRAPA- Associação brasileira dos produtores de algodão. **A cadeia do algodão brasileiro: desafios e estratégias.** 2012. Disponível em: <<https://www.abrapa.com.br/BibliotecaInstitucional/Publica%C3%A7%C3%B5es/Livros/Livro%20A%20Cadeia%20do%20Algodao%20-%20Abrapa.pdf>>. Acesso em: 16 set de 2023.

ALBUQUERQUE, J. H. de; SILVA, S. S. da; DANTAS NETO, J. **Análise de crescimento do algodoeiro herbáceo BRS-201 com aplicações de zinco e boro sobre condições de campo.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 40–49, 2014. Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2618>>. Acesso em: 28 set. 2023.

BARRETO, Patrícia Santos. **A expansão da cotonicultura no oeste baiano e o programa de incentivo à cultura do algodão.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Economia) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/9474/1/TCC%20PATR%C3%8DCIA%20SANTOS%20BARRETO.pdf>>. Acesso em: 12 set de 2023.

BAYER. **Conhecendo os indicadores de qualidade da fibra do algodão.** São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://www.agro.bayer.com.br/conteudos/newsbucket/2020/09/09/16/10/qualidade-da-fibra-do-algodao>>. Acesso em: 24 ago de 2023.

BELTRÃO, N.E.M.; AZEVEDO, D.M.P. **Defasagem entre as produtividades real e potencial do algodoeiro herbáceo: limitações morfológicas, fisiológicas e ambientais.** Campina Grande: EMBRAPA, 1993. 108p.

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. O agronegócio do algodão no Brasil. 2. ed. Brasília - DF: **Embrapa Agroindústria Tropical**; Embrapa Algodão, 2008. ISBN 978-85-7383-424-6.

BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macêdo; SOUZA, José Gomes de. **Fisiologia e Ecofisiologia do Algodoeiro**. In: MATO GROSSO DO SUL. EMBRAPA AGRICULTURA OESTE ALGODÃO. (Ed.). Algodão: Tecnologia de Produção. Dourados: Embrapa Algodão, 2001. p. 54-75.

BOGIANI, J.C. **Absorção e mobilidade do boro em cultivares de algodão**. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu-SP, 2010, 89p. (Dissertação de Mestrado)

BORIN, Ana Luiza Dias Coelho; CARVALHO, Maria da Conceição Santana; FERREIRA, Gilvan Barbosa. **Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro**. In: ELEUSIO CURVELO FREIRE (Brasília). Associação Brasileira dos Produtores de Algodão Abrapa (Ed.). Algodão no Cerrado do Brasil. 3. ed. Brasília: Positiva, 2015. Cap. 13. p. 485-531.

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

BROWN, P.H.; WELSH, R.M. & CARY, E.E. **Nickel: a micronutrient essential for higher plants**. Plant physiol., Rockville,85:801-803, 1987.

CARVALHO, Maria da Conceição Santana; ALGODÃO, Embrapa. **Nutrição e Adubação do Algodoeiro com Micronutrientes**. Campina Grande: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007.

CARVALHO, M. A. C. de; PAULINO, H. B.; FURLANI-JUNIOR, E.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E. de; ATHAYDE, M. L. F. de. **Uso da adubação foliar nitrogenada e potássica no algodoeiro**. Campinas: Bragantia, 2001.

CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, G. B.; STAUT, L. A. **Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro**. In: FREIRE, E. C. (Ed). Algodão no Cerrado do Brasil. Brasília, DF: Abrapa, 2007. p. 581-648.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **PIB do agronegócio e PIB total do Brasil**, 2019.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos. Safra 2022/23**. 7º Levantamento. v. 9, abr. 2023. 2023b.

Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em 10 ago de 2023.

CUNHA, J.F.; FRANCISCO, E.A.B.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L.I. **Balanço de nutrientes na agricultura brasileira – 2009 a 2012**. Informações agrônômicas nº 145, março de 2014.p. 1-13.

DIAZ, P. A. E. **Bacillus spp. como promotores de crescimento na cultura do algodão**. Dissertação – Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2018. 46 p. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/153201>. Acesso em: 20 set de 2023.

ENTRINGER, G. C.; SANTOS, P. H. A. D.; VETTORAZZI, J. C. F.; CUNHA, K. S. D.; PEREIRA, M. G. **Correlation and path analysis for yield components of supersweet corn**. Revista Ceres, Viçosa, Brasil, v. 61, n. 3, p. 356-361, 2014.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. Ed. Brasília, 356 p. 2018.

FIGUEIREDO, EDUARDO HENRIQUE CUNHA. **Development and productivity of the cotton tree according to doses of mineral and organomineral fertilizer**. Trabalho de conclusão de Curso. Curso de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG. 34p. 2020.

FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. **Adubação do algodoeiro no Cerrado: com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia**. Embrapa Algodão-Documentos (INFOTECA-E), 2005.

FERREIRA, G. B.; SEVERINO, L. S.; SILVA FILHO, J.L.; PEDROSA, M. B. **Aperfeiçoamento da tecnologia de manejo e adubação do algodoeiro no sudoeste da Bahia**. In: SILVA FILHO, J. L.; PEDROSA, M. B. (Coord.). Resultados de pesquisa com a cultura do algodão no Oeste e Sudoeste da Bahia, safra 2003/2004. Campina Grade: Embrapa Algodão, 2004. p. 80-106.

FRANCISCO, EROS; HOOGERHEIDE, Haroldo Cornelis. **Manejo de nutrientes para o algodoeiro de alta produtividade**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2013.

FREIRE, E.C. **Algodão no cerrado do Brasil**. 3. ed. Brasília, 2015. 956 p.

FURLANI, A. M. C.; TANAKA, R. T.; TARALLO, M.; VERDIAL, M. F.; MASCARENHAS, H. A. A. Exigência a boro em cultivares de soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v. 25, n. 4, p. 929-937, 2001.

GADELHA, I. C. N.; FONSECA, N. B. S.; OLORIS, S. C. S.; MELO, M. M.; SOTOBLANCO, B. **Gossypol toxicity from cottonseed products**. *The Scientific World Journal*, London, 2014.

GRIMES, D.W.; EL-ZIK, K.M. Cotton. In: STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. (Ed). **Irrigation of agricultural crops**. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p. 741-773. (Série Agronomy, 30).

HU H.; BROWN P. H. **Absorption of boron by plant roots**. *Plant and Soil*. Dordrecht, v. 193, p. 49–58, 1997. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1023/A:1004255707413>>.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

LAMAS, F.M. **Cloreto de Mepiquat, Thidiazuron e Ethephon aplicados no algodoeiro**. Jaboticabal, 1997. 192p. Tese (Doutorado) - UNESP.

LEITE, M. A. S. (2020). **Fertilizante organomineral peletizado na cultura do algodoeiro**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado) - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2020. 20 f. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/28591/3/FertilizanteOrganomineralPeletizado.pdf>> Acesso em: 20 set de 2023.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. S. G. **A career perspective on soil management in the cerrado region of Brazil**. *Advances in Agronomy*, v. 137, p. 1-72, 2016.

LOPES, A. S. **Micronutrientes: filosofia de aplicação e eficiência agrônômica**. São Paulo: ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1999.58 p. (Boletim Técnico, 8)

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006, 638p.

MARUR, C. J.; RUANO, O. **Escala do Algodão**. Londrina: IAPAR, 2001.

MARUR, C. J. et al. **Recomendações para a cultura do algodoeiro no Paraná.** Informe da Pesquisa, v. 107, 1993.

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

MAUNEY, J.R. **Anatomy and morphology of cultivated cottons.** In: KOHEL, R.J.; LEWIS, C. F. (Ed). Cotton. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p. 59-79.

Müller, K. **A Simpler Way to Find Your Files.** R package version 1.0.1. 2020. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=here>>. Acesso em: 07 nov de 2023

OLIVEIRA, D. P. **Fontes de matéria orgânica para a formulação de fertilizantes organominerais peletizados no desenvolvimento da cultura do sorgo.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 49 f. 2016. Disponível em:

<<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/17592/1/FontesMateriaOrganica.pdf>>.

Acesso em: 21 set de 2023

PEDROSA, M. B.; FREIRE, E. C.; COSTA, J. N.; ANDRADE, F. P. **Estimativas das capacidades combinatórias em híbridos F1,s de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) irrigado no estado do Rio Grande do Norte.** Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras, v. 5, n. 3, p. 439 – 445, 2001.

PENNA, J. C. V. **Melhoramento do algodoeiro anual.** Informe 21 Agropecuário, Belo Horizonte, v.8, n.92, p.10-13, 1982.

PENNA, J.C.V. **Melhoramento do algodão.** In: BORÉM, A. (Ed.). Melhoramento de espécies cultivadas. 2. ed. Viçosa, UFV. 2005. Cap.1, 15-53 p.

QUAGGIO, J.A.; RAMOS, V.J.; FURLANI, P.R. & CARELLI, M.L.C. **Liming and molibdenum effects on nitrogen uptake and grain yield of corn.** In: WRIGHT, R.J.; BALIGAR, V.C. & MURRMANN, R.P., eds. Plant-Soil interactions at low pH. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1991. p.327-338.

QUEIROGA, et al. **Cultivo do algodão colorido orgânico na região semiárida do Nordeste brasileiro.** Embrapa algodão: Campina Grande, 2008.

RAIJ, B.VAN. et al. **Boletim Técnico 100: Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas-SP, n.100, v.2, p.285, 1997.

REIS JÚNIOR, R.A. **Produtividade do algodoeiro em função da adubação potássica**. In: Resultados de pesquisa com algodão, milho e soja-safra 2000/2001. Dourados: EMBRAPA/Fundação Chapadão, 2001. p.79-85.

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

ROCHESTER, I. J. **Nutrient uptake and export from na Australian cotton field. Nutrient cycling in agroecosystems**. Dordrecht, v. 77, p. 213-223, 2007.

ROSOLEM, C.A.; ESTEVES, J.AF.; FERELLI, L. **Resposta de cultivares de algodoeiro ao boro em solução nutritiva**. Scientia Agricola, v.56, p.705-711, 1999.

ROSOLEM, C.A. **Problemas em nutrição mineral, calagem e adubação do algodoeiro**. Informações Agronômicas, n.95, 2001a. 17p. (Encarte Técnico).

ROSOLEM, C.A.; QUAGGIO, J.A. & SILVA, N.M. Algodão, amendoim e soja. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van & ABREU, C.A., eds. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal, CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.321-354

SALVIANO, A.F.; LUNA, C.B.B.; SIQUEIRA, D.D.; ARAÚJO, E. M.; FERREIRA, R. da S. B.; BEZERRA, E. B. **Compostos de biopolietileno/línter de algodão compatibilizados com PE-g-MA**. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, [S. l.], v. 14, pág. e415101422243, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i14.22243. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/22243>>. Acesso em: 24 ago de 2023.

SANFUENTES, J.R. **Concentração crítica de B em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L., cv. IAC 12)**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1966. 40p. (Tese de Mestrado)

SANTOS, Cleiton Evandro dos; FILTER, Cássio Fernando; CARVALHO, Cleonice de. **Anuário Brasileiro do Algodão 2018**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2018. 104 p.

SILVA, N.M. **Nutrição e adubação do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS. 1988, 6 p. (POTAFOS. Informações Agronômicas, 43).

SOU DE ALGODÃO-ABRAPA - Associação Brasileira de Produtores de Algodão. **O que é línter? Conheça o resíduo de algodão que é pau pra toda obra**. 2021. Disponível em: <<https://soudealgodao.com.br/o-movimento/>>. Acesso em: 16 set de 2023.

SHORROCKS, V. (1997) **A ocorrência e correção da deficiência de boro**. *Planta e Solo*, 193, 121-148.

STAUT, Luiz Alberto; KURIHARA, Carlos Hissao. Calagem e Adubação. In: BRASIL. EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Algodão Tecnologia de Produção**. Dourados: Embrapa Algodão, 2001. p. 103-123.

TANADA, T (1983). **Localization of boron in membranes**. *Journal of Plant Nutrition*, 6:743-749.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Production, Supply and Distribution (PSD) on line**. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>>. Acesso em: 10 ago de 2023.

VAZ-TOSTES, D. P.; **Avaliação do deslntamento químico na qualidade de sementes de algodão**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, 2017. 54 p.: il.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D.M. **Cotton carbon exchange, nonstructural carbohydrates, and boron distribution in tissues during development of boron deficiency**. *Field Crops Research*, v.78, p.75-87, 2002.