

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**APLICAÇÃO FOLIAR DE BORO, SILÍCIO E ÁCIDO SALICÍLICO
NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FIBRA DO ALGODOEIRO**

CONRADO HENRIQUE MARTINS FREIRE

JABOTICABAL – SP
1º semestre/2025

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**APLICAÇÃO FOLIAR DE BORO, SILÍCIO E ÁCIDO SALICÍLICO
NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FIBRA DO ALGODOEIRO**

CONRADO HENRIQUE MARTINS FREIRE

Orientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado

Coorientador: Dr. Jonas Pereira de Souza Júnior

Coorientador: Prof. Dr. Cid Naudi Silva Campos

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – UNESP,
Campus de Jaboticabal, como parte das
exigências para graduação em
Engenharia Agrônoma.

JABOTICABAL – SP

1º semestre/2025

F866a Freire, Conrado Henrique

Aplicação foliar de boro, silício e ácido salicílico na produção e qualidade da fibra do algodoeiro / Conrado Henrique Freire. -- Jaboticabal, 2025

36 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Renato De Mello Prado

Coorientador: Jonas Pereira de Souza Júnior

1. *Gossypium hirsutum* L.. 2. Deficiência de boro. 3. Desenvolvimento floral. 4. Fibra de algodão. I. Título.

CONRADO HENRIQUE MARTINS FREIRE

**APLICAÇÃO FOLIAR DE BORO, SILÍCIO E ÁCIDO SALICÍLICO NA
PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FIBRA DO ALGODOEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado.

Coorientador: Prof. Dr. Cid Naudi Silva Campos, Dr. Jonas Pereira de Souza Júnior.

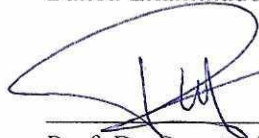
Área de Concentração:

Data da defesa: 13/02/2025

☒ Aprovado

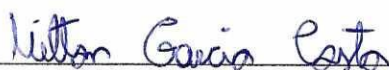
☐ Reprovado

Banca Examinadora:



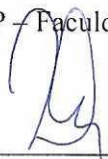
Prof. Dr. Renato de Mello Prado

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal



Dr. Milton Garcia Costa

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal



Dr. Vanessa Quagliariello

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em:

25 / 02 / 2025



Prof. Dr. José Eduardo Corá
Chefe do Departamento

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Paulo Roberto Freire e Wilma Silva Martins Freire, e ao meu irmão, Caio Eduardo Martins Freire. Este projeto é o resultado do amor, investimento e confiança que sempre depositaram em mim, impulsionando cada passo da minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por abençoar a minha vida e a minha família desde o primeiro instante, por permitir todas as experiências e acontecimentos vividos, por encher nossa vida de alegria e saúde e por proteger de qualquer mal que nos circunda. Sempre nos guiando para o caminho certo e que me possibilitou chegar até esse momento.

Devo agradecer imensamente aos meus pais, Paulo Roberto Freire e Wilma Silva Martins Freire, humanos de coração gigantesco e que cumpriram e ainda cumprem o papel de pais com muito sucesso. Obrigado sempre por serem meu porto seguro, por me guiarem para o caminho certo, por me incentivarem em qualquer uma das minhas escolhas, por seus conselhos sábios, por estarem presente nos bons e maus momentos e por confiarem na minha trajetória. Sem vocês, não seria possível chegar até aqui. Tenho uma dívida eterna com vocês e espero retribuí-la à altura.

Caio Eduardo Martins Freire, meu irmão mais velho, agradeço por ser seu irmão. Obrigado pelo ser humano que você é, esteve comigo em todos os momentos da minha vida, tanto maus quanto bons, me aconselhando, oferecendo apoio e amor e por me ensinar a ser uma pessoa melhor a cada dia que passa. Você sempre será meu exemplo de vida. Ainda temos muitos momentos para compartilhar e estaremos juntos até o último suspiro.

À minha tia Maria da Paschoa Freire, mesmo distante da minha cidade natal, sempre acompanhou cada um dos meus passos e acreditou em nosso

sucesso, tanto pessoal quanto profissional. Sem seu apoio e carinho incondicional, eu e meu irmão não alcançaríamos nossos sonhos.

À República Viracopos e a todos os seus moradores, que foi minha casa durante minha graduação e que me proporcionaram conhecer e conviver com seres humanos incríveis que espero levar para o resto da vida. Agradeço por todas as risadas, experiências vividas e ensinamentos, que são fundamentais para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus amigos, da minha cidade natal e as amizades criadas no meio acadêmico e de viagens, por me apoiarem e acreditarem em meu sucesso. Agradeço por todos os momentos compartilhados que estarão guardados na minha memória, por todas as risadas e ensinamentos. Em especial, ao meu querido amigo Luca Carvalho Perdonate, por conduzir comigo os trabalhos na universidade e por todas as barreiras encontradas e superadas.

Agradeço por todo conhecimento e aprendizado adquirido pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista (FCAV-UNESP), pela oportunidade de aprender com professores excepcionais. Expresso minha profunda gratidão ao meu orientador, Prof. Dr. Renato de Mello Prado, e aos meus coorientadores, Prof. Dr. Jonas Pereira de Souza Júnior, Prof. Dr. Cid Naudi Silva Campos e Me. Milton Garcia Costa, pelo apoio, assistência e orientação em todos os momentos do trabalho.

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho ou para minha trajetória, incentivando-me e, certamente, impactando na minha formação e na pessoa que sou hoje.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	7
RESUMO	8
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Reflexos da deficiência de B na produtividade e na qualidade da fibra de algodão	5
2.2. Efeito do AS na produção e qualidade no algodoeiro	6
2.3. Interação AS, B e Si em parâmetros produtivos	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1. Caracterização local	12
3.2. Delineamento experimental.....	14
3.3. Análises realizadas	15
3.3.1. Produtividade estimada.....	15
3.3.2. Teor de B e de Si	15
3.3.3. Análise de qualidade da fibra de algodão.....	16
3.4. Análise estatística.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4.1. Teores de B e de Si na fibra de algodão e produtividade de fibra	17
4.2. Qualidade da fibra de algodão	19
5. CONCLUSÕES.....	22
6. LITERATURA CITADA.....	23

LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1. Concentração de B (a) e de Si (b) na fibra de algodão e produtividade de fibra (c) de plantas de algodão cultivadas sob deficiência de B e diferentes tratamentos aplicados via foliar: sem aplicação (controle), boro (B), silício (Si), ácido salicílico (AS), ácido salicílico + boro (AS+B), ácido salicílico + silício (AS+Si) e ácido salicílico + boro + silício (AS+Si+B). Letras diferentes indicam diferença significativa conforme o teste de tukey (5% de probabilidade)17

Figura 2. Índice de micronaire (a), e resistência à ruptura (b) e índice de fibras curtas (c), e alongamento da fibra (d) de plantas de algodão cultivadas sob deficiência de B e diferentes tratamentos aplicados via foliar: sem aplicação (controle), boro (B), silício (Si), ácido salicílico (AS), ácido salicílico + boro (AS+B), ácido salicílico + silício (AS+Si) e ácido salicílico + boro + silício (AS+Si+B). Letras diferentes indicam diferença significativa conforme o teste de tukey (5% de probabilidade) 19

RESUMO

APLICAÇÃO FOLIAR DE BORO, SILÍCIO E ÁCIDO SALICÍLICO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FIBRA DO ALGODOEIRO

Na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.), a deficiência de boro (B), prejudica o desenvolvimento do estágio reprodutivo do algodoeiro podendo apresentar reflexos negativos na produtividade e, principalmente, na qualidade da fibra de algodão. O fornecimento foliar de silício (Si), em associação com o B, pode melhorar o desenvolvimento floral e a qualidade da fibra de algodão e os estudos com ácido salicílico são incipientes. Nesse contexto, objetiva-se com este estudo avaliar se a aplicação de AS, isolado ou associado ao B e ao Si, é eficiente na mitigação da deficiência de B, incrementando a produtividade e qualidade da fibra de algodão cultivadas em solos sob deficiência de B. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados compostos por 7 tratamentos foliares: controle, B, Si, AS, AS + B, AS + Si, AS + B + Si, com quatro repetições. Foram avaliadas o teor de B e Si, o índice micronaire, a resistência à ruptura, o índice de fibras curtas, o alongamento das fibras de algodão e a produtividade estimada por hectare. A aplicação foliar de B, isolado e em associação, incrementa a concentração do micronutriente na fibra de algodão. Em adição, a aplicação foliar de Si, isolado e em associação demonstrou-se eficaz em incrementar o teor de Si na fibra de algodão. A aplicação associada de AS, B e Si (AS+B+Si) demonstrou eficiência em incrementar as variáveis de micronaire e de resistência à ruptura, em comparação com o tratamento controle, porém não afetou a produtividade. O tratamento AS + Si se destacou com maior

valor no índice micronaire e alongamento da fibra, em comparação ao controle que apresentou maior valor para o índice de fibras curtas, evidenciando prejuízo da deficiência de B na qualidade da fibra.

Palavras Chave: *Gossypium hirsutum* L., deficiência de boro, desenvolvimento floral, fibra de algodão.

ABSTRACT

FOLIAR APPLICATION OF BORON, SILICON AND SALICYLIC ACID ON COTTON PRODUCTION AND FIBER QUALITY

In the cotton crop (*Gossypium hirsutum* L.), boron (B) deficiency has a detrimental impact on the development of the cotton plant's reproductive stage and can have a negative impact on yield and, above all, on the quality of the cotton fiber. The foliar supply of silicon (Si), in association with B, can improve flower development and cotton fiber quality and studies with salicylic acid (AS) are incipient. In this context, the aim of this study is to assess whether the application of AS, alone or in combination with B and Si, mitigates B deficiency in cotton and increases the yield and quality of cotton fiber grown in soils under B deficiency. The experimental design was randomized blocks consisting of 7 foliar treatments: control, B, Si, AS, AS + B, AS + Si, AS + B + Si, with four replications. B and Si content, micronaire index, breaking strength, short fiber index, cotton fiber elongation and estimated yield per hectare were evaluated. Foliar application of B, alone or in combination, increases the concentration of the micronutrient in the cotton fiber. In addition, foliar application of Si, alone and in combination, proved to be effective in increasing the Si content in cotton fiber. The combined application of AS, B and Si (AS+B+Si) was effective in increasing the micronaire and breaking strength variables compared to the control treatment, but did not affect the yield. The AS + Si treatment stood out with a higher value for the micronaire index and fiber elongation, compared to the

control, which had a higher value for the short fiber index, showing that B deficiency has a detrimental effect on fiber quality.

Key words: *Gossypium hirsutum* L., boron deficiency, flower development, cotton fiber.

1. INTRODUÇÃO

No atual cenário da agricultura, as plantas estão constantemente expostas a estresses bióticos e abióticos (DOS SANTOS SOARES; MACHADO, 2007), como a desordem nutricional de boro (B) que possui estreita relação com o período reprodutivo das plantas, no qual as plantas apresentam maior exigência do nutriente comparado ao período vegetativo (DE MELLO PRADO, 2021). A deficiência de B prejudica vários processos reprodutivos, como a formação e germinação do grão de pólen, crescimento do tubo polínico e o processo de polinização (SOUZA JUNIOR, 2021).

O algodoeiro, quando cultivado em solos tropicais com baixa disponibilidade de matéria orgânica, enfrenta frequentemente a deficiência de B, sendo este um problema recorrente que afeta negativamente a produtividade e a qualidade da fibra do algodão (QAMAR et al., 2020, DE SOUZA JUNIOR et al., 2022). Nesse cenário, o fornecimento foliar de B durante o desenvolvimento e crescimento do algodoeiro é uma prática comumente realizada pelos agricultores com o intuito de amenizar tais perdas na cultura (SOUZA JUNIOR, 2021).

A qualidade da fibra de algodão também é deteriorada em condição deficiente de B, devido a participação deste micronutriente na biossíntese de componentes presentes na fibra, como a pectina, lignina, celulose e hemicelulose e, por isso, a desordem nutricional de B pode diminuir o comprimento, a fineza e a resistência à ruptura das fibras, além de incrementar o índice de fibras curtas (QAMAR et al., 2020). A qualidade da produção do

algodoeiro é relevante para aumentar o retorno econômico devido ao fato que a qualidade da fibra é remunerada.

Um elemento importante que tem recebido destaque para atenuar os efeitos deletérios causados pela deficiência de B, é o silício (Si) (SOUZA JUNIOR, 2021). Estudos relatam que a aplicação de Si foliar e radicular tem sido promissora devido a sua capacidade de atenuar os efeitos causados pela deficiência e pela toxicidade de B, incrementando a produtividade e a qualidade das fibras (SOUZA JUNIOR, 2018).

A aplicação foliar de Si promove a manutenção dos feixes vasculares e o transporte de água e nutrientes nas plantas e, incrementa a produção de compostos antioxidantes, como prolina, ácido ascórbico e glicina-betaína, que são constituintes do sistema de defesa da planta, e melhora a eficiência energética luminosa no aparato fotossintético (SOUZA JUNIOR, 2021; PEREIRA DE SOUZA JUNIOR et al., 2019). O Si também é encontrado em altas concentrações na fase de alongamento da fibra de algodão, indicando que este elemento pode possuir importância na qualidade do algodão (BOYLSTON et al., 1990).

A sinergia entre B e o Si foi recentemente estudada sendo relatado que quando estes elementos são aplicados de forma associada há promoção dos efeitos benéficos na produtividade e na qualidade da fibra de algodão cultivado sob deficiência de B (SOUZA JUNIOR, 2021). Em adição, a associação entre B e Si incrementou o índice de comprimento, a fineza e a resistência à ruptura da fibra enquanto diminuiu o índice micronaire (LOPES, 2022).

Outro composto importante para atenuar estresses abióticos é o ácido salicílico (AS), considerado hormônio vegetal (GORNI et al., 2015). O AS é um composto fenólico, amplamente distribuído nas plantas, nas folhas e nas estruturas reprodutivas (KERBAUY, 2008), capaz de induzir o florescimento em espécies herbáceas, estimular o crescimento do sistema radicular e atuar como molécula sinalizadora de indução de sistemas de defesa em plantas sob condições de estresses abióticos (VIEIRA et al., 2011). O hormônio vegetal participa de processos fisiológicos fundamentais para a planta, como fotossíntese, respiração, regulação do fluxo estomático e absorção de íons (MAHDI; TAHA; EMAM, 2020; SILVA et al., 2020). Estudos recentes relatam a eficácia da aplicação foliar de AS, em concentrações baixas (1 mM), em incrementar a processos fisiológicos, a produtividade e a qualidade da fibra em plantas de algodão (BARROS et al., 2019; EL-BELTAGI et al., 2017; MAHDI; TAHA; EMAM, 2020).

A interação entre o AS e o Si, apesar de incipiente na literatura, tem sido estudada e verificou-se que a aplicação associada destes elementos aumentou a taxa fotossintética, a condutância estomática e a eficiência do uso da água em plantas de algodão (BARROS et al., 2019). Segundo os autores, esses efeitos benéficos contribuíram para o crescimento e desenvolvimento das plantas, resultando na redução da incidência de aborto de flores e frutos e, conseqüentemente, no incremento da produtividade da cultura.

Nesse contexto é pertinente se testar as hipóteses: i) a aplicação foliar de AS é capaz de mitigar os efeitos deletérios causados pela deficiência de B incrementando a produtividade e qualidade de fibra do algodoeiro cultivado em

condições de deficiência de B; e, caso positivo ii) a aplicação associada de AS com Si e B pode resultar em efeito sinérgico positivo, favorecendo, com efeito somatório, a produtividade e a qualidade da fibra de algodão deficientes em B. O presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da aplicação foliar de AS, isolado e associado ao B e ao Si, na mitigação da deficiência de B em algodoeiro e no incremento de produtividade e da qualidade da fibra de algodão cultivadas sob deficiência de B.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Reflexos da deficiência de B na produtividade e na qualidade da fibra de algodão

Em regiões tropicais produtoras de algodão, a baixa disponibilidade de B é um problema recorrente, especialmente em solos ácidos, de textura arenosa e com baixa disponibilidade de matéria orgânica (QAMAR et al., 2020). O B possui estreita relação com a produtividade e qualidade da fibra do algodoeiro, por apresentar diferentes funções no estágio reprodutivo na planta de algodão.

O B está envolvido na biossíntese de compostos presentes na fibra de algodão, como a pectina, lignina, celulose e hemicelulose (O'NEILL et al., 2004). Portanto, a deficiência de B diminui o comprimento, a fineza e a resistência da fibra, em decorrência do aumento de fibras curtas, degradando a qualidade da fibra de algodão (QAMAR et al., 2020; SOUZA JUNIOR, 2021). Logo, o equilíbrio nutricional desse micronutriente é de suma importância para manter e garantir a qualidade da fibra, sendo assim, o fornecimento de B foliar durante as fases vegetativas e reprodutivas é uma prática comumente utilizada pelos produtores, com o intuito de amenizar tais perdas (SOUZA JUNIOR, 2021).

Em adição, a deficiência desse micronutriente é capaz de afetar a germinação do grão de pólen, o crescimento do tubo polínico e o processo de polinização, além de diminuir a qualidade da fibra de algodão (DELL; HUANG, 1997; QAMAR et al., 2020).

A deficiência de B pode também retardar o crescimento e alterar a morfologia do tubo polínico, contribuindo para o abortamento e má formação das flores de algodão, além disso, inibe a germinação dos grãos de pólen, o que

resulta em menor produção de sementes e frutos (SOUZA JUNIOR, 2021). Em adição, a carência deste micronutriente afeta negativamente a taxa fotossintética da planta, devido ao acúmulo de açúcares e de amido nas folhas das plantas deficientes em B, por conta da deformação dos feixes vasculares do xilema, comprometendo o transporte de água e nutrientes e diminuindo a redistribuição de fotoassimilados para os frutos (DUGGER, 1983; LI et al., 2017). Esses efeitos combinados destacam a importância de um suprimento adequado de boro para garantir o sucesso reprodutivo e a produtividade do algodoeiro (QAMAR et al., 2020).

2.2. Efeito do AS na produção e na qualidade no algodoeiro

O AS é definido como um composto fenólico cuja biossíntese ocorre em quase todas as plantas a partir dos fenilpropanoides (YUAN, 2008), em adição, é uma importante molécula sinalizadora capaz de atenuar estresses bióticos e abióticos e regular os processos de crescimento e desenvolvimento das plantas (KILIÇ; KARADEMIR, 2024).

A atenuação dos efeitos de estresses abióticos na planta de algodão, principalmente no estágio de floração e formação dos capulhos, é de extrema importância para garantir menor influência no crescimento e na produtividade da fibra (MAHDI; TAHA; EMAM, 2020). Estudos reportam que as aplicações de AS, em concentrações baixas (1 mM), amenizam os efeitos negativos da deficiência hídrica e salina, além de incrementar os parâmetros produtivos e qualitativos do algodão, também em condições sem estresse induzido (MAHDI; TAHA; EMAM, 2020; EL-BELTAGI et al., 2017). Isto é evidenciado pelo incremento no número

de capulhos, rendimento de sementes de algodão e no peso de 100 sementes (MAHDI; TAHA; EMAM, 2020). Adicionalmente, o AS também aumenta o comprimento das fibras, a resistência e o alongamento das fibras, em decorrência da diminuição significativa do índice de micronaire (MAHDI; TAHA; EMAM, 2020; EL-BELTAGI et al., 2017).

A aplicação exógena de AS tem demonstrado potencial significativo para mitigar os efeitos deletérios dos estresses abióticos no algodoeiro, promovendo melhorias no desenvolvimento vegetativo, na produtividade e na qualidade das fibras (MAHDI; TAHA; EMAM, 2020; EL-BELTAGI et al., 2021). Este composto atua como um regulador de crescimento e um indutor de tolerância, sendo um recurso promissor para aumentar a resiliência das lavouras. Contudo, a eficácia dessa abordagem depende de do estágio fenológico da planta e da concentração aplicada de AS, fatores que precisam ser cuidadosamente ajustados para maximizar seus efeitos benéficos (KILIÇ; KARADEMIR, 2024).

Embora os estudos sobre os efeitos do AS isolado ainda sejam incipientes no algodoeiro, é conhecido que o AS favorece o desenvolvimento da planta de algodão devido ao incremento no alongamento, divisão e diferenciação celular (PAIVA, 2024). Em adição, o AS é capaz de aumentar a produção de compostos antioxidantes do sistema de defesa da planta de algodão deficiente em água, colaborando para a produtividade e qualidade da fibra, aumentando número de capulhos, botões florais, o comprimento, a resistência e o alongamento das fibras, além da redução do índice de micronaire (MAHDI; TAHA; EMAM, 2020; HUSSAIN; YASMEEN; AFZAL, 2020).

2.3. Interação AS, B e Si em parâmetros produtivos

A aplicação exógena de AS tem efeitos benéficos contra os impactos causados por estresses abióticos (HU et al., 2022), assim, este hormônio vegetal pode ser considerado uma alternativa para atenuar os efeitos deletérios causados pela deficiência de B. Embora sejam incipientes estudos sobre a sinergia entre AS e B na cultura do algodão, há estudos em outras culturas indicando que a aplicação associada entre estes dois elementos pode aumentar o rendimento biológico na altura da planta, nos teores nutricionais de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio e o rendimento de grãos e de palha, como observado em plantas de trigo (MOHAMED et al., 2019).

A associação entre AS e B também promove benefícios consideráveis à produtividade e à qualidade de grãos como observado na cultura do trigo e do milho (MOHAMED et al., 2019; SALEM et al., 2020).

O Si, por sua vez, é considerado um elemento benéfico com a capacidade de mitigação de estresses bióticos e abióticos nas plantas, assim, pode ser considerado como uma alternativa para atenuar os efeitos causados pela desordem nutricional de B, tanto deficiência quanto toxicidade (PEREIRA DE SOUZA JUNIOR et al., 2019). A aplicação exógena de Si, via foliar ou radicular, em planta de algodão deficiente em B, favorece o acúmulo do micronutriente e do elemento benéfico no algodoeiro, além de aumentar a altura da planta, o número de folhas e a área foliar (SOUZA JUNIOR, 2018).

A aplicação sinérgica entre Si e B no estágio reprodutivo resulta em efeitos somatórios incrementando a produtividade e a qualidade da fibra de algodão em condições de deficiência de B (SOUZA JUNIOR et al., 2020). A

associação entre esses dois elementos aumenta a produtividade de fibra, este resultado pode ser explicado pela função do Si e do B em incrementar a concentração interna de CO₂, a taxa fotossintética e a eficiência do uso da água (SOUZA JUNIOR, 2021; BARROS et al., 2019). Em adição, o Si, juntamente com o B, favorece a formação e desenvolvimento dos órgãos reprodutivos e, por consequência, a produtividade final do algodoeiro (SOUZA JUNIOR, 2021). A sinergia entre B e Si pode aumentar a qualidade da fibra devido ao incremento na resistência à ruptura, no comprimento da fibra, no índice de micronaire, e na redução do índice de fibras curtas, o que pode ser explicado por conta da maior produção de compostos presentes na fibra de algodão, como pectinas, caloses, taninos e amidos (SOUZA JUNIOR, 2021).

A aplicação isolada de AS tem o potencial de elevar a concentração de Si nas folhas de algodoeiro (BARROS et al., 2019). No entanto, o impacto específico do AS sobre a absorção de Si e as implicações decorrentes deste efeito permanecem incertos. A aplicação exógena combinada de AS e Si exerce efeitos benéficos promovendo um aumento na taxa fotossintética e na condutância estomática, ao mesmo tempo que reduz a taxa de transpiração (BARROS et al., 2019). Isso, por sua vez, pode ajudar a prevenir o aborto de flores e frutos em situações de estresse hídrico, impactando positivamente na produtividade do algodão (SILVA et al., 2011). Adicionalmente, foram registrados incrementos na altura da planta, no número de cápsulas por planta, na massa dos botões florais e na produtividade total do algodoeiro (BARROS et al., 2019).

Considerando os efeitos benéficos proporcionados pelo Si e pelo AS isoladamente e associados, surgem hipóteses, o potencial promissor da sinergia

entre AS, B e Si, sem que ocorra polimerização, e de possa favorecer o desenvolvimento floral de algodão deficientes em B, com possíveis impactos positivos na produtividade e qualidade de fibra.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização local

O estudo foi realizado na Fundação Chapadão, localizada na região de Chapadão do Sul, situada no estado do Mato Grosso do Sul, nas coordenadas 18°41'33" S de latitude e longitude de 52°40'45" W. O experimento foi conduzido durante a safra 2022/2023, com a cultivar de algodão FM 906 GLT.

O solo onde o experimento foi realizado é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (SANTOS et al., 2018). Foi realizada a análise de solo do local experimental, onde foram coletadas amostras a uma profundidade de 0-20 cm antes da semeadura e a fertilidade do solo foi avaliada por meio de análise química, seguindo metodologia descrita por Raij et al., (2001). De acordo com a análise química, foram obtidos os seguintes resultados: pH (CaCl₂): 5,3; matéria orgânica: 23 g dm⁻³; Ca: 2,7 cmol_c dm⁻³; Mg: 0,97 cmol_c dm⁻³; H+Al: 4,48 cmol_c dm⁻³; Al: 0,01 cmol_c dm⁻³; Cu: 1,50 mg dm⁻³; Fe: 32,2 mg dm⁻³; Mn: 22,2 mg dm⁻³. É importante destacar que os atributos químicos para o algodoeiro que são considerados baixos, são: B: 0,03 mg dm⁻³ (<0,2 mg dm⁻³); S: 7,8 mg dm⁻³ (<15 mg dm⁻³). Considerados altos: P (resina): 52,0 mg dm⁻³ (>40 mg dm⁻³); K: 113 mg dm⁻³ (>80 mg dm⁻³) Zn: 9,75 mg dm⁻³ (>0,6 mg dm⁻³) (BORIN; FERREIRA; CARVALHO, 2014; ROSOLEM et al., 2022).

Antecedente a semeadura, foi realizado preparo de solo com aração e gradagem, com o objetivo de descompactar e, posteriormente, nivelar e uniformizar a superfície do solo, favorecendo o crescimento e desenvolvimento das raízes do algodoeiro. A calagem foi realizada como prática corretiva de acidez, aumentando o valor de pH do solo. Por fim, a adubação foi feita antes do

plantio, aplicando-se 250 kg ha⁻¹ de fosfato monoamônico, o que equivale a 22,5 kg de nitrogênio e 120,0 kg de pentóxido de fósforo por hectare. Após a adubação foi realizada semeadura, no dia 18 de dezembro de 2022.

Na fase V0 do algodão (emergência de plântulas), foi aplicado cloreto de potássio (175 kg ha⁻¹) e, posteriormente, ureia (175 kg ha⁻¹), tendo em vista o fornecimento de K e N para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Visando o controle de daninhas, foram aplicados os produtos Transorb (2,5L) + Belt (80mL) + Mostiplan (0,2L) e, no estágio fenológico V4, foram aplicados os produtos Liberty + óleo mineral + Transorb. Subsequentemente, foi aplicado ureia novamente na dose de 90 kg ha⁻¹.

Para o controle de pragas que afetam diretamente o desenvolvimento do algodoeiro, foram aplicados os produtos Malation + Engeo, seguidas de uma aplicação de Malation isolado, em um intervalo de 6 dias entre elas. Em adição, foi aplicado um regulador de crescimento na dose de 50 mL ha⁻¹ e, após 2 dias, foi realizada uma aplicação de ureia na dose de 90 kg ha⁻¹.

Diversas estratégias de proteção contra doenças e pragas foram implementadas no cultivo de algodão, incluindo seis aplicações de fungicidas, como Orkestra, Ochima, Previnil, Mees, Audaz e Fox xpro, com o objetivo de controlar doenças fúngicas. Para o controle de ácaros foram utilizados os acaricidas Piori top e Acetamiprido. Ademais, para garantir a integridade fitossanitária da cultura, foram realizadas treze aplicações de inseticidas, incluindo Sperto, Malation, Marshal, Curbix, Taura e Polo.

3.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com sete tratamentos: água (controle); B foliar; Si foliar; AS; AS + B foliar; AS + Si foliar; AS + B foliar + Si foliar, em quatro repetições cada, totalizando 32 parcelas. Cada parcela continha 4 linhas de 5 metros de comprimento espaçadas por 0,90 metros entre elas, totalizando 18 m², com área útil composta pelas 3 linhas centrais com 3 metros de comprimento, totalizando 8,1 m².

Os tratamentos consistiram em quatro aplicações foliares. O tratamento controle consistiu na aplicação de água. Para os tratamentos com B, foi utilizado o ácido bórico na concentração total de 1,5 g L⁻¹. Para os tratamentos com Si, foi utilizado o silicato de potássio na concentração total de 1,15 g L⁻¹ e foi submetida à estabilização utilizando sorbitol. Para os tratamentos com AS, foi utilizado o ácido salicílico P.A. na concentração de 210 mg L⁻¹ de AS. Para equilibrar nutricionalmente todos os tratamentos, foi aplicado K na concentração de 0,95 g L⁻¹ de KCL nos tratamentos que não receberam Si.

As concentrações de B e de Si foram definidas pelo teste de turbidez realizado na calda de pulverização, com o objetivo de avaliar a polimerização na calda de pulverização e registrar possíveis mudanças de cor ou de turbidez nas caldas (DE SOUZA JUNIOR et al., 2022).

O valor de pH das caldas dos tratamentos foi medido antes da aplicação foliar, sendo obtidos os seguintes valores: 7,1; 8,5; 10,9 e 11 para água, B, Si e AS, respectivamente. As pulverizações foliares foram iniciadas quando as plantas atingiram o estágio fenológico B1 (um botão floral no primeiro ramo

reprodutivo), e realizadas posteriormente em intervalos de 7 a 11 dias, a depender de condições climáticas.

A aplicação foliar foi realizada com o uso de um pulverizador costal pressurizado Herbicat CO₂, com barra de pulverização contendo 4 bicos, espaçados a 50 cm, calibrados para uma vazão de 200 L ha⁻¹. As condições climáticas foram verificadas no momento da aplicação, assegurando uma temperatura abaixo de 26°C, umidade relativa do ar superior a 60% e velocidade do vento inferior a 8 km/h, sendo estas condições favoráveis para aplicação foliar (DE MELLO PRADO, 2021). Com a abertura dos capulhos, foi efetuada a colheita da área útil experimental, sendo estimada a produtividade, mensurado os teores de B e de Si e a qualidade das fibras de algodão.

3.3. Análises realizadas

3.3.1. Produtividade estimada

A produtividade foi avaliada pela colheita de todas as maçãs de algodão dentro da área útil delimitada (8,1 m²), as quais foram pesadas e os resultados extrapolados para estimativa de produção em 1 hectare.

3.3.2. Teor de B e de Si

Para a análise do teor Si e B, amostras de plumas foram coletadas aleatoriamente após a colheita. O teor de Si foi determinado por digestão alcalina do material fibroso, utilizando peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e hidróxido de sódio (NaOH) em estufa a 90°C durante 4 horas (KRASKA; BREITENBECK,

2010). Em seguida, o Si foi quantificado por meio de reação colorimétrica com molibdato de amônio devido a formação de complexos que expressam a coloração amarela, porém foi necessário a adição de ácido oxálico para remover o efeito do fósforo com o molibdato de amônio, deixando somente a coloração amarela resultante da ligação com o Si. Após isso, a leitura foi realizada em espectrofotômetro colorimétrico, conforme descrito por Korndörfer et al. (2004). O teor de B foi determinado via digestão a seco, pela queima das amostras em mufla a 400°C, seguida de reação colorimétrica com azometina-H e leitura espectrofotométrica, conforme metodologia de Bataglia et al. (1983).

3.3.3. Análise de qualidade da fibra de algodão

As avaliações da qualidade de fibra foram realizadas a partir do equipamento HVI (High Volume Instrument), de acordo com o método descrito por Da Fonseca e De Santana (2002), sendo mensurados o micronaire (Mic), a resistência à ruptura (STR), o índice de fibras curtas (Sfi), e o alongamento da fibra (Elg).

3.4. Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados para verificar normalidade e homoscedasticidade e submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade a partir do uso do software estatístico AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JUNIOR, 2015), e os gráficos foram realizados pelo Python.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teores de B e Si na fibra de algodão e produtividade de fibra

A aplicação foliar de B, isolado ou em associação com os outros elementos, foi eficiente em incrementar o teor do micronutriente na fibra do algodão (Figura 1a). Isso foi evidenciado pelos maiores valores de B na fibra observados nos tratamentos B, AS+B e AS+Si+B. Por outro lado, o tratamento controle e o tratamento Si apresentaram os menores valores para concentração de B na fibra, sem diferença significativa em relação ao tratamento com AS, que, por sua vez, não diferiu do tratamento AS+Si. Este resultado indica que a aplicação foliar de B incrementa o teor foliar do micronutriente, também promove maior concentração de B na fibra do algodão, conforme relatado na literatura (SOUZA JUNIOR, 2021; QAMAR, 2020).

A aplicação de Si de forma isolada mostrou-se eficiente em elevar o teor desse elemento benéfico nas fibras de algodão (Figura 1b). Os valores foram superiores aos dos tratamentos sem Si, que não diferiram entre si, mas sem diferenças significativas em relação ao tratamento combinado AS+Si+B. Este último, por sua vez, não apresentou diferença em relação ao tratamento AS+Si. É importante destacar que a aplicação associada de AS+Si apresentou efeito somatório com maior incremento do teor do elemento benéfico na fibra do algodão, em comparação a aplicação isolada (Si). É conhecido que a aplicação foliar de Si é eficiente em incrementar a concentração de Si na folha e, também, na fibra de algodão (SOUZA JUNIOR, 2018; BARROS et al., 2019; SOUZA JUNIOR, 2021).

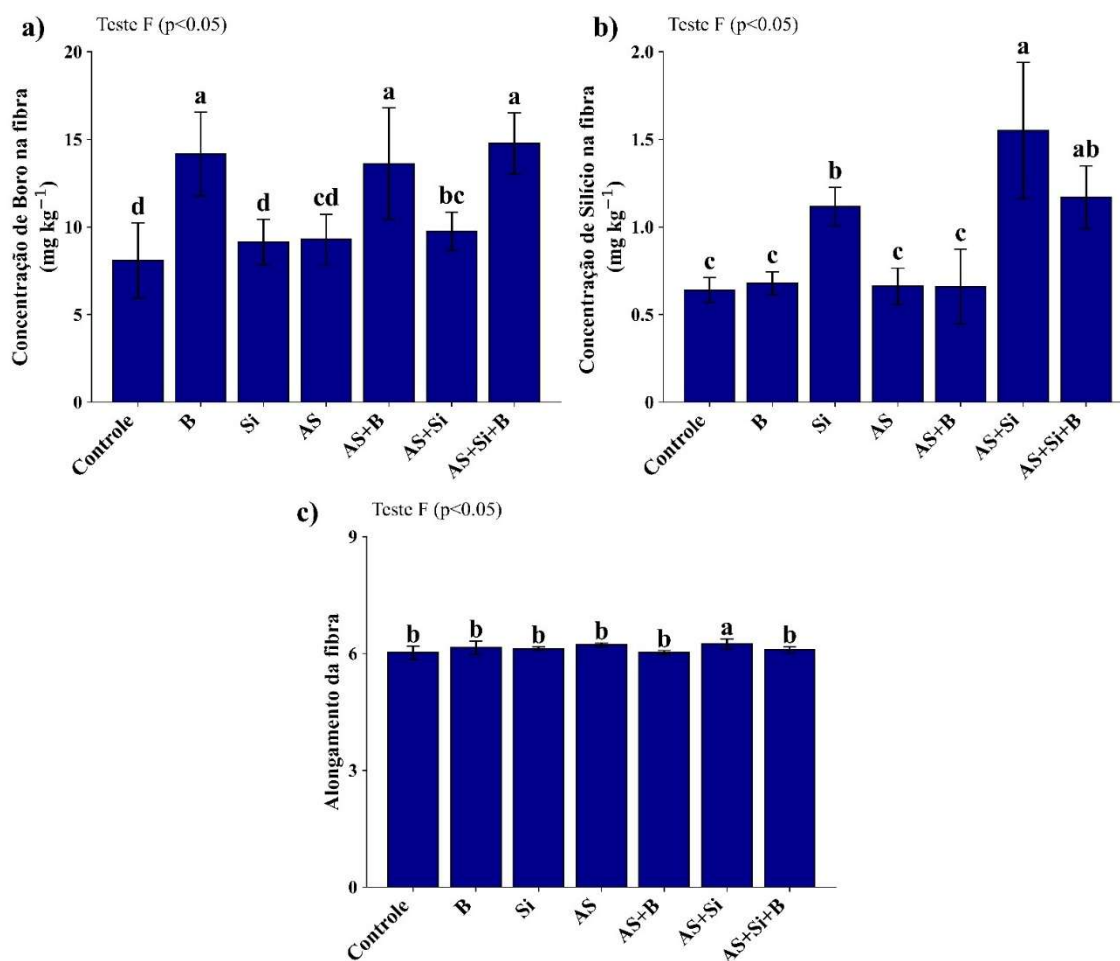


Figura 1. Concentração de B (a) e de Si (b) na fibra de algodão e produtividade de fibra (c) de plantas de algodão cultivadas sob deficiência de B e diferentes tratamentos aplicados via foliar: sem aplicação (controle), boro (B), silício (Si), ácido salicílico (AS), ácido salicílico + boro (AS+B), ácido salicílico + silício (AS+Si) e ácido salicílico + boro + silício (AS+Si+B). Letras diferentes indicam diferença significativa conforme o teste de tukey (5% de probabilidade).

Pouco se sabe sobre o papel do AS em promover aumento na concentração de Si na planta de algodão, porém, estudo recente indica que o AS favorece aumento na concentração de Si na pluma de algodão (BARROS et al., 2019). No entanto, novos estudos são necessários para avaliar os mecanismos envolvidos nesse processo.

A produtividade não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos (Figura 1c). Apesar de haver relatos de que a aplicação foliar de B e Si, isoladamente ou em sinergia, é eficaz em incrementar a produtividade de plantas de algodão deficientes em B (QAMAR, 2020; SOUZA JUNIOR, 2021; WAHID et al., 2020). Há trabalhos em que este aumento não é observado com a aplicação foliar de AS (KILIÇ; KARADEMIR, 2024; BARROS et al, 2019), ficando assim a incerteza sobre o papel do AS na produtividade da fibra de algodão. É possível que a produtividade não tenha incrementado devido ao fato que a aplicação foliar foi realizada apenas na fase reprodutiva e não atendeu a demanda no estágio vegetativa.

4.2. Qualidade da fibra de algodão

A aplicação foliar de B, Si e AS associados (AS + Si + B), foi eficiente em incrementar a qualidade da fibra do algodão apresentando maior valor para o índice de micronaire (Figura 2a) e de resistência à ruptura (Figura 2b), em comparação ao tratamento controle. Os demais tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si, nem em relação ao controle ou ao tratamento AS+Si+B.

O alongamento da fibra, por outro lado, apresentou maior resultado no tratamento com AS + Si (Figura 2c), sem diferenças observadas entre os demais tratamentos. O índice de fibras curtas foi maior no tratamento controle e os demais tratamentos não diferiram entre si, com exceção do tratamento com B isolado, que apresentou menor valor para esta variável (Figura 2d).

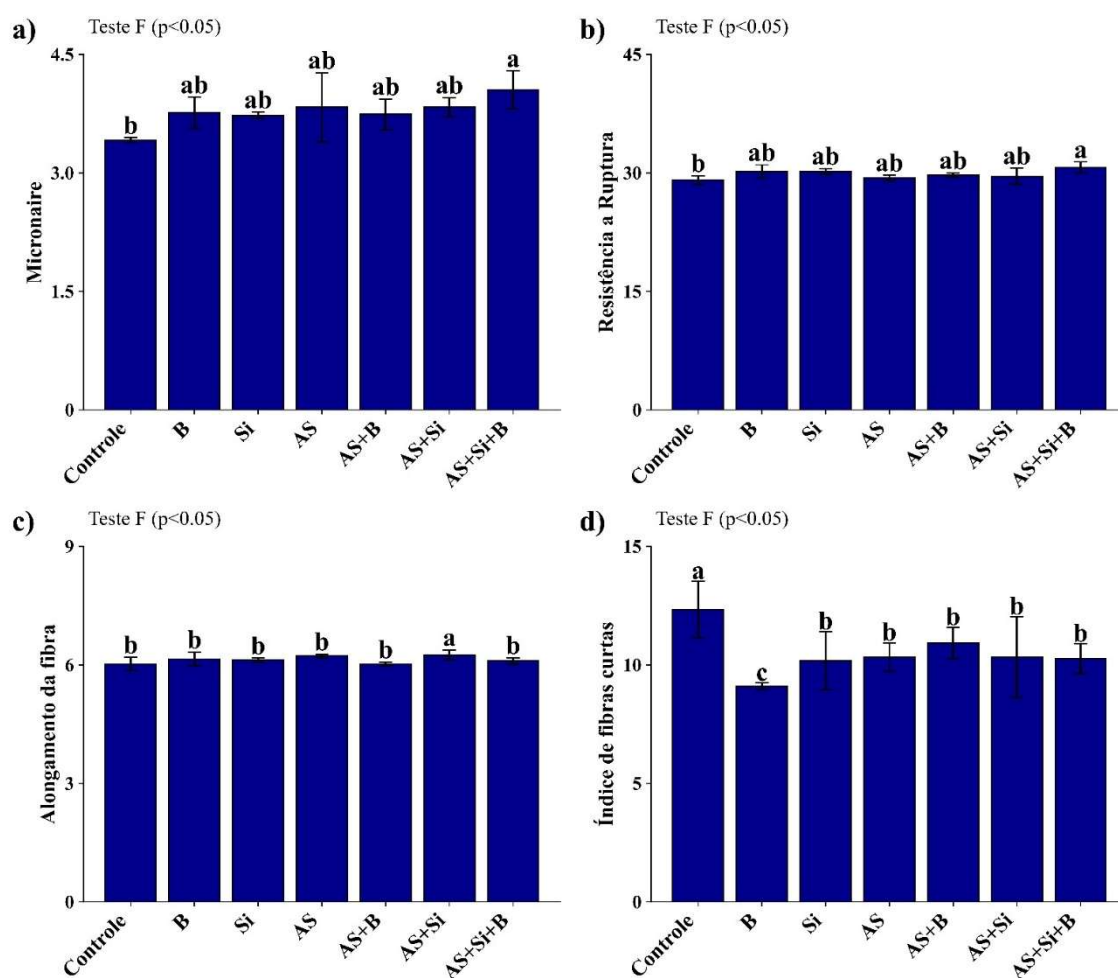


Figura 2. Índice de micronaire (a), e resistência à ruptura (b) e índice de fibras curtas (c), e alongamento da fibra (d) de plantas de algodão cultivadas sob deficiência de B e diferentes tratamentos aplicados via foliar: sem aplicação (controle), boro (B), silício (Si), ácido salicílico (AS), ácido salicílico + boro (AS+B), ácido salicílico + silício (AS+Si) e ácido salicílico + boro + silício (AS+Si+B). Letras diferentes indicam diferença significativa conforme o teste de tukey (5% de probabilidade).

É conhecido que o B participa da biossíntese de elementos constituintes da parede celular, como celulose, hemicelulose, pectina e precursores da lignina; da síntese de componente do RNA, na base nitrogenada uracila; e do transporte de açúcares pela planta (DE MELLO PRADO, 2021; LOPES, 2022). Essas funções apresentam uma correlação direta com o incremento na espessura e

maturidade observada na fibra de algodão. O Si, na forma de SiO_2 , liga-se a parede celular, conferindo maior resistência mecânica, e participa da biossíntese de compostos presentes na formação da fibra de algodão, como: pectinas, amidos, caloses e taninos (BOYLSTON, et al., 2019), incrementando o índice de micronaire da fibra de algodão (LOPES, 2022).

Foi observado que o tratamento associado AS + B + Si, obteve os melhores resultados no índice de micronaire e na resistência à ruptura, em comparação ao tratamento controle, o que pode estar associado ao fato de que o Si é capaz de aumentar a resistência física da parede celular da fibra e o B participar da biossíntese de compostos da fibra, conferindo maior finura e resistência à fibra (KIDO et al, 2015; ZHAO; OOSTERHUIS, 2002). Em adição, é conhecido que o AS é capaz de atenuar estresses abióticos conferindo maior estabilidade à membrana na planta de algodão (MAHDI; TAHA; EMAM, 2020).

5. CONCLUSÕES

A aplicação foliar de B, isolado e em associação, incrementa a concentração do micronutriente na fibra de algodão. Em adição, a aplicação foliar de Si, isolado e em associação demonstrou-se eficaz em incrementar o teor de Si na fibra de algodão.

A aplicação associada de AS, B e Si (AS+B+Si) demonstrou eficiência em incrementar as variáveis de micronaire e de resistência à ruptura, em comparação com o tratamento controle, porém não afetou a produtividade. O tratamento AS + Si se destacou com maior valor no índice micronaire e alongamento da fibra, em comparação ao controle que apresentou maior valor para o índice de fibras curtas, evidenciando prejuízo da deficiência de B na qualidade da fibra.

6. LITERATURA CITADA

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Experimentação agrônômica e AgroEstat**: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal: Multipress, 2015.

BARROS, T. C. et al. Silicon and salicylic acid in the physiology and yield of cotton. **Journal of plant nutrition**, v. 42, n. 5, p. 458-465, 2019.

BATAGLIA, O. C. et al. Métodos de análise química de plantas. **Boletim Técnico-Instituto Agrônômico**. no. 78., 1983.

BORIN, A. L. D. C.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. da. **Adubação do algodoeiro no ambiente de Cerrado**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2014.

BOYLSTON, E. K. et al. Role of silicon in developing cotton fibers. **Journal of plant nutrition**, v. 13, n. 1, p. 131-148, 1990.

FONSECA, R. G. da; SANTANA, J. C. F. de. **Resultados de ensaio HVI e suas Interpretações (ASTM D-4605)**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002.

DE MELLO PRADO, R. **Mineral nutrition of tropical plants**. 1st ed. Cham, Switzerland: Springer, 2021.

DE SOUZA JÚNIOR, J. P.; et al. Silicon foliar spraying in the reproductive stage of cotton plays an equivalent role to boron in increasing yield, and combined boron-silicon application, without polymerization, increases fiber quality. **Industrial Crops and Products**, v. 182, p. 114888, 2022.

DE SOUZA JÚNIOR, J. P. et al. Addition of silicon to boron foliar spray in cotton plants modulates the antioxidative system attenuating boron deficiency and toxicity. **BMC Plant Biology**, v. 22, n. 1, p. 338, 2022.

DELL, B.; HUANG, L. Physiological response of plants to low boron. **Plant and soil**, v. 193, p. 103-120, 1997.

DOS SANTOS SOARES, A. M.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 1, n. 1, p. 10, 2007.

DUGGER, W. M. Boron in metabolismo. **Encyclopedia of Plant Physiology**. Springer-Verlag, p. 626, 1983.

EL-BELTAGI, H. S. et al. Effect of salicylic acid and potassium citrate on cotton plant under salt stress. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 26, n. 1A, p. 1091-1100, 2017.

GORNI, P. H. et al. **Promoção de crescimento e atividade elicitora do ácido salicílico em *Achillea millefolium* L.** 2015. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Tecnologia da Produção Vegetal) – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2015.

HU, Y. et al. The Role of Salicylic Acid Signal in Plant Growth, Development and Abiotic Stress. **Phyton International Journal of Experimental Botany**, v. 91, n. 12, 2022.

HUSSAIN, N.; YASMEEN, A.; AFZAL, M. A. Exogenously applied growth promoters modulate the antioxidant enzyme system to improve the cotton productivity under water stress conditions. **Italian Journal of Agronomy**, v. 15, n. 2, p. 165-171, 2020.

LI, M. et al. Effect of boron deficiency on anatomical structure and chemical composition of petioles and photosynthesis of leaves in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 4420, 2017.

LIU, J. et al. Salicylic acid, a multifaceted hormone, combats abiotic stresses in plants. **Life**, v. 12, n. 6, p. 886, 2022.

LOPES, P. M. **Aplicação de boro e silício aumenta a produtividade e a qualidade de fibras do algodoeiro.** 2022. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Chapadão do Sul, 2022.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

KIDO, N. et al. The matrix polysaccharide (1; 3, 1; 4)- β -D-glucan is involved in silicon-dependent strengthening of rice cell wall. **Plant and Cell Physiology**, v. 56, n. 2, p. 268-276, 2015.

KILIÇ, R.; KARADEMİR, Ç. Effect of salicylic acid application on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield and fibre quality. **Journal of Applied Life Sciences and Environment**, v. 56, n. 4, p. 579-599, 2024.

KORNDÖRFER, G. H. et al. 2004. **Análise de silício no solo, planta e fertilizantes.** 2nd ed. UFU, Uberlândia.

KRASKA, J.E.; BREITENBECK, G. A. Simple, robust method for quantifying silicon in plant tissue. Commun. **Soil Sciences and Plant Analysis**. v. 41, p. 2075–2085, 2010.

MAHDI, A. H. A.; TAHA, R. S.; EMAM, S. M. Foliar Applied Salicylic Acid Improves Water Deficit-Tolerance in Egyptian Cotton. **Journal of Plant Production**, v. 11, n. 5, p. 383-389, 2020.

MOHAMED, M. F. et al. Yield and nutrient status response of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to foliar spraying of boron and salicylic acid under newly reclaimed soil. **Sciences**, v. 9, n. 02, p. 274-280, 2019.

O'NEILL, M. A. et al. Rhamnogalacturonan II: structure and function of a borate cross-linked cell wall pectic polysaccharide. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, n. 1, p. 109-139, 2004.

PAIVA, D. S. A. **Uso do ácido salicílico na mitigação do estresse hídrico em algodoeiro de fibra naturalmente colorida**. 2024. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2024.

PEREIRA DE SOUZA JUNIOR, J. et al. Silicon mitigates boron deficiency and toxicity in cotton cultivated in nutrient solution. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 182, n. 5, p. 805-814, 2019.

QAMAR, R. et al. Soil applied boron (B) improves growth, yield and fiber quality traits of cotton grown on calcareous saline soil. **Plos One**, v. 15, n. 8, p. e0231805, 2020.

ROSOLEM, C. A. et al.; Algodão. In: RAIJ, B. V. et al.. **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Edição na língua do texto. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2022. p160-164.

SALEM, E. Cooperative effect of salicylic acid and boron on the productivity of pearl millet crop under the degraded saline soils conditions. **Egyptian Journal of Agronomy**, v. 42, n. 2, p. 185-195, 2020.

SILVA, I. P. F. et al. Estudo das fases fenológicas do algodão (*Gossypium hirsutum* L.). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 10, n. 20, p. 1-10, 2011.

SILVA, A. A. R. et al. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 4, p. 1092-1101, 2020.

SOUZA JUNIOR, J. P. **Silício como mitigador de deficiência e toxicidade de boro na cultura do algodão cultivado em solução nutritiva**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2018.

SOUZA JUNIOR, J. P. **Relação boro e silício em plantas de algodão cultivadas sob deficiência de boro**. 2021. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2021.

VIEIRA, J. G. **Aplicação exógena de ácido salicílico em feijoeiro**. 2011. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2011.

WAHID, M. A. et al. Foliar feeding of boron improves the productivity of cotton cultivars with enhanced boll retention percentage. **Journal of Plant Nutrition**, v. 43, n. 16, p. 2411-2424, 2020.

YUAN, S.; LIN, H. Minireview: role of salicylic acid in plant abiotic stress. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 63, n. 5-6, p. 313-320, 2008.

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, n. 1, p. 75-87, 2002.