

UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS – UniEVANGÉLICA
CURSO DE AGRONOMIA

**DIFERENTES DOSAGENS E ÉPOCAS DE ADUBAÇÃO COM BORO
NO FEIJOEIRO**

**Luiz Antônio Gonzaga Neto
Vanessa Cardoso Rocha**

**ANÁPOLIS-GO
2024**

**LUIZ ANTÔNIO GONZAGA NETO
VANESSA CARDOSO ROCHA**

**DIFERENTES DOSAGENS E ÉPOCAS DE ADUBAÇÃO COM BORO
NO FEIJOEIRO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Evangélica de Goiás - UniEVANGÉLICA, para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Nutrição de plantas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cláudia Fabiana Alves Rezende

**ANÁPOLIS-GO
2024**

Gonzaga Neto, Luiz Antônio / Rocha, Vanessa Cardoso
Diferentes dosagens e épocas de adubação com boro no feijoeiro / Luiz Antônio Gonzaga Neto /
Vanessa Cardoso Rocha. – Anápolis: Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA, 2024
35 páginas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cláudia Fabiana Alves Rezende
Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Agronomia – Universidade Evangélica de Goiás
– UniEVANGÉLICA, 2024.

1. Feijão 2. Produtividade 3. Nutrição I. Luiz Antônio Gonzaga Neto; Vanessa Cardoso
Rocha. II. Diferentes dosagens e épocas de adubação com boro no feijoeiro.

CDU 504

LUIZ ANTÔNIO GONZAGA NETO
VANESSA CARDOSO ROCHA

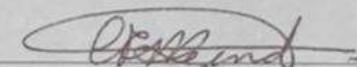
**DIFERENTES DOSAGENS E ÉPOCAS DE ADUBAÇÃO COM BORO
NO FEIJOEIRO**

Monografia apresentada à Universidade
Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA,
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

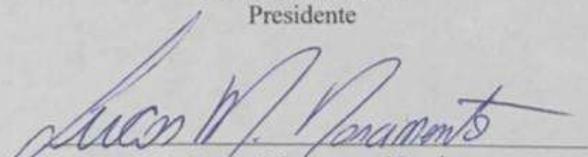
Área de concentração: Nutrição de plantas

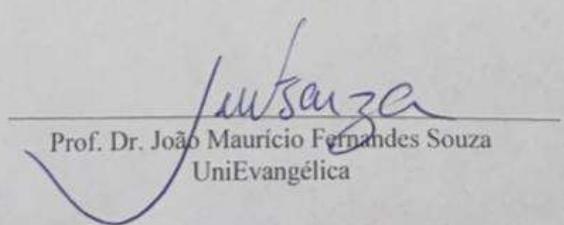
Aprovada em: 27/11/2024

Banca examinadora


Profª Drª Cláudia Fabiana Alves Rezende

UniEVANGÉLICA
Presidente


Prof. Dr. Lucas Marquezan Nascimento
UniEvangélica


Prof. Dr. João Maurício Fernandes Souza
UniEvangélica

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus por me conceder a graça de estar aqui neste momento, a minha família e por todo apoio que me foi passado e confiado, e por último e não menos importante a todos os professores do curso de agronomia que nos foram passados todos os conhecimentos necessários para que pudéssemos estar aqui neste momento e a todas as pessoas que foram essenciais em minha caminhada.

Luiz Antônio Gonzaga Neto

Dedico este trabalho a meus pais.

Vanessa Cardoso Rocha

AGRADECIMENTOS

Eu Luiz, agradeço primeiramente a Deus por nos conceder uma vida repleta de bênçãos e a graça de estar aqui neste momento, que nos trouxe, paz, sabedoria e esforço para não desistir e sempre seguir em frente. Aos meus pais Flávio e Neila, por todo apoio a minha educação, ao meu irmão Flávio Henrique e meus familiares que sempre estiveram comigo nos momentos altos e baixos da vida e difíceis perante a faculdade. Agradeço a minha parceira, por estar sempre comigo me incentivando e me aconselhando.

Obrigado!

Eu Vanessa, agradeço primeiramente a Deus, pela vida repleta de bençãos que Ele me concedeu. Aos meus pais, Joana Darc e Valter Cezar, por toda dedicação e esforço investidos na minha educação, ao apoio e incentivo nos meus estudos. Ao meu parceiro de vida, por estar ao meu lado, pelo apoio e incentivo aos meus estudos e por ser meu porto seguro;

Obrigada!

Agradecemos á UniEvangélica como um todo, por sua estrutura e edificação docente e todas as atividades ministradas. Agradecemos à todo corpo docente por compartilhar seus conhecimentos conosco, pela dedicação e apoio durante nossa jornada;

Em especial, a nossa orientadora Prof^a. Dr^a Cláudia Fabiana Alves Rezende, por aceitar conduzir nosso trabalho, pelo incentivo, dedicação e valiosas contribuições dadas durante todo o processo com profissionalismo e dividindo os conhecimentos necessários para que este trabalho fosse realizado.

Muito obrigado!

“O mais pequeno virá a ser mil, e o mínimo um povo grandíssimo: eu, o Senhor, a seu tempo o farei prontamente”.

Isaías 60:22

SUMÁRIO

RESUMO.....	09
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1. FEIJÃO.....	12
2.2. NUTRIÇÃO DO FEIJÃO.....	13
2.3. O MICRONUTRIENTE BORO.....	14
2.4 EFEITO DO BORO NA INIBIÇÃO OU ESTIMULAÇÃO DE MACRO E MICRO NUTRIENTES.....	17
3. MATERIAL E METÓDOS.....	20
3.1. TIPO DE PESQUISA E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	20
3.2. DELINEAMENTO E CONDUÇÃO EXPERIMENTAL.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1 ALTURA, DIÂMETRO E MASSA VERDE.....	23
4.2. TEOR E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DO BORO.....	26
4.3. PRODUTIVIDADE.....	28
5. CONCLUSÃO.....	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

RESUMO

O Boro (B) merece atenção na nutrição do feijoeiro. A importância da utilização de B na nutrição mineral vem sendo comprovada com aumento da qualidade e produtividade. O objetivo com esse trabalho é verificar o desenvolvimento morfológico, acúmulo de nutrientes e produção do feijoeiro frente a diferentes dosagens e épocas de fornecimento do B. Este estudo foi conduzido em Anápolis, Goiás. Os tratamentos consistiram em: T1 – testemunha (sem B); T2 – B na dessecação; T3 – B na dessecação + via foliar em V4; T4 – B foliar. Foram realizadas avaliações de altura de planta, diâmetro de caule, massa verde e massa seca de planta, composição mineral das folhas e produtividade. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e quando ocorreram diferenças significativas, aplicou-se o teste de Tukey, utilizando-se o Sisvar. A adubação com B no feijoeiro influenciou os parâmetros morfológicos da planta. O acúmulo de nutrientes foliar no feijoeiro segue a seguinte ordem para os macronutrientes: N > K > Ca > Mg > P e para os micronutrientes: Fe > Mn > Zn > B > Cu. O B influenciou a maior absorção do P, apresentando maior acúmulo, junto a maior dosagem. A produtividade é influenciada pelas dosagens e épocas de aplicação do B, sendo a maior produtividade observada para a aplicação parcelada (150 g ha^{-1}). O aumento da dose de B acima dos níveis recomendados para a cultura não reflete em aumento da produtividade.

Palavras-chave: Feijão, Produtividade, Nutrição

1. INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) faz parte da família das Fabaceae, está voltado diretamente à alimentação humana e se apresenta como um dos grãos presentes na base alimentar dos brasileiros, podendo ser cultivado nas mais variadas regiões do Brasil (SANGIOVO, 2019). Junto com o arroz, o feijão compõe a dupla de alimentos mais tradicional da culinária brasileira e é também destaque na produção agrícola de Goiás, contribuindo para movimentar a economia no Estado. Para a safra 2023/2024, a previsão da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) é que serão colhidas 95 mil toneladas (t) de feijão em território goiano, mantendo Goiás na quinta posição (AGRODEFESA, 2024).

O feijão em grão, segundo prognóstico para a produção de feijão em 2024 considerando-se as três safras, de 3,1 milhões toneladas (t), crescimento de 3,8% em relação a 2023. A 1^a safra deve produzir 1,0 milhão t; a 2^a safra, 1,3 milhão t e a 3^a safra, 694,9 mil t. A produção estimada deve atender ao consumo interno de 2024, não devendo haver pressão nos preços do produto ao consumidor (IBGE, 2024).

Para se atender as expectativas de produção deve-se levar em consideração o processo de produção. O preparo de solo e a adubação são considerados etapas indispensáveis para garantir a melhoria da estrutura do solo, influenciando no estabelecimento da lavoura, o rendimento da colheita e a sustentabilidade da produção agrícola (FIELDVIEW, 2023), ou seja, um vegetal não se desenvolve e não cresce normalmente se não obtiver um conjunto de minerais e outros elementos essenciais necessários (BARROS, 2020), destacando-se o boro (B).

A importância da utilização de B na nutrição mineral das plantas vem sendo comprovada com aumento da qualidade e produtividade (TOMICIOLI et al., 2020). O B merece atenção na nutrição do feijoeiro, devido ao seu papel de importância em processos fisiológicos da planta, os quais impactam diretamente na germinação dos grãos de pólen e o crescimento do tubo polínico, a formação da parede celular e a translocação de carboidratos, que é essencial para a produção de grãos (CARVALHO et al., 2023).

O aumento da produção pode estar ligado diretamente as diferentes fontes e formas de aplicação para o fornecimento do B. O entendimento sobre o funcionamento dessas fontes na agricultura, permite o melhor posicionamento dessas tecnologias visando reduzir perdas por lixiviação ou evitar possíveis sintomas de fitotoxicidade. Diversos trabalhos comprovam que o B é um nutriente imóvel no floema e a aplicação via solo acaba sendo a forma mais eficiente de nutrição das plantas com esse nutriente (TOMICIOLI et al., 2020).

Como forma de viabilizar o cultivo, é necessário que haja eficiência econômica no processo de cultivo e a adubação foliar pode melhorar a produtividade do feijoeiro, em virtude da capacidade de absorção que as folhas apresentam, em especial, para os micronutrientes, que são requeridos em baixas quantidades. Testes realizados com B mostram que diferentes dosagens apresentam resultados significativos em relação ao número de massa de 100 grãos, número de vagens por planta e produtividade no feijoeiro (SILVA et al., 2020). Já a aplicação de micronutrientes via foliar pode promover a formação de sementes que contêm maior conteúdo nutricional, em nível de reservas (CAMBRAIA et al., 2019).

Mayer et al. (2023) trabalhando com aplicação de B via foliar no feijão carioca em diferentes estádios fenológicos, observaram incrementos no número de grãos por vagens. Os demais componentes de rendimento e produtividade não sofreram influência, mas os autores destacam que existem diferentes respostas à aplicação de doses de B e estádios de aplicação. Já Hosseini; Amini (2019), verificaram que a aplicação de B nas cultivares Jules, G11867 e Shekoofa de feijão branco com o uso do ácido bórico, por meio da água de irrigação, combinadas a pulverização foliar, promoveu maior produtividade para todas cultivares.

Diante do exposto, o objetivo com esse trabalho é verificar o desenvolvimento morfológico, acúmulo de nutrientes e produção do feijoeiro frente a diferentes dosagens e épocas de fornecimento do B.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. FEIJÃO

O feijão comum é uma dicotiledônea pertencente ao gênero *Phaseolus*, da família Fabaceae e classificado como *Phaseolus vulgaris*. Quanto a sua origem há algumas hipóteses, dados mais exatos sugerem a existência de três centros primários: o mesoamericano, que se estende dos Estados Unidos até o Panamá; o sul dos Andes, abrange desde o Peru até a Argentina; e o Norte dos Andes, desde a Colômbia até a Venezuela. O feijão está entre os alimentos mais antigos, remontando os primeiros registros da história da humanidade (EMBRAPA, 2005).

O feijão-comum é um dos alimentos de vários povos e, um dos atributos básicos da dieta dos brasileiros, compondo a sua principal fonte de proteína vegetal. Seu teor proteína pode chegar a 33% com valor energético de 341 cal 100g⁻¹ (POMPEU, 1987). É cultivado no Brasil nas mais variadas condições edafoclimáticas e em diversas épocas e sistemas de cultivo, seja como cultura de subsistência, ou em cultivos totalmente tecnificados (OLIVEIRA et al., 2018).

O feijoeiro-comum é considerado uma cultura atípica por se conseguir três safras no ano. A safra das "água" ou 1^a safra é plantada nas Regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia e, também nos estados de Tocantins e Rondônia, sendo cultivado entre os meses de agosto a novembro. A safra da "seca" ou 2^a safra ocorre nas Regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e em único período de plantio no Norte, onde o feijão-comum é consorciado com o milho. Essa safra é realizada entre os meses de dezembro a abril. Já a safra de 3^a época, também designada como safra irrigada, de inverno ou, simplesmente, 3^a safra, acontece com o feijão-comum cultivado entre os meses de abril a julho, no Centro-Sul do Brasil (SILVA; WANDER, 2013).

A 3º safra veio como uma alternativa, junto ao aparecimento no Brasil dos sistemas de irrigação via pivô-central, surgindo no início da década de 1980, com produção de 105 mil t na safra 1985/86, primeira vez que foi registrado. Sugerida pelo professor Clibas Vieira, 2004, como alternativa de aproveitamento de áreas propícias a irrigação e, com a produção oriunda manter os preços mais estáveis, devido à entressafra e buscando ter um produto de boa qualidade, pensando que o feijão envelhece muito rapidamente perdendo a qualidade culinária (VIEIRA, 2004).

Quanto ao hábito de crescimento, são agrupados e descritos em quatro tipos principais: tipo I, de hábito determinado, e tipos II, III e IV, de hábito indeterminado. O estádio fenológico

de uma cultura auxilia no manejo nutricional e também fitossanitário de uma lavoura. A escala de progresso das plantas de feijão divide o ciclo biológico nas fases vegetativa (V) e reprodutiva (R). São subdivididas em dez estádios, V0 - Germinação; V1- Emergência; V2 – Folhas primárias; V3 – Primeira folha composta aberta; V4 - Terceira folha trifoliada aberta; R5 – Pré - floração; R6 – Floração; R7 – Formação de vagens; R8 – Enchimento das vagens; R9 – Maturação (OLIVEIRA et al., 2018).

De acordo com Carvalho (1982), as pragas constituem um dos fatores limitantes ao cultivo do feijoeiro, contribuindo para a redução de sua produtividade e elevação dos custos de produção. O ambiente favorável ao desenvolvimento de patógenos associado à falta de práticas preventivas faz com que as doenças fúngicas e bacterianas afetem o progresso do feijoeiro (WENDLAND et al., 2018). O Manejo Integrado de Pragas (MIP) constitui-se de um sistema de controle de pragas que procura preservar e aumentar os fatores de mortalidade natural das pragas pelo uso integrado dos métodos de controle selecionados com base em parâmetros técnicos, econômicos, ecológicos e sociológicos (PICANÇO et al., 2010).

2.2. NUTRIÇÃO DE PLANTAS

A fertilidade está relacionada ao solo e a nutrição, por sua vez, diz respeito à planta. As duas coisas estão intimamente ligadas e uma boa fertilidade do solo conduzirá a uma boa nutrição das plantas, pois o primeiro e principal sinal de como está a fertilidade do solo, é através da planta (BARROS, 2020). Toda via, o fornecimento de adubos minerais de forma correta e equilibrada para o feijoeiro poderá contribuir não só para a produtividade, mas também para melhorar o valor nutricional do feijão (TEIXEIRA et al., 2000).

Conforme Barros (2020), os elementos minerais são classificados em dois grupos: os macronutrientes e os micronutrientes. Os macronutrientes podem ser subdivididos em primários; Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) e secundários; Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), sendo os primários, absorvidos pelas plantas em maiores quantidades, que os secundários. Os micronutrientes, B, Cloro (Cl), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo) e Zinco (Zn) são os elementos minerais absorvidos em menores quantidades. Existem também, elementos não essenciais, mas benéficos para as plantas. Esta divisão, não significa que um nutriente seja mais importante do que outro, apenas que são essenciais em quantidades e concentrações diferentes.

Levando-se em consideração os macronutrientes, o N é o nutriente mineral mais absorvido pelo feijoeiro, parte do N absorvido pela cultura é presente na matéria orgânica do solo. As recomendações de adubação com P e K se baseiam na expectativa de produtividade e na interpretação das tabelas da análise de solo, as quais são derivadas de experimentos de controlados nas principais produtoras regionais (CARVALHO; SILVEIRA, 2023).

Os micronutrientes de plantas, os quais abrangem B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn são requeridos pelas plantas em concentrações muito baixas para adequado crescimento e reprodução. Ainda assim, apesar de suas baixas concentrações dentro dos tecidos e dos órgãos das plantas, os micronutrientes têm a mesma importância dos macronutrientes para a nutrição. Nessas baixas concentrações, os micronutrientes são imprescindíveis para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, operando como constituintes das paredes celulares (B) e das membranas celulares (B, Zn), como constituintes de enzimas (Fe, Mn, Cu, Ni), como ativadores de enzimas (Mn, Zn) e na fotossíntese (Fe, Cu, Mn, Cl) (KIRKBY; RÖMHELD, 2007).

Os sintomas de deficiência ou excesso de um elemento mineral têm semelhança em todas as espécies de plantas (MEYER et al., 1983). O motivo pelo qual o sintoma de carência do elemento é característico se deve ao fato de que exerce sempre a mesma função, qualquer que seja o vegetal (VOSE, 1963); entretanto, existem respostas peculiares entre e dentro das espécies, como resultado da expressão genética, influenciando a distribuição dos elementos ou a sensibilidade de sistemas metabólicos.

São de suma importância e indispensáveis para o desenvolvimento das funções metabólicas. A falta, pode ser prejudicial para o correto crescimento vegetal, embora sejam usados em menores quantidades pelo feijoeiro, são tão importantes para a nutrição e desenvolvimento das plantas quanto aos macronutrientes (CARVALHO, 2023).

Já a análise foliar é uma das maneiras de avaliar se o manejo adotado no solo (calagem e adubação) possui os reflexos desejados na nutrição de plantas. O uso adequado da análise de folhas requer a compreensão das relações entre o crescimento vegetal (ou produtividade) e a concentração de minerais nas amostras de tecido da planta (TAIZ; ZEIGER, 2009).

2.3. O MICRONUTRIENTE BORO (B)

Por se encontrar na forma de ácido bórico (H_3BO_3) na solução do solo, sem carga, o B é um nutriente com alta mobilidade no solo, mas imóvel no floema da planta. Portanto, seu movimento dentro da planta ocorre via xilema e depende da transpiração, sendo necessário um

fluxo constante de B durante todo o ciclo da cultura (CARVALHO, 2023), o B desempenha diversas funções na planta, por fazer parte de compostos essenciais, este micronutriente tem demonstrado influência na produção e qualidade (CARVALHO, 2020).

O B está relacionado a vários processos fisiológicos da planta que são afetados pela sua deficiência, como transporte de açúcares, síntese da parede celular, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo de AIA, metabolismo fenólico, metabolismo de ascorbato e integridade da membrana plasmática. Entre as variadas funções, duas estão muito bem definidas: síntese da parede celular e integridade da membrana plasmática (CAKMAK; RÖMHELD, 1997).

Atuando na constituição da parede celular, garante uma melhor organização de substâncias cimentantes como pectinas, celuloses, hemiceluloses e precursores de lignina (TOMICIOLI et al., 2020). O elemento também participa diretamente do processo de divisão celular, tanto da parte aérea como do sistema radicular. Considera-se que o aumento dos níveis de auxina com o acréscimo de B, favoreça o processo de divisão celular (COHEN; LEPPER, 1977). Em concordância com Mengel; Kirkby (1987), na fase reprodutiva, o B desempenha importante papel na germinação do grão de pólen e desenvolvimento do tubo polínico.

As interpretações de análises químicas do solo, associadamente com as características físicas, sobretudo textura, servem para a tomada de decisão em relação a adubação boratada, e sua correção é de suma importância para a obtenção de aumento de produtividade (SANTINI et al., 2016). As adubações com B devem ser realizadas buscando atingir teores acima do nível crítico, com o propósito de correção de B no solo e aumento da produtividade (YAMADA, 2016).

A principal reserva de B no solo é a matéria orgânica, estando inteiramente disponível para as plantas, sendo também a principal forma de reter este micronutriente no solo. Em solos arenosos, com elevadas precipitações, alto grau de intemperismo, e baixa quantidade de matéria orgânica, podem ocorrer elevada lixiviação do nutriente, levando a possível deficiência de B (PRADO, 2010).

A carência de B é muito comum no Brasil, particularmente em solos arenosos e pobres em matéria orgânica (MALAVOLTA, 1980). A quantidade de B requerida para a formação da semente, geralmente, é maior do que a necessária para o crescimento vegetativo (MARSCHNER, 1995).

Oliveira et al. (1996) afirmam que plantas de feijão deficientes em B produzem poucas flores e vagens, podendo a planta morrer antes mesmo da floração em casos extremos de

deficiência. Dessa forma, mesmo em situações nas quais a cultura se encontra em solo com boas características físicas e químicas, podem ser obtidos aumentos na produtividade com a adubação foliar (ROSOLEM, 1987).

As deficiências nutricionais podem ser avaliadas e evitadas principalmente quando há resultado de análise química do solo confiável, sendo capaz a interpretação levar ao manejo correto da adubação com macro e micronutrientes (TOMICIOLI et al., 2020). Em todo o mundo, o micronutriente que apresenta maior possibilidade de deficiência é o B. Isso se deve a alta capacidade de lixiviação que pode ocorrer, principalmente em solos arenosos e de baixa CTC (LUKASZEWSKI; BLEVINS, 1996). Biggar; Fireman (1960) destacam que, ocorre maior retenção de B em solos argilosos quando conferido a solos arenosos, isso se deve a maior capacidade de adsorção nas argilas quando comparado a solos de textura arenosa.

A deficiência do nutriente ocorre nas folhas novas, por ser imóvel no floema. Conforme Loué (1993) a deficiência de B ocasiona uma maior produção de calose nos vasos do floema, obstruindo o transporte de carboidratos. Na cultura do feijão, a deficiência de B leva a um menor crescimento das plantas, decorrendo encurtamento dos internódios, as folhas ficam com coloração verde escuro e as folhas jovens ficam malformadas no ápice, levando a morte do meristema apical (EMBRAPA, 1996; OLIVEIRA et al., 1996). Os ramos têm seu tamanho reduzido e as plantas produzem poucas flores e vagens (OLIVEIRA et al., 1996).

Segundo Moraes Dallaqua et al. (1998) a deficiência de B no feijoeiro, provoca a inibição do crescimento radicular, ocorre a ausência ou anormalidade na diferenciação vascular, principalmente do floema, além de necrose do ápice radicular. Já Fageria (2000) avaliou o efeito da aplicação de doses de B (zero até 12 mg kg⁻¹ de B) em plantas de feijão e verificou que a maior quantidade de matéria seca foi obtida na dose de 2 mg kg⁻¹ B.

Leal; Prado (2008) trabalhando com desordens nutricionais no feijoeiro por deficiência de macronutrientes, B e Zn, observou que a omissão de B na solução nutritiva provocou redução significativa no número de folhas, na altura das plantas e na produção de matéria seca do caule em relação ao tratamento completo, o que refletiu na diminuição da produção de matéria seca total.

A adubação foliar em culturas seria uma forma mais eficaz para aplicação de micronutrientes. As vantagens da aplicação de B via foliar, com relação à cobertura, seriam: melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas e respostas mais rápidas por parte das plantas, podendo-se assim corrigir deficiências já presentes na cultura com maior eficiência do que em aplicação em cobertura (LOPES, 1999). Já Malavolta; Kliemann (1985) afirmam que,

devido à dificuldade na translocação de B pelo floema, sua aplicação no solo é muito eficiente, pois, além de elevar o teor do elemento na folha mais rapidamente, possui, ainda, efeito mais duradouro em relação à adubação foliar, que necessita ser feita por diversas vezes.

Silva et al. (2006) avaliaram a influência da aplicação via foliar de B na época do florescimento do feijoeiro, e observara que a aplicação de B via foliar não afetou os componentes da produção nem a produtividade. Sendo que a aplicação de B via foliar melhorou a qualidade fisiológica das sementes, aumentando seu vigor.

Já Reis et al. (2008), avaliaram o efeito da aplicação de doses de B em cobertura ou via foliar na produção e qualidade fisiológica de sementes do feijoeiro e observaram que os componentes da produção do feijoeiro não foram afetados pelo modo de aplicação ou pela dose de B utilizada. E que doses acima de 500 g ha⁻¹ de B via foliar reduziram a produtividade.

2.4 EFEITO DO BORO NA INIBIÇÃO OU ESTIMULAÇÃO DE MACRO E MICRO NUTRIENTES

Um elemento pode estimular ou inibir a absorção de outros e as interações entre nutrientes interferem na composição mineral das plantas (MARSCHNER, 2012). Essas interações podem ser determinadas, levando em consideração o crescimento das plantas e os teores de nutrientes no tecido vegetal (FAGERIA et al., 1996).

O H₃BO₃, que é absorvida com maior frequência. Geralmente apenas uma fração do B aplicado no solo permanece na solução do solo, disponível para as plantas absorverem, consequentemente a outra fração sofre o processo de lixiviação. Alguns atributos do solo como a granulometria e a composição mineralógica podem afetar a disponibilidade de B, neste sentido os solos arenosos são mais suscetíveis a lixiviação do que os argilosos (SÁ et al., 2016).

Em diversos casos onde ocorre sintomas aparentes de deficiência de K nas culturas, pode estar correlacionada com a deficiência de B, devido a absorção de K aumentar com a presença de B (POWER; WOODS, 1997). Contudo a deficiência de B pode ser comumente confundida com as de outros nutrientes principalmente com a de K e P (YAMADA, 2000). E com sua deficiência não ocorre o crescimento de novas raízes e de brotações (WIMMER et al., 2013) e a atividade da enzima ATPase fica ineficiente (SILVEIRA, 2019). Na atividade da nitrogenase, a massa dos nódulos e a capacidade de fixação de N₂ em leguminosas são comprometidas. (GUIMARÃES et al., 2023).

A ausência ou toxicidade do B nos vegetais desencadeia vários danos em seus processos fisiológicos como: divisão celular, absorção de nutrientes de P e K, crescimento do tubo polínico, síntese, translocação e metabolismo de carboidratos (SILVEIRA, 2019). Salienta-se que o menor teor de P na parte aérea, nas maiores doses de B, pode ser atribuído ao desbalanço nutricional ocasionado pelo antagonismo entre o B e o macronutriente, descrito por PEIXOTO; CARVALHO (1996). A permeabilidade das membranas celulares das folhas ao K⁺, sob condições de deficiência de B, aumentou em resposta a uma exposição à luz e o sombreamento reduz os sintomas de deficiência de B. É bastante possível que o B possa exercer alguma influência sobre a atividade de canais iônicos na membrana plasmática (GUIMARÃES et al, 2023).

O B junto ao Ca, outro nutriente essencial às plantas, participam na formação, funcionamento e resistência celular. O B aumenta o metabolismo do Ca, e a eficiência de sua função nas plantas, sendo fundamental ao sistema reprodutivo das plantas, florescimento, produção e viabilidade dos pôlens, polinização, produção de sementes, e de frutos saudáveis, desempenhando um papel muito importante no bom funcionamento das membranas celulares, controlando o transporte de K para as células dos estômatos, que regulam o balanço hídrico interno das plantas. Regulando a movimentação de açúcares através das membranas celulares (NUEVO, 2019).

Desempenha papel fundamental no crescimento e alongamento das raízes primárias e laterais, gerando uma melhor absorção de água e nutrientes pelas raízes. Importante na translocação de açúcares e carboidratos, e na manutenção do equilíbrio dos mesmos, sendo essencial para a divisão celular, metabolismo de nitrogênio e formação de proteínas, fazendo parte do RNA e DNA (MALAVOLTA, 2006), aumentando a disponibilidade de N às plantas (NUEVO, 2019). Antagonismos com outros nutrientes, altos níveis de Ca no solo ou na solução nutritiva reduzirão a absorção de B. Assim, uma menor utilização do Ca devido à carência de B levaria a um excesso desse nutriente, imobilizado como oxalato de cálcio, e a uma redução no conteúdo de pectato de cálcio da lamela média (MORAES et al., 2002). No entanto, o B tende a formar uma ligação mais forte que o Ca na estrutura da parede celular (TEASDALE; RICHARDS, 1990) sendo que maiores doses de B podem diminuir o acúmulo de Ca nos tecidos. Em casos de toxicidade de boro, altas aplicações de cálcio solúvel reduzirão os efeitos tóxicos do B.

Aplicações de altas taxas de K e N em situações em que o B já se encontra limitante ou marginal, pode diminuir ainda mais a absorção de B e consequentemente a produção.

Aplicações elevadas de Zn podem reduzir o acúmulo de B, enquanto aplicações elevadas de P podem aumentar o acúmulo de B, o estresse em condições de deficiência de Nitrogênio, consequentemente diminui o vigor vegetativo das plantas, afetando a absorção de níveis adequados de outros nutrientes essenciais às plantas (NUEVO, 2019).

Souza et al., (2011), em seu estudo sobre a calagem e a adubação boratada na produção do feijoeiro, avaliaram os efeitos da aplicação de calcário e o B nos atributos químicos de um Latossolo, estado nutricional e produtividade da cultura do feijoeiro. Os autores observaram que a interação da calagem com a adubação boratada proporcionou um maior acúmulo de Ca, Mg e B nas plantas. Demonstrando que o feijoeiro é uma cultura bastante responsiva a calagem e a adubação boratada, os mais elevados índices de produção foram atingidos com a utilização da dose de 1,8 kg ha⁻¹ de B com doses crescentes de calcário (CORIOLETTI et al., 2021).

3. MATERIAL E METÓDOS

3.1. TIPO DE PESQUISA E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

A pesquisa de campo foi conduzida na Unidade Experimental, Arthur Wesley Archibald da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO. As coordenadas geográficas do local de instalação são 16°17'40.6.''S 48°56'11.2.''O, com altitude média de 1.017 m ao nível do mar. A temperatura média anual varia de mínima de 19°C e máxima de 28°C e as precipitações média anual de 1.586 mm.

O solo do local é classificado como LATOSOLO VERMELHO (SANTOS et al., 2014), de textura argilosa, de acordo com a análise de solo com o percentual de 42,1% de areia, 40,6% de argila e 17,3% de silte. A Tabela 1 apresenta o resultado da análise de solo do local da realização do experimento antes da instalação.

TABELA 1 – Análise química do solo na camada de 0,00-0,20 m de profundidade na Fazenda Escola da UniEVANGÉLICA, Anápolis-GO, 2024.

Prof.	Argila	Silte	Areia	M.O.	V	pH	P(Mehl)	K	T	Ca	Mg	H+Al	Al
cm	-----	% -----			(CaCl ₂)	--- mg dm ⁻³ ---			----- cmol _c dm ⁻³ -----				
00-20	40,6	17,3	42,1	1,66	53,78	5,50	3,57	57	9,95	3,60	1,60	4,60	0,00
<hr/>													
	S	B	Cu	Fe	Zn	Mn							
cm	-----	-----	-----	-----	-----	-----	mg dm ⁻³ -----						
00-20	3,31	0,41	2,4	57	2,6	23,1							
<hr/>													

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, para a interpretação da análise de solo a saturação por bases (V%) é considerada alta a capacidade de troca catiônica (T) é adequada, a acidez do solo (pH) foi considerada adequado. Os teores nutricionais apresentados por Ca, Mg e matéria orgânica, foram considerados adequado, adequado e baixo respectivamente. O teor de K foi considerado baixo e P considerado muito baixo (SOUZA; LOBATO, 2004). Já para os micronutrientes estes foram considerados para B, Zn, Cu, Fe e Mn como médio, alto, alto, alto e alto respectivamente (PRESOTTI; GARÇONI, 2013).

3.2. DELINEAMENTO E CONDUÇÃO EXPERIMENTAL

Na execução do experimento foram utilizadas sementes de feijão do cultivar BRS Pérola desenvolvido pela Embrapa®, sementes de feijão com capacidade produtiva média de 2.400 kg ha⁻¹ de rendimento de grãos, sendo recomendado para a região. A fonte de boro utilizada é o boráx (11,4%). A área onde foi implantado o experimento havia sido cultivada anteriormente com a cultura do milho, sendo realizada a dessecação com glifosato na dosagem de 4,0 L ha⁻¹ para posterior plantio direto do feijão.

Conforme análise do solo e demanda nutricional da cultura foi estabelecida a adubação de plantio, sendo utilizado 400 kg ha⁻¹ de 05-25-15. A semeadura e adubação de plantio foram realizadas no dia 15 de março de 2024, onde utilizou-se uma plantadeira de cinco linhas adotando o espaçamento de 0,65 m entre linhas. Foram semeadas dez sem m⁻¹ linear, com uma população final de 154.000 plantas por ha.

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições, cada repetição com cinco linhas de plantio. Os tratamentos foram assim divididos: T1 – testemunha (sem aplicação de B); T2 – B na dessecação (150 g ha⁻¹ de B via solo); T3 – B na dessecação (75 g ha⁻¹ via solo) + 75 g ha⁻¹ via foliar em V4; T4 – B foliar (150g ha⁻¹ em V4 e 150g ha⁻¹ em R5).

De acordo com a análise do solo e a demanda nutricional da cultura foi estabelecido a dose de N em cobertura de 60 kg ha⁻¹. A adubação de cobertura foi realizada no dia 05 de abril de 2024, onde foram realizadas as primeiras aplicações de ureia (45% N) no estágio V4. Foi utilizado o herbicida Podium EW® (Fenoxaprope-P-Etilico) na dosagem de 0,75 L ha⁻¹ na pós-emergência. Aos cinco, 13 e 17 após a emergência (DAE) foi utilizado o inseticida Decis25 EC® (Deltametrina), na dosagem de 120 ml ha⁻¹, a fim de controlar a incidência de vaquinha (*Diabrotica speciosa* e *Cerotoma arcuata tingomariana*).



FIGURA 1 - Planta do feijão aos 28 dias após a emergência (DAE) na Unidade Experimental, UniEVANGÉLICA, no município de Anápolis, Goiás

Foram utilizados como parâmetros de avaliações a altura da planta (m) (AP), e o diâmetro de caule (DC) em mm. A AP e DC foram avaliados em dois momentos, após a 1^a aplicação de cobertura e no florescimento pleno (R6). A AP (m) foi avaliada com o auxílio de uma trena, foi medida da base (solo) até o ápice da planta (inserção da última folha). O DC (mm) foi avaliado com o auxílio de um paquímetro, medido acima do nível do solo no segundo nó do colmo. Também foi avaliada a massa verde (g) (MV) no florescimento pleno (R6).

Para a avaliação da composição mineral da folha, as amostras de folhas foram coletadas na floração plena, segundo Malavolta et al. (1997) que recomenda a coleta de folhas no início do florescimento, a coleta da folha recém-madura mais alta (30 folhas ha^{-1}). As amostras foram lavadas em água corrente e posteriormente colocadas em sacos de papel.

As amostras de folhas foram devidamente identificadas e encaminhadas para serem analisadas em Laboratório de Análises de Foliar, seguindo a metodologia proposta Silva et al. (2009). As folhas foram colocadas para secar em estufa a 70 °C, durante 72 h; após este período, as amostras foram trituradas em moinho tipo Wiley e acondicionadas para posterior análise. As amostras das folhas diagnosticadas foram submetidas a digestão sulfúrica, para determinação de N e nítrico-perclórica, com vistas à determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn (MALAVOLTA et al., 1997).

A colheita foi realizada aos 95 DAE, no ponto de colheita. Os componentes da produtividade de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos, foram determinados na maturação. Com exceção da massa de 100 grãos, os componentes da produtividade de grãos foram avaliados em 10 plantas

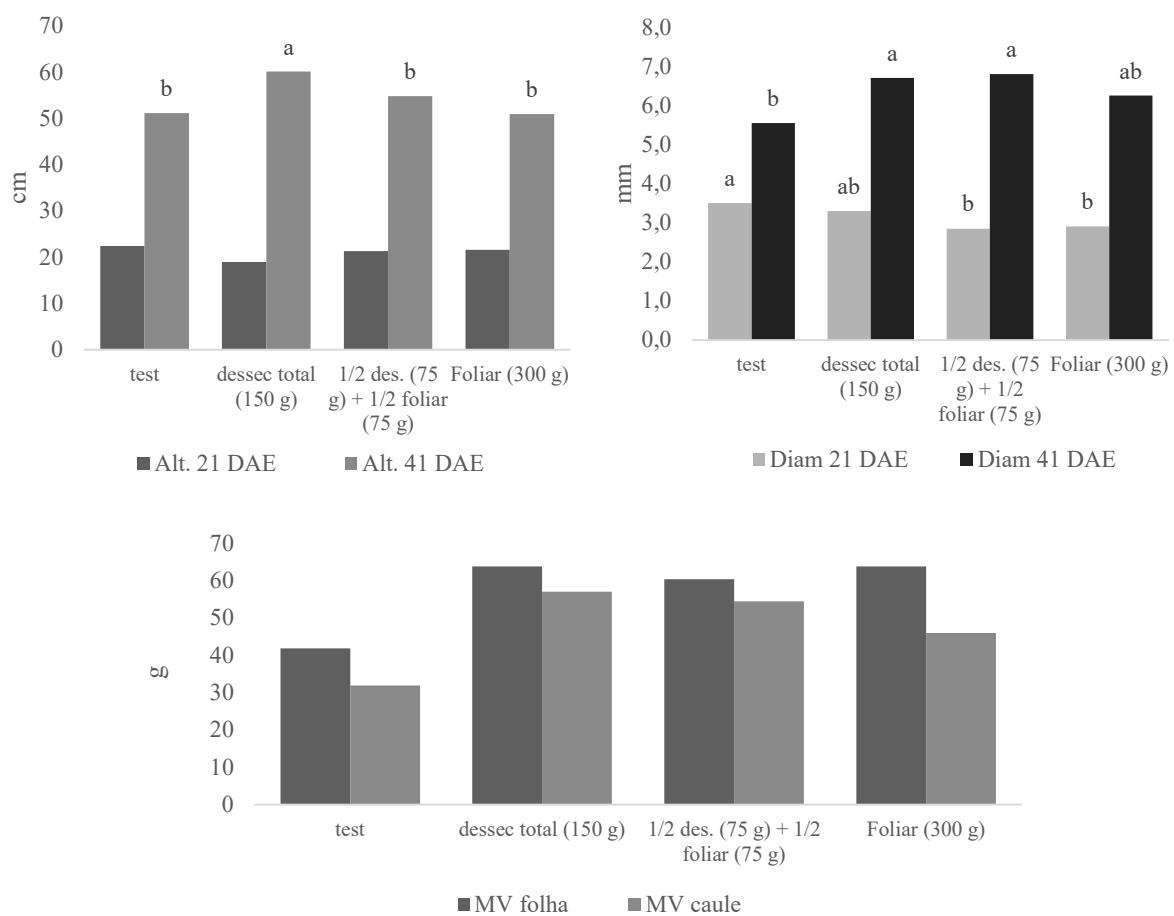
colhidas ao acaso na área útil da parcela. As demais plantas da parcela útil foram colhidas manualmente na maturação e trilhadas sem o uso de máquinas e de equipamentos agrícolas. Após a remoção manual das impurezas e dos grãos quebrados, os grãos obtidos foram secos até umidade média de 13%, quando se determinaram a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos (kg ha^{-1})

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando ocorreram diferenças significativas, identificadas pelo teste F ($P<0,05$), se aplicou o teste de médias de Tukey, utilizando-se programa estatístico Sisvar, versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ALTURA, DIÂMETRO E MASSA VERDE

Na Figura 2 encontra-se os resultados obtidos para a altura e diâmetro de plantas de feijão, aos 21 e 41 dias após a emergência (DAE), realizados para avaliar o desenvolvimento morfológico da planta de acordo com as doses e épocas de aplicação do B. Observa-se que não ocorre diferença estatística para a altura de plantas aos 21 DAE, sendo que as plantas apresentavam desenvolvimento uniforme. O que pode estar relacionado ao suprimento do nutriente pelo solo, visto que o B ($0,41 \text{ mg dm}^{-3}$) se encontra dentro da faixa considerada adequada, atendendo a demanda nutricional da planta nessa fase.



*letras iguais sob as colunas dentro de cada tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Colunas sem letras, não apresentam diferença estatística entre os tratamentos.

FIGURA 2 – Altura, diâmetro de plantas e massa verde de feijão aos 21 e 41 dias após a emergência (DAE), de acordo com as doses (g ha^{-1}) e épocas de aplicação de boro (B), na Unidade Experimental, UniEVANGÉLICA, Anápolis, Goiás

Aos 41 DAE (em R6), o tratamento que recebeu o B na dessecação apresentou maior altura final de plantas (60 cm). A colheita mecanizada necessita de plantas com altura superior a 50 cm, e porte ereto (SIMONE et al., 1992), sendo que todos os tratamentos atingiram esse valor mínimo. Segundo Wendland (2014), o hábito de crescimento do tipo II, possui altura de aproximadamente 70 cm e pode ser realizado com colheita mecânica.

O tratamento com B na dessecação resultou em plantas mais altas devido à possível melhor assimilação inicial do boro pelas plantas. Durante a dessecação, a aplicação de boro pode ter favorecido o início do desenvolvimento radicular, melhorando a absorção de água e nutrientes, promovendo um crescimento inicial vigoroso. Isso está alinhado com a literatura que destaca o papel do boro na formação de tecidos condutores e divisão celular.

Dantas (2021), Silva et al. (2017) e Mayer et al. (2023), trabalharam as variáveis morfológicas de diâmetro e altura de planta no feijoeiro em diferentes épocas de adubação borratada e não observaram diferenças estatísticas para altura de plantas.

Esses resultados não corroboram o observado neste trabalho, visto que a aplicação do B na dessecação (150 g ha^{-1}) promoveu melhor desempenho das plantas, mesmo com o aumento da dosagem na aplicação foliar (300 g ha^{-1}). De acordo com Ferrari; Boiago (2022), o B é essencial para o crescimento das plantas. O teor de B no solo, que foi repassado às plantas durante a condução deste trabalho, interferiu diretamente no crescimento, além de outras variáveis analisadas. O B é um elemento de baixa mobilidade nas plantas, e sua presença tem relação direta com o desenvolvimento vegetativo.

Já para o diâmetro de caule observou-se que não ocorre um tratamento com melhor desempenho absoluto frente aos demais (Figura 2), mas os tratamentos com aplicação foliar apresentaram pior desempenho aos 21 DAE, novamente destaca-se que o teor de B inicial do solo pode justificar o desempenho da testemunha nessa avaliação. Já aos 41 DAE os tratamentos que receberam aplicação de B se destacaram frente a testemunha, mas foram estatisticamente iguais. Destaca-se que o tratamento com o dobro da dose foliar (300 g ha^{-1}) não apresentou melhor desempenho, sendo estatisticamente igual a testemunha.

Silva Junior et al. (2015) trabalhando com doses e época de aplicação de B no feijão, observaram que para o diâmetro e o número de grãos apresentaram diferença significativa. Lima (2019) trabalhando com fornecimento de B em dois anos, não observou efeito das doses e fontes de B sobre as variáveis altura de planta e diâmetro de caule.

Reis et al. (2008) destacam que pode ocorrer efeito negativo da aplicação foliar de B devido à fitotoxicidade provocada por elevadas doses de B ou pela queima das folhas provocada pela alta concentração de B na calda de pulverização, mesmo com parcelamento da dose. O que pode justificar o desempenho abaixo do esperado para o tratamento com maior dosagem no desenvolvimento morfológico da planta (Figura 2).

A Figura 2 apresenta também o acúmulo de massa verde na folha e caule do feijoeiro. Não ocorre diferenças estatísticas entre as épocas e doses de B aplicados entre os tratamentos, mesmo com acúmulo de massa da testemunha menor, aproximadamente 30%, em relação aos demais tratamentos.

4.2. TEOR E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DO BORO

A adubação com B nas diferentes épocas e dosagens de aplicação influenciou o acúmulo de nutrientes no feijoeiro. Não ocorre um padrão de maior acúmulo frente aos tratamentos avaliados (Tabela 2). O acúmulo de nutrientes foliar no feijoeiro segue a seguinte ordem para os macronutrientes: N > K > Ca > Mg > P e para os micronutrientes: Fe > Mn > Zn > B > Cu. Segundo Malavolta et al. (1979), as exigências obedecem a seguinte ordem decrescente: macronutrientes - K > N > Ca > Mg > S > P e micronutrientes - Fe > B > Mn > Zn > Cu > Mo.

Os teores médios obtidos nas amostras (Tabela 2) foram comparados com os valores apresentados na Tabela 3, e observa-se que para o N todos os tratamentos estão em excesso; para o P a aplicação foliar apresentou-se em excesso, sendo os demais dentro da faixa adequada; para o K, o tratamento com aplicação na dessecção e foliar apresentou deficiência; para o Ca e o Mg, todos os tratamentos se encontram dentro da faixa adequada. Para os micronutrientes, o B e o Cu apresentaram deficiência em todos os tratamentos, Fe e Zn estão dentro da faixa adequada e para o Mn, apenas a testemunha se encontra dentro da faixa adequado, sendo os demais tratamentos deficientes.

Observa-se que as aplicações de B não influenciaram o acúmulo de N (Tabela 2), este fato pode estar associado a fixação biológica do N (FBN). Carpina et al. (2000) buscaram evidenciar o papel do B na FBN, e concluíram que altos suprimentos de B podem induzir a mobilização do nutriente nas raízes, além de que as maiores concentrações de B são observadas nos nódulos das plantas e podem contribuir para uma baixa atividade da nitrogenase. O B é necessário para: (a) a manutenção da parede celular do nódulo e da estrutura da membrana tanto em nódulos indeterminados quanto determinados; (b) processos de infecção rizobiana e invasão

de células nodulares; (c) desenvolvimento do simbiosoma e maturação bacteroide; e (d) sinalização inicial planta-bactéria (Bolaños et al. 2002).

TABELA 2 – Teor e acúmulo de nutrientes em feijoeiro, de acordo com as doses (g ha^{-1}) e épocas de aplicação de boro (B), na Unidade Experimental, UniEVANGÉLICA, Anápolis, Goiás

Tratamentos	N		P		K		Ca		Mg	
					g Kg^{-1}					
Testemunha	49,22	a	2,72	b	22,00	a	14,62	b	6,42	a
Dessec. total (150 g)	45,00	d	2,72	b	22,05	a	17,52	a	5,92	b
1/2 dessec. (75 g) + 1/2 foliar (75 g)	46,22	c	2,72	b	18,82	b	14,82	b	6,02	b
Foliar (300 g)	48,62	b	4,02	a	22,02	a	14,22	c	5,52	c
Teste F	0,000	**	0,000	**	0,000	**	0,000	**	0,000	**
CV (%)	0,36		5,60		0,8		1,12		2,86	
Tratamentos	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
					mg Kg^{-1}					
Testemunha	20,02	b	8,02	a	162,00	a	40,00	a	26,00	a
Dessec. total (150 g)	21,02	a	7,02	b	118,00	d	29,00	b	26,00	a
1/2 dessec. (75 g) + 1/2 foliar (75 g)	19,02	c	7,02	b	135,00	c	28,00	c	25,00	b
Foliar (300 g)	20,02	b	8,02	a	149,00	b	25,00	d	26,00	a
Teste F	0,000	**	0,000	**	0,000	**	0,000	**	0,000	**
CV (%)	0,85		2,27		0,12		0,56		0,66	

*médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. N – nitrogênio; P – Fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; B – boro; Cu – cobre; Fe – ferro; Mn – manganês; Zn – zinco.

Para interpretação dos resultados da análise foliar foram utilizadas as concentrações adequadas para a cultura do feijão, aplicando a metodologia das faixas de suficiência, conforme disposto na Tabela 3.

Tabela 3. Classes de interpretação para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn, obtidos pela análise foliar do feijoeiro, pelas faixas de suficiência

N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g Kg^{-1}					mg Kg^{-1}				
30-50	2,0-3,0	20-25	15-20	4,0-7,0	30-60	10-20	100-450	30-300	20-100

N – nitrogênio; P – Fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; B – boro; Cu – cobre; Fe – ferro; Mn – manganês; Zn – zinco.

Fonte: Ambrosano et al., 1996; Malavolta et al., 1997.

Já o P apresentou maior acúmulo para o tratamento foliar (300 g ha^{-1}), podendo ser apresentada uma possível correlação positiva entre a absorção de P e altas aplicações de B na

folha. Já o tratamento testemunha, sem aplicação de B, apresentou desempenho estatístico elevado para o acúmulo de K, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn. Sendo que para o Mg, Fe e Mn foi o melhor tratamento observado. Este fato destaca que não ocorre influência do B na absorção demais nutrientes na planta.

Uma das vantagens de se trabalhar com dados de acúmulo de nutrientes na planta é que o resultado encontrado representa a situação real do elemento presente no tecido vegetal. Afinal, o acúmulo leva em consideração a produção de massa seca da planta, de forma que efeitos de concentração ou diluição não afetarão os resultados (SOUZA et al. 2011).

Altas concentrações foliares podem causar queima de folhas devido à formação de cristais na superfície ou ao excesso absorvido que perturba processos osmóticos e metabólicos. Isso explica a menor eficiência do tratamento de 300 g ha⁻¹. O excesso de B no solo resulta em prejuízo de crescimento e alteração do metabolismo vegetal, causando necrose progressiva em folhas, caules e malformações dos frutos. (BOSCHIERO;2024).

4.3. PRODUTIVIDADE

Na Tabela 4 são apresentados os componentes de produtividade do feijoeiro. Observa-se que o número de vagens por planta diferiu estatisticamente entre a testemunha e os demais tratamentos com B. Dentro das doses de B aplicadas, não ocorre diferença entre os tratamentos.

Tabela 4. Número de vagens por planta, peso de grãos por planta e produtividade em função da adubação com diferentes dosagens e épocas de boro na cultura do feijoeiro, Anápolis – GO

Tratamentos	N. Vagens pl ⁻¹		Peso de grãos planta ⁻¹		Produtividade ha ⁻¹	
	-	g	-	Kg ha ⁻¹	-	**
Testemunha	13,62	b	22,12	b	2.765,32	b
Dessec. total (150 g)	19,43	a	28,19	b	3.534,87	b
1/2 dessec. (75 g) + 1/2 foliar (75 g)	20,12	a	38,25	a	4.797,72	a
Foliar (300 g)	21,02	a	38,08	a	4.784,87	a
Teste F	0,000	**	0,000	**	0,000	**
CV (%)	24,82		33,12		32,75	

*médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelos testes de tukey a 5% de probabilidade.

A aplicação foliar de B na cultura do feijoeiro é importante para que o desenvolvimento das flores e vagens não seja comprometido, Konno (2002) destaca que uma possível deficiência desse elemento em tais estádios, resultaria não somente em sintomas visuais de anormalidade

como também apresentaria modificações nas funções normais na atividade de formação das vagens.

Reis et al. (2008) constataram que a aplicação foliar de B na cultura do feijoeiro, em estádio reprodutivo, influenciou na retenção das vagens, e contribuiu de forma significativa na produtividade. Já Silveira et al. (2015), reforçam o efeito positivo do B em virtude do aumento no número de vagens e grãos por vagens, aumentando consequentemente a produção.

Para o peso de grãos por planta, verifica-se que ocorre influência significativa em diferentes doses de B, sendo que a aplicação parcelada (150 g ha^{-1}) e a aplicação foliar (300 g ha^{-1}) apresentaram o melhor desempenho. Esses dados diferem dos obtidos por Silva et al. (2006), que ao estudarem os efeitos da aplicação foliar de B e Ca no feijoeiro, não observaram diferenças significativas entre os tratamentos para o peso de grãos.

Para a produtividade, houve diferenças significativas entre os tratamentos com diferentes dosagens e épocas de aplicação do B, indicando um aumento de produtividade com a aplicações foliares. Observa-se novamente que não ocorre diferenças estatísticas entre a aplicação parcelada (150 g ha^{-1}) e a aplicação foliar (300 g ha^{-1}), destaca-se que a menor dose de B na aplicação parcelada ainda apresentou um desempenho, proporcionalmente, melhor que a aplicação foliar com a maior dosagem. O que evidencia que o aumento da dose de B acima dos níveis recomendados para a cultura não reflete em aumento da produtividade.

A aplicação parcelada permite um fornecimento gradual de boro, coincidindo com as fases de maior demanda do feijoeiro, como germinação e florescimento. Isso reduz o risco de fitotoxicidade e aumenta a eficiência de absorção. A aplicação parcelada reduz oscilações na disponibilidade do nutriente, favorecendo a continuidade desses processos.

A produtividade observada neste trabalho está acima das médias apresentadas para a região, o que pode estar associado ao aumento no número de vagens por planta e peso de grãos por planta, que são os principais componentes de produção, tal resultado assemelha-se ao de Marubayashi et al. (1994), que teve um aumento nesses componentes e consequentemente na produtividade. Fageria et al. (2015) afirmam que o incremento no rendimento de grãos do feijão comum através da adubação bórica é atribuído pelas funções que o elemento mineral executa na planta, como na germinação de grãos de polén, crescimento do tubo polínico e formação de sementes.

Tais resultados contradizem os observados por Silva et al. (2006) no feijão, onde estes não obtiveram diferença significativa para os componentes de produção e também para a produtividade referente às diferentes doses de B aplicada via foliar. Similarmente, Vieira; Pinto

(2002), também não encontraram efeito significativo na produtividade de grãos com aplicação de B.

Em contradição, Castagnel; Silva (2009) avaliaram a resposta da cultura do feijoeiro à adubação foliar com B em duas épocas de aplicação (R5 e R6) e observaram efeito positivo do B sobre a produtividade. Já Flores et al. (2018), notaram que o desempenho do feijoeiro submetido a diferentes fontes e doses de B, notaram influência significativa na produtividade da cultura. Esses resultados afirmam a importância da nutrição adequada no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses e épocas de aplicação de boro nos parâmetros morfológicos, acúmulo de nutrientes foliar e produtividade do feijoeiro. Observou-se que a aplicação parcelada (150 g ha^{-1}) na fase V4 promoveu a maior produtividade, enquanto a aplicação foliar (300 g ha^{-1}) em V4 e R5 não resultou em aumento proporcional da produtividade.

O acúmulo foliar de macronutrientes seguiu a ordem N > K > Ca > Mg > P e, para micronutrientes, Fe > Mn > Zn > B > Cu. O boro influenciou positivamente a absorção de fósforo, porém não afetou outros nutrientes. Concluindo que aumentos na dose de boro acima do recomendado para a cultura não refletem em ganhos de produtividade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRODEFESA. Agência goiana de defesa agropecuária. **Dia do feijão: Goiás se destaca na produção devido ao trabalho de sanidade vegetal desenvolvido no estado.** Goiás, 2023

ALVES, F. R.; ALVES, R. R.; PINHEIRO, DA C. P.; DAMIN, V., MARTINS, A. E.; DE OLIVEIRA, A. K.; CARDOSO, D. M. **Grain yield of Phaseolus vulgaris in a function of application of boron in soil.** Journal of soil science and plant nutrition, 2018. v. 18, n. 1, 144-156 p.

BARROS, J. **Fertilidade do solo e Nutrição de plantas.** Évora, 2020. 33 p.

BIGGAR, J. W.; FIREMAN, M. **Boron adsorption and release by soils.** Madison: Soil Science Society of America Journal, 1960. v. 24, n. 2, 115-120 p.

BOLAÑOS, L.; REDONDO-NIETO, M.; EL-HAMDAOUI, A.; BONILLA, I. **Interaction of Boron and Calcium in the Rhizobium-Legume N 2-Fixing Symbiosis.** Boron in Plant and Animal Nutrition, 2002. 255-260 p.

BOSCHIERO, BEATRIZ NASTARO.; **Boro nas plantas: funções, sintomas e causas da deficiência e toxidez;** AGRO-ADVANCE; 2024.

CAKMAK, I.; ROMHELD, V. **Prejuízos das funções celulares das plantas induzidos pela deficiência de boro.** Alemanha: Planta e Solo, 1997. v. 193, n. 1, 71-83 p.

CARPENA, R. O.; ESTEBAN, E.; SARRO, M. J.; PEÑALOSA, J.; GÁRATE, A.; LUCENA, J. J.; ZORNOZA, P. **Boron and calcium distribution in nitrogen-fixing pea plants.** Plant Science, 2000. v. 151, n. 2, 163-170 p.

CARVAHO, M. C. S. **Cultivo do feijão:** micronutrientes. Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão, 2023.

CARVALHO, C. I. F. S.; LIMA, A. M. N.; LOBO, J. T.; MUDO, L. E. D.; SANTOS, A. S. **Estenoespermocarpia em frutos de mangueira e a relação com a nutrição de boro.** Meio ambiente (Brasil), 2020. 11 p.

CARVALHO, M. C. S.; SILVEIRA, P. M. **Cultivo do feijão:** adubação. Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão, 2023.

CARVALHO, S. M.; HOHMANN, C. L.; CARVALHO, A. O. **Pragas do feijoeiro no Estado do Paraná; manual para identificação no campo.** Londrina: IAPAR, 1982. 41 p.

COHEN, M. S.; LEPPER, R. **Efeito do boro no alongamento e divisão celular em raízes de abóbora.** Oxônia: Fisiologia vegetal, 1977. v. 59, n. 5, 884-887 p.

CORIOLETTI N. S. D.; CORIOLETTI S.; SILVA V. L. **Influência da adubação bórica na cultura do feijoeiro.** Scientific Electronic Archives, 2021 v. 14, n. 5, 89–98 p.

COSTA, L. F. D. S.; CUNHA, A. H. N.; FERREIRA, E. D. M.; BRASIL, E. P. F.; FERREIRA, E. P. D. B. **Aplicação de boro em feijoeiro e aspectos microbiológicos do solo.** Anápolis: Revista Mirante, 2014. v. 7, n. 2, 157-167 p.

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

DA SILVEIRA, P. M.; MESQUITA, M. A. M.; DA CUNHA, P. C. R. (2015). **Adubação Foliar no Feijoeiro:** Revisão de Literatura: documentos, 2015. n. 307.

DANTAS, L. R. **Desempenho agronômico do feijão-comum fertirrigado com boro e zinco.** trabalho de conclusão de curso, instituto federal goiano – campus rio verde 2021.

DANTAS, J.P.; BERGAMIN F °, H.; MALAVOLTA, E.; **Estudos sobre a nutrição mineral do feijão macassar. I. Deficiências minerais.** An. E.S.A. "Luiz de Queiroz", no prelo; V. XXXVI, 1979.; 1979.

DANTAS, J.P.; BERGAMIN F °, H.; MALAVOLTA, E.; **ESTUDOS SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL DO FEIJÃO MACASSAR, (*Vigna sinensis (L.) ENDL.*) - IV. EXIGÊNCIAS DE MACRO E MICRONUTRIENTES;** V. XXXVI, 1979.

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

EMBRAPA, **Origem e história do feijoeiro comum e do arroz.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão, 2000.

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

FAGERIA, N. K., STONE, L. F., SANTOS, A. B., CARVALHO, M. C. S. **Nutrição mineral do feijoeiro.** Brasília: Embrapa, 2015. 394 p.

FAGERIA, N. K.; DE OLIVEIRA, I. P.; DUTRA, L. G. **Deficiências nutricionais na cultura do feijoeiro e suas correções.** Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1996. 40 p.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; DOS SANTOS, A. B.; CARVALHO, M. D. **Nutrição mineral do feijoeiro.** Brasília: Embrapa, 2015. 394 p.

FERRARI, J. C.; BOIAGO, N. P. **Diferentes doses via foliar do micronutriente boro na cultura da soja.** Cscavel: Revista Cultivando o Saber, 2022. v. 15, 163-171 p.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. **Cultivo do feijão: boro.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão, 2023.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; SARMENTO, P. H. L. **Suplementos Químicos Agrícolas na Cultura do Feijoeiro.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão, 2022. 16 p.

IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatística. **IBGE prevê safra de 298,3 milhões de toneladas para 2024.** Rio de janeiro, 2024.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade.** Tradução: Suzana Oellers Ferreira, 2007. 24 p.

KONNO, Santiago. **Boron sources, speciation and its potential impact on health**
LEAL, R. M.; PRADO, R. de M. **Desordens nutricionais no feijoeiro por deficiência de macronutrientes, boro e zinco.** Pernambuco: Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 2008 v. 3, n. 4, 301-306 p.

LIMA, F. G. S. **Desempenho produtivo do feijoeiro comum sob diferentes doses e fontes de boro em duas safras.** trabalho de conclusão de curso, instituto federal goiano - campus ceres. 2019.

LOPES, A. S. **Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agronômica.** São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1999. 70 p.

LOUÉ, A. **Micronutrients in agriculture.** Antibes, 1993.

LUKASZEWSKI, K. M.; BLEVINS, D. G. **A inibição do crescimento radicular em abóbora com deficiência de boro ou estressada com alumínio pode ser resultado de comprometimento do metabolismo do ascorbato.** Oxônia: Fisiologia vegetal, 1996. v. 112, n. 3, 1135-1140 p.

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

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. **Desordens nutricionais no cerrado.** Piracicaba: Potafós, 1985. 136 p.

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

MARUBAYASHI, O. M.; PEDROSO, P. A. C.; VITTI, G. C.; COSTA, W. M. **Efeito de fontes e formas de aplicação de boro e zinco na cultura do cafeeiro.** São Paulo: Científica, 1994. v. 22, n. 2, 289-99 p.

MATOS, R. R. S. S.; LINHARES, S. C.; LOPES, J. M. Ciências agrárias: debates emblemáticos e situação perene: **Boro e zinco via foliar e seus efeitos nas plantas e sementes de feijoeiro.** 1 ed. Ponta Grossa: Atena, 2023. 204 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Princípios de nutrição vegetal.** 4. ed. Suiça: Instituto Internacional de Potassa, 1987. 687 p.

MEYER, B.; ANDERSON, D.; BOHNING, R.; FRATIANNE, D. **Introdução à fisiologia vegetal**. 2 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1983. 710 p.

MORAES, D. M. A.; BELTRATI, C. M.; PEDRAS, J. F. **Alterações morfológicas no caule de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L. cv. Carioca*) causadas por diferentes níveis de boro, na solução nutritiva**. Cuiabá: Revista de Agricultura, 1998. v. 73, 183-200 p.

NUEVO, F. **Importância do micronutriente boro(B) na nutrição vegetal do morangueiro**. Joinville, 2019. 9 p.

OLIVEIRA, I.; ARAÚJO, R. S.; DUTRA, L. G. **Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio**. Piracicaba: Potafós, 1996. 221 p.

OLIVEIRA, L. F. C.; OLIVEIRA, M. G. C.; WENDLAND, A.; HEINEMANN, A. B.; GUIMARÃES, C. M.; FERREIRA, E. P. B.; QUINTELA, E. D.; BARBOSA, F. R.; CARVALHO, M. C. S.; JUNIOR, M. L.; SILVEIRA, P. M.; SILVA, S. C. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão, 2018. 64 p.

PICANÇO, M. C.; GONRING, A. H. R., OLIVEIRA, I. D. **Manejo integrado de pragas**. Viçosa: UFV, 2010. 146 p.

POMPEU, A. S. **Feijão: fatores de produção e qualidade**: Melhoramento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*). Campinas: Fundação Cargill, 1987. 28 p.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Unesp, 2010. 408 p.

PREZOTTI, LUIZ E GUARÇONI, ANDRÉ; **Guia de interpretação de análise de solo**; 2013; INCAPER; Vitória, ES; p.43.

Proc. Rev. Environ, 2012. 236-248 p.

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

ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da potassa e do Fosfato, 1987. 93 p.

SANGIOVO, J. P.; CARVALHO, I. R.; HUTRA, D. J.; LORO, M. V.; PRADEBON, L. C.; SCHMIDT, A. L. **Correlação linear aplicada a seleção de germoplasma de Feijão oriundo de diferentes regiões**. Panambi: Salão do Conhecimento, 2021 v. 7, n. 7.

SANTINI, J. M. K.; BUZZETTI, S.; GALINDO, F. S.; NOGUEIRA, L. M. ; FILHO, M. C. M. T.; ALVES, C. J. **adubação boratada na cultura da soja em área de cerrado**; xxxv congresso brasileiro de ciência do solo; Natal-RN; São Paulo. 4 p.; 2015.

SANTOS, G. M.; SILVA, A.; FABIAN, A. J.; BERNARDINI, M.; BATISTA, A. N. G.; PRATA A. J. C.; SILVA, I. R. **Adubação foliar com cálcio e boro e a produtividade de feijão**. EnPE, 2021 v. 8, n. 1, 5 p.

SILVA, M. S.; OLIVEIRA, G. R. F.; BOSSOLANI, J. W.; PROENÇA, S. L.; SOARES, D. A.; ROCHA, E. N.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; SÁ, M. E. **Fertilização nitrogenada e boratada associada à inoculação com *Bacillus subtilis* no desempenho agronômico do feijoeiro.** Campinas: Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas, 2017. v. 11, n. 2, 116-124 p.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E. **O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro.** 1. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e feijão, 2013. 61 p.

SILVA, T. R. B.; SORATTO, R. P.; BÍSCARO, T.; LEMOS, L. B. Aplicação foliar de boro e cálcio NO FEIJOEIRO. **Científica**, V. 34, N. 1, P. 46-52, 2006.

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

SIMONE, M. de; FAILDE, V.; GARCIA, S.; PANADERO, P.C. **Adaptación de variedades y líneas de judías secas (*Phaseolus vulgaris* L.) a la recolección mecanica directa** Salta: INTA, 1992. 5 p.

SOUZA, D. M. F. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção de solo e adubaçao.** Brasília: Embrapa informação e tecnologia, 2004. 2 ed 416 p.

SOUZA, H. A. D.; HERNANDES, A.; ROMUALDO, L. M.; ROZANE, D. E.; NATALE, W.; BARBOSA, J. C. **Folha diagnóstica para avaliação do estado nutricional do feijoeiro.** Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2011. 15, 1243-1250 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal** Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TEIXEIRA, I. R., ANDRADE, M. D., CARVALHO, J. D., MORAIS, A. D., CORRÊA, J. B. D. **Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio.** Ciência e Agrotecnologia, 2000. v. 24, n. 399-408 p.

TOMICIOLI, R. M.; LEAL, F. T.; COELHO, A. P. **Limitação da produtividade pela deficiência de boro nas culturas da soja, milho, feijão e café.** South American Sciences. Brasil, 2020. v. 2, n. 1, p. e21100.

VIEIRA, C. O. **Memórias de meio século de estudos sobre a cultura do feijão.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004, 214 p.

VIEIRA, R. F.; PINTO, C. M. F. **Yield of beans in response to chemical foliar applications at flowering stage.** Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, East Lansing 2002, v. 45,188-189 p.

VIEW, FIELD. The Climate Corporation. **Aprenda como fazer o preparo de solo para plantio.** São Paulo, 2023.

VOSE, P. B. **Differences in plant nutrition.** Herbage Abstracts, 1963. v. 33,1-13 p.

WENDLAND, A.; DIDONET, A. D.; MORAES, A. C.; SARTORATO, A.; GONZAGA, A. C. O.; SEIJAS, C. A. R.; ... PORTES, T. A. **O produtor pergunta, a Embrapa responde: 500 perguntas 500 respostas feijão.** Brasília, 2014. Ed. 2, 17-252 p.

WENDLAND, A.; LOBO, M.; FARIA, J. C. **Manual de identificação das principais doenças do feijoeiro-comum.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2018. 52 p.

XAVIER, C.; NATALE, W. Influência do boro no teor, acúmulo e eficiência nutricional em porta-enxertos de caramboleira. Pernambuco: Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 2017. v. 12, n. 1, 6-13 p.

XAVIER, C.; NATALE, W. **Influência do boro no teor, acúmulo e eficiência nutricional em porta-enxertos de caramboleira.** Pernambuco: Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 2017 v. 12, n. 1,6-13 p.

YAMADA, T. **Síndrome das raízes atrofiadas.** Piracicaba, 2016.