



MARCO TÚLIO PIVA

**EFICIÊNCIA DE DIFERENTES FONTES DE BORO
NO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO
CAFEIEIRO**

**LAVRAS – MG
2024**

MARCO TÚLIO PIVA

**EFICIÊNCIA DE DIFERENTES FONTES DE BORO NO CRESCIMENTO E
PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte
das exigências do Curso de Agronomia, para a
obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira
Orientador

Antônio Henrique Fonseca de Carvalho
Coorientador

**LAVRAS – MG
2024**

MARCO TÚLIO PIVA

**EFICIÊNCIA DE DIFERENTES FONTES DE BORO NO CRESCIMENTO E
PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO**

**EFFICIENCY OF DIFFERENT BORON SOURCES ON THE GROWTH AND
PRODUCTIVITY OF COFFEE PLANTS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte
das exigências do Curso de Agronomia, para a
obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira
Orientador

Antônio Henrique Fonseca de Carvalho
Coorientador

LAVRAS – MG

2024

RESUMO

Na agricultura em geral, a adubação com micronutrientes é muito negligenciada, sendo que na cafeicultura isso não é diferente. Exemplificando isso, o micronutriente boro é um elemento de extrema importância em processos metabólicos, e seu fornecimento contribui em vários aspectos positivos à cultura, porém pouco se sabe sobre a eficiência das fontes utilizadas. Nesse contexto, objetivou-se com o experimento, avaliar a eficiência de diferentes fontes de boro sobre o crescimento e a produtividade do cafeeiro. O experimento foi instalado na Fazenda Córrego Fundo, no município de Coqueiral-MG, com a variedade Catuaí 62, em delineamento de blocos casualizados completos (DBC), com 7 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos pelo controle (sem aplicação), três fontes realizadas via solo: 60 kg/ha de ulexita acidulada (6 kg/ha de B), 40 kg/ha de tetraborato de sódio (6 kg/ha de B) e 85 Kg/ha de mega bor®, tetraborato de sódio pentahidratado e hidroxissulfato de magnésio (6 kg/ha de B), e três variáveis feitas via folha, divididas em 3 aplicações, com o total de: 3 l/ha da solução ComplexBor®, ácido bórico complexado (16,45 g/ha de B), 6 l/ha de Boro 10 plus®, suspensão aquosa de borato sódico (780 g/ha de B) e 36 kg/ha de ácido bórico (6 kg/ha de B). As parcelas eram constituídas de linhas duplas espaçadas em 3,8 metros, por cinco metros de comprimento, contendo 10 plantas, totalizando 38m². As aplicações foram feitas nos dias 28/11/2023, 20/12/2023 e 15/01/2024, sendo os via solos feitos junto à primeira foliar. Foi realizada amostragem de solo e de folhas, determinado o crescimento vegetativo, número de nós e de folhas no dia 10/04/2024. Foi realizada a colheita e determinada a produtividade de grãos, peneira 17 acima, renda, rendimento e maturação dos tratamentos. Os resultados de crescimento vegetativo e produtividade não deram diferença significativa, com exceção do número de nós. Conclui-se que os tratamentos não obtiveram diferenças estatísticas devido o teor de boro no solo já estar em níveis médios, por se tratar de uma cultura perene devem ser efetuadas novas avaliações nas próximas safras.

Palavras-chave: Adubação; cafeicultura; metabolismo vegetal; boro.

ABSTRACT

In agriculture in general, micronutrient fertilization is often neglected, and coffee cultivation is no exception. To illustrate this, boron, a micronutrient, is an element of utmost importance in metabolic processes, and its application contributes to various positive aspects of the crop. However, little is known about the efficiency of the sources used. In this context, the experiment aimed to evaluate the efficiency of different boron sources on the growth and productivity of coffee plants. The experiment was conducted at Fazenda Córrego Fundo, in the municipality of Coqueiral-MG, using the Catuaí 62 variety, in a randomized complete block design (RCBD), with 7 treatments and 4 repetitions. The treatments included a control (no application), three soil-applied sources: 60 kg/ha of acidulated ulexite (6 kg/ha of B), 40 kg/ha of sodium tetraborate (6 kg/ha of B), and 85 kg/ha of Mega Bor®, pentahydrated sodium tetraborate and magnesium hydroxysulfate (6 kg/ha of B), and three foliar-applied variables, divided into three applications, totaling: 3 L/ha of ComplexBor® solution, complexed boric acid (16.45 g/ha of B), 6 L/ha of Boron 10 Plus®, aqueous suspension of sodium borate (780 g/ha of B), and 36 kg/ha of boric acid (6 kg/ha of B). The plots consisted of double rows spaced 3.8 meters apart, with five meters in length, containing 10 plants, totaling 38 m². The applications were made on 11/28/2023, 12/20/2023, and 01/15/2024, with the soil applications being made alongside the first foliar application. Soil and leaf sampling were carried out, and vegetative growth, number of nodes, and leaves were determined on 04/10/2024. The harvest was performed, and grain productivity, sieve 17 above, yield, income, and maturation of the treatments were determined. The results of vegetative growth and productivity showed no significant difference, except for the number of nodes. It was concluded that the treatments did not show statistical differences because the boron content in the soil was already at medium levels. Since coffee is a perennial crop, further evaluations should be conducted in the following harvests.

Keywords: Fertilization; coffee cultivation; plant metabolism; boron.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produtividade e porcentagem de frutos verdes, secos e maduros em função de fontes de B.....	23
Figura 2 – Peneira 17 acima, densidade e renda.	23
Figura 3 – Comprimento de ramo e número de nós em função das fontes e forma de aplicação de B.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos manejos utilizados em cada tratamento. Coqueiral-MG, 2024..	21
Tabela 2 – Coeficientes de variação das variáveis analisadas.....	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1	Dinâmica do boro no solo.....	10
2.2	Boro na fisiologia do cafeeiro	12
2.3	Ulexita	15
2.4	Ácido Bórico	16
2.5	Tetraborato, Boro 10 Plus®, Complex Bor® e Mega Bor®	17
3	METODOLOGIA.....	20
3.1	Delineamento Experimental e Tratamentos	20
3.2	Avaliações	21
3.2.1	Produtividade.....	21
3.2.2	Crescimento Vegetativo	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5	CONCLUSÃO.....	25
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1 INTRODUÇÃO

A cultura do café tem grande relevância socioeconômica, sendo uma das bebidas mais consumidas do mundo. O Brasil é o maior produtor mundial de café, com Minas Gerais destacando-se como o estado líder na produção nacional. Apenas em Minas Gerais, o volume a ser colhido foi de aproximadamente 29 milhões de sacas, aumento de 32,1% em comparação ao volume total colhido na safra anterior (CONAB, 2023). Para 2024, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), os produtores brasileiros de café deverão colher 58,81 milhões de sacas beneficiadas, confirmando o terceiro ano seguido de crescimento no volume total a ser colhido.

A disponibilidade de boro (B) é vital para a saúde e produtividade do cafeeiro, influenciando diretamente a concentração desse micronutriente nos tecidos vegetais. Quantidades inadequadas, sejam elas deficientes ou excessivas, causam deformações e clorose nas folhas, principalmente nas mais jovens, indicando estresse nutricional. O boro é essencial para a formação e estabilidade da parede celular, além de ser crucial para a divisão celular e o crescimento dos ápices radiculares. Ele também é necessário para o funcionamento do complexo de Golgi e a síntese de pectinas, componentes fundamentais da parede celular.

A deficiência de boro pode resultar em espessamento anormal da parede celular, morte dos ápices das raízes e necrose dos tecidos do câmbio, prejudicando a absorção de água e nutrientes e, assim, comprometendo a produtividade da planta. Além disso, o boro é crucial para a reprodução do cafeeiro, sendo indispensável para o desenvolvimento dos grãos de pólen e o crescimento do tubo polínico, processos essenciais para a fertilização e a formação de frutos (Ribeiro *et al.*, 2017; Santinato *et al.*, 2017a; 2017b; Venturin *et al.*, 2018a; 2018b; Tomicioli *et al.*, 2021; Honda Filho, 2023).

Portanto, o manejo da fertilização com boro é um aspecto crucial na produção de café, exigindo monitoramento e ajustes cuidadosos de acordo com as necessidades das plantas e as condições do solo. Tanto a deficiência quanto o excesso de boro podem ser prejudiciais, sendo este último potencialmente tóxico. Para garantir uma nutrição equilibrada, o uso de análises de solo e foliar é fundamental para determinar os níveis adequados de boro e ajustar as práticas de manejo (Guimarães; Reis, 2010; Ribeiro *et al.*, 2017; Santinato *et al.*, 2017a; 2017b; Venturin *et al.*, 2018a; 2018b; Honda Filho, 2023). E a análise de produtividade, geralmente medida em sacas por hectare, é complementada

por avaliações de parâmetros agronômicos, como a qualidade do solo e a nutrição das plantas. Diversos estudos, como Ribeiro *et al.* (2017), Santinato *et al.* (2017a; 2017b) e Venturin *et al.* (2018a; 2018b), destacam a influência positiva da adequada nutrição com boro na produtividade do cafeeiro, evidenciando aumentos significativos na produtividade quando o micronutriente é fornecido em níveis adequados.

As principais fontes de boro incluem minerais como a ulexita, kernita, bórax, e colemanita, que são extraídos de depósitos naturais em várias partes do mundo. Esses minerais são processados para produzir compostos de boro como ácido bórico e boratos, amplamente utilizados em fertilizantes agrícolas. No contexto da agricultura, produtos comerciais como boro 10 Plus®, complex bor®, mega bor®, ácido bórico, borax e tetraborato são comumente empregados para corrigir deficiências de boro nas culturas. Esses fertilizantes são formulados para serem altamente solúveis e facilmente absorvidos pelas plantas, podendo ser aplicados tanto via solo quanto foliar, conforme a necessidade específica da cultura e as condições de cultivo.

Assim, a compreensão de como essas fontes afetam a absorção e utilização do boro pelas plantas é essencial para otimizar as práticas de manejo nutricional, visando maximizar a produtividade e a qualidade do café. No entanto, apesar de alguns estudos, ainda existe uma lacuna de conhecimento sobre a eficiência das diferentes fontes de boro disponíveis no mercado (Tomicioli *et al.*, 2021).

Diante desse contexto, o presente trabalho objetivo avaliar a eficiência de diferentes fontes de boro, como ulexita acidulada, tetraborato de sódio, ácido bórico complexado (complexbor®), borato de sódio (boro 10 plus®), ácido bórico e tetraborato de sódio pentahidratado + hidroxissulfato de magnésio (mega bor®), sobre o crescimento e a produtividade do cafeeiro. Esses insumos foram aplicados em diferentes dosagens e métodos, tanto via solo quanto foliar, buscando identificar qual fonte proporciona melhor disponibilidade do nutriente e, conseqüentemente, maior produtividade e qualidade dos grãos. No entanto, antes da implementação do experimento, foi realizada uma adubação com ulexita pelo produtor, que não estava no plano original do estudo. Esta adubação pode ter influenciado os resultados, devido à correção prévia dos níveis de boro no solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Dinâmica do boro no solo

O boro é um micronutriente essencial para o crescimento das plantas, desempenhando papéis cruciais em processos fisiológicos como divisão celular, formação de estruturas reprodutivas e síntese de pectinas na parede celular, o que é vital para a estabilidade estrutural das células vegetais (Tomicioli *et al.*, 2021). Sua disponibilidade no solo é influenciada por diversos fatores, incluindo pH, textura do solo e presença de matéria orgânica (Honda Filho, 2023).

No solo, o boro está principalmente na forma de ácido bórico (H_3BO_3) e íons borato ($B(OH)_4^-$), com a predominância de uma forma sobre a outra dependendo do pH. Em solos ácidos ou neutros, o ácido bórico é mais comum, enquanto em solos alcalinos, os íons borato se tornam mais prevalentes. Essa variação é crucial para a absorção do nutriente pelas raízes, pois diferentes formas têm diferentes disponibilidades para as plantas (Ribeiro *et al.*, 2017; Santinato *et al.*, 2017a; 2017b; Venturin *et al.*, 2018a; 2018b).

A textura do solo também influencia a dinâmica do boro. Solos arenosos, com baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, estão mais sujeitos à lixiviação rápida de boro. Em contraste, solos argilosos, com maior capacidade de troca catiônica, podem reter o boro por mais tempo, aumentando sua disponibilidade para as plantas. A matéria orgânica no solo pode formar complexos com o boro, aumentando sua retenção e disponibilidade (Tomicioli *et al.*, 2021).

A aplicação de boro é uma prática comum para ajustar deficiências nutricionais nas plantas, utilizando diversas fontes. Entre essas fontes estão minerais como ulexita, kernita, bórax e colemanita, extraídos de depósitos naturais ao redor do mundo. Esses minerais são processados para criar compostos de boro, como ácido bórico e boratos, que são amplamente usados em fertilizantes. No setor agrícola, produtos comerciais como Boro 10 Plus®, Complex Bor®, Mega Bor®, ácido bórico, bórax e tetraborato de sódio são frequentemente utilizados para suprir a falta de boro nas culturas (Tomicioli *et al.*, 2021).

O ácido bórico, uma fonte eficaz de boro devido à sua alta solubilidade, é geralmente aplicado no início do período chuvoso, quando as condições são mais favoráveis para a absorção pelas raízes. As doses recomendadas variam, mas estudos

sugerem que 10 a 20 kg/ha de ácido bórico podem ser eficazes em solos deficientes (Santinato *et al.*, 2017a; 2017b; Venturin *et al.*, 2018a; 2018b). Além disso, a aplicação foliar é uma estratégia alternativa para suprir as necessidades nutricionais, especialmente em condições de absorção radicular limitada, como em solos compactados ou durante estresses hídricos, facilitando a rápida assimilação do boro pelas folhas (Ribeiro *et al.*, 2016; Ribeiro *et al.*, 2017).

O clima tropical do Brasil, caracterizado por alta precipitação, intensifica a lixiviação de nutrientes como o boro, especialmente em solos arenosos com baixa capacidade de troca de cátions (Coelho *et al.*, 2023). A ocorrência de solos ácidos no Brasil também agrava a deficiência de boro, pois a acidez reduz a adsorção de boro nos minerais do solo, aumentando a lixiviação e diminuindo a disponibilidade do nutriente para as plantas. Em solos alcalinos, o boro tende a se ligar mais fortemente ao cálcio, também reduzindo sua disponibilidade (Fernandes *et al.*, 2012). Práticas agrícolas como o uso de fertilizantes acidificantes podem exacerbar esse problema, necessitando de correções de pH, como a calagem, para melhorar a adsorção de boro (Silva, 2019; Tomicioli *et al.*, 2021).

A análise química do solo é essencial para avaliar a disponibilidade de boro e outros nutrientes. A interpretação desses resultados guia a aplicação de fertilizantes e corretivos, garantindo o fornecimento adequado de nutrientes às plantas. A diagnose foliar complementa a análise do solo, identificando deficiências ou excessos nutricionais (Carvalho *et al.*, 2010; Fernandes *et al.*, 2012; Wimmer; Eichert, 2013; Tomicioli *et al.*, 2021).

A variabilidade na disponibilidade de boro é influenciada por práticas de manejo, como rotação de culturas e adubação, que podem melhorar a estrutura do solo e aumentar a matéria orgânica, facilitando a retenção de boro. A adubação adequada, incluindo micronutrientes, é fundamental para garantir o crescimento saudável das plantas e a produtividade das culturas (DaMatta *et al.*, 2018; Ronchi *et al.*, 2015).

No cultivo de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), a deficiência de boro pode causar clorose em folhas novas, necrose, morte de gemas terminais e queda de flores, reduzindo a produtividade. Monitorar os níveis de boro no solo e implementar práticas de manejo adequadas são essenciais para manter a saúde e a produtividade das lavouras de café (Reis *et al.*, 2013; Santinato *et al.*, 2017).

2.2 Boro na fisiologia do cafeeiro

A disponibilidade de boro (B) é essencial para a saúde e produtividade do cafeeiro, influenciando diretamente as concentrações desse micronutriente nos tecidos vegetais. Níveis inadequados de boro, sejam eles muito baixos ou elevados, resultam em sintomas visíveis nas folhas, como deformações e clorose, que são indicativos de estresse nutricional. Esses sintomas são particularmente evidentes nas folhas jovens, que são mais sensíveis à deficiência de B (Ono *et al.*, 1992; 1993; 1994; Malavolta *et al.*, 1997; Reis *et al.*, 2013; Santinato *et al.*, 2017a; 2017b). A literatura indica que a faixa crítica de teores de boro no solo para o cafeeiro varia entre 1,0 e 2,0 mg/dm³, sendo que concentrações abaixo desse nível podem limitar a produtividade das plantas (Ribeiro *et al.*, 2017; Santinato *et al.*, 2017a; 2017b; Venturin *et al.*, 2018a; 2018b).

O boro é um dos micronutrientes mais críticos para o desenvolvimento do cafeeiro. A deficiência desse nutriente pode causar uma série de problemas fisiológicos, como baixo crescimento apical e encurtamento dos nós, resultando em plantas menos vigorosas e com menor capacidade de produção de frutos. Esses efeitos são especialmente prejudiciais durante a fase de florescimento e frutificação, quando a demanda por B é elevada (Guimarães; Reis, 2010; Reis *et al.*, 2013).

O papel do boro na fisiologia do cafeeiro inclui a participação na formação e estabilidade da parede celular, essencial para o desenvolvimento normal das células vegetais (Jezler, 2016; Marschner, 2012). Jezler (2016) destaca que o boro é crucial para o funcionamento adequado do complexo de Golgi e para a síntese de pectinas, componente chave da parede celular. A deficiência de boro pode levar ao espessamento irregular da parede celular, comprometendo a integridade estrutural das células e afetando o crescimento da planta.

Além disso, o boro desempenha um papel vital na divisão celular e no alongamento dos ápices radiculares. A falta de boro pode levar à morte dos ápices das raízes, comprometendo a absorção de água e nutrientes, o que foi observado por Mengel e Kirkby (1979). Além disso, a deficiência de boro pode causar necrose dos tecidos do câmbio, uma área crucial para o crescimento secundário da planta, conforme destacado por Martinez *et al.* (2003). Esses efeitos são particularmente problemáticos em sistemas de cultivo intensivo, onde a demanda por nutrientes é elevada.

Estudos recentes indicam que a adequada nutrição com boro é crucial para a

eficiência reprodutiva do cafeeiro. A deficiência de boro pode resultar em baixa frutificação e abortamento de flores, problemas que limitam significativamente a produtividade. Isso ocorre porque o boro é essencial para o desenvolvimento dos grãos de pólen e para o crescimento do tubo polínico, processos críticos para a fertilização e formação de frutos (Guimarães; Reis, 2010).

A deficiência de boro no cafeeiro também está associada a anomalias na formação das sementes, o que pode afetar a qualidade do café produzido. Uma nutrição deficiente com boro pode levar à formação de sementes mal desenvolvidas ou inviáveis, impactando negativamente a qualidade e o rendimento do produto final. A qualidade das sementes é um fator crucial para a indústria do café, onde características como o tamanho e a uniformidade são altamente valorizadas (Jezler, 2016; Venturin *et al.*, 2018a; 2018b).

A interação do boro com outros nutrientes também é um aspecto importante na fisiologia do cafeeiro. Por exemplo, a presença adequada de boro pode melhorar a absorção de outros micronutrientes, como o zinco e o cobre, que também são essenciais para o crescimento e a produtividade da planta. A relação entre boro e cálcio é particularmente importante, já que ambos os nutrientes são essenciais para a estabilidade da parede celular e para a integridade estrutural das células vegetais (Guimarães; Reis, 2010; Fonseca *et al.*, 2022).

Outro papel fundamental do boro é sua participação na regulação do metabolismo de carboidratos, o que é crucial para o desenvolvimento da planta e a formação de frutos. A deficiência de boro pode levar a um acúmulo anormal de açúcares solúveis, resultando em sintomas como o engrossamento das folhas e a deformação dos frutos. Esses sintomas são frequentemente exacerbados em condições de estresse ambiental, como seca ou altas temperaturas, que podem aumentar a demanda da planta por boro (Jezler, 2016; Tomicioli *et al.*, 2021).

O boro está envolvido no transporte de açúcares, proteínas e outros nutrientes dentro da planta. Ele ajuda na mobilização de cálcio, que é vital para a integridade celular e a formação de frutos. A deficiência de boro pode comprometer a eficiência do transporte de nutrientes, resultando em um crescimento deficiente e na formação de frutos de baixa qualidade. A ativação do transporte de açúcares é especialmente importante durante o desenvolvimento dos frutos, onde a acumulação de açúcares é crucial para a qualidade e o sabor do café (Ribeiro *et al.*, 2016; Ribeiro *et al.*, 2017).

Portanto, o manejo da fertilização com boro é um aspecto crucial na produção de

café, exigindo monitoramento e ajustes cuidadosos de acordo com as necessidades das plantas e as condições do solo. Tanto a deficiência quanto o excesso de boro podem ser prejudiciais, sendo este último potencialmente tóxico. Para garantir uma nutrição equilibrada, o uso de análises de solo e foliar é fundamental para determinar os níveis adequados de boro e ajustar as práticas de manejo (Guimarães; Reis, 2010; Santinato *et al.*, 2017a; 2017b; Venturin *et al.*, 2018a; 2018b).

A análise foliar é uma ferramenta importante para monitorar os níveis de boro nas plantas. No caso do cafeeiro, o teor foliar adequado de boro varia entre 40 a 80 mg/kg. Concentrações abaixo dessa faixa podem limitar a produção, e a interpretação dos resultados, juntamente com a análise do solo, guia as decisões sobre a aplicação de fertilizantes e corretivos. Isso assegura que as plantas recebam os nutrientes necessários em quantidades adequadas (Mesquita *et al.*, 2016; Tomicioli *et al.*, 2021; Honda Filho, 2023).

A análise de produtividade em culturas agrícolas, como o café, geralmente envolve a medição da quantidade de produto colhido por unidade de área, como sacas por hectare. Essa análise é complementada por avaliações de parâmetros agrônômicos, incluindo a qualidade do solo, a nutrição das plantas e a identificação de deficiências nutricionais (Flores *et al.*, 2018).

Diversos estudos demonstraram a influência do boro na produtividade do cafeeiro. Fernandes *et al.* (2012) investigaram o impacto de diferentes fontes de boro, aplicadas de forma parcelada ou única, em Araguari/MG, e observaram um aumento na produtividade entre 28% e 59%, dependendo das fontes e doses utilizadas. Venturin *et al.* (2018a) também relataram que a aplicação parcelada de boro resultou em um aumento de 18% na produtividade em comparação com a testemunha, e Venturin *et al.* (2018b) um acréscimo de 16% de produtividade, ressaltando a importância do fornecimento adequado desse micronutriente.

A importância de analisar a produtividade e parâmetros como a análise foliar está na capacidade de diagnosticar a nutrição das plantas e identificar deficiências ou excessos nutricionais. A análise foliar fornece dados precisos sobre os teores de nutrientes nas plantas, permitindo ajustes no manejo da adubação e contribuindo para a maximização da produtividade e qualidade das culturas. Além disso, a análise do solo e a interpretação dos resultados são essenciais para garantir que as plantas recebam os nutrientes necessários de maneira eficiente, evitando desperdícios e degradação do solo (Flores *et*

al., 2018; Rabelo, 2015; Marschner, 2012; Jazler, 2016; Honda Filho, 2023).

2.3 Ulexita

Ulexita é um mineral de boro que possui a fórmula química $\text{NaCaB}_5\text{O}_6(\text{OH})_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Sua extração ocorre principalmente em depósitos evaporíticos, localizados em regiões áridas, como desertos, onde a água evaporou e abandonou minerais ricos em boro (Tomicioli *et al.*, 2021; Gambalunga *et al.*, 2023).

Na cultura do café, a Ulexita é importante por ser uma fonte de boro, sua eficiência como fonte de boro depende da sua solubilidade e disponibilidade para as plantas, que é geralmente moderada, tornando-se uma opção eficaz para liberar boro de maneira gradual, evitando toxicidade por excesso do micronutriente (Santinato *et al.*, 2017a; 2017b)

A Ulexita pode ser aplicada ao solo em pó ou granulada, sendo incorporada no solo ou dissolvida em água para aplicação via irrigação. A forma de aplicação deve ser determinada com base em análises de solo e necessidades específicas da cultura, garantindo que as plantas recebam o boro de forma eficiente e segura, evitando tanto a deficiência quanto o excesso desse nutriente (Barbier *et al.*, 2017; Santinato *et al.*, 2017a).

No Espírito Santo do Pinhal, SP foi conduzido um estudo em uma lavoura de Catuaí Amarelo IAC 62, onde a análise inicial do solo indicou $0,5 \text{ mg/dm}^3$ de boro. Foram aplicadas doses de Ulexita (10% de B) de 1,5 kg/ha e 3,0 kg/ha. No primeiro ano, os tratamentos com Ulexita mostraram um teor residual de boro no solo maior em comparação ao controle, especialmente em um ano de menor precipitação, sugerindo uma possível baixa solubilidade da Ulexita. Além disso, as plantas tratadas com 3,0 kg/ha de boro produziram mais frutos por planta e tiveram maior produtividade de grãos beneficiados em comparação aos tratamentos controle, apesar de não haver diferenças significativas nos teores de boro nas folhas (Barbier *et al.*, 2017).

Cafeeiros em solos pobres em boro responderam positivamente à aplicação de ulexita, aumentando a produtividade, conforme destacado por Zabini *et al.* (2008). A dose ótima estimada foi de 3,94 kg/ha de boro, com doses maiores resultando em crescimento reduzido devido ao excesso do nutriente. Recomenda-se cuidado na aplicação, considerando o teor de boro no solo, a matéria orgânica, a textura do solo e o potencial produtivo da lavoura, sendo que doses entre 1 a 4 kg/ha de boro mantiveram teores

foliares adequados por até 180 dias.

2.4 Ácido Bórico

O ácido bórico é comumente extraído de minerais de boros como boráx ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) e kernita ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). O processo de extração envolve dissolver o mineral em água quente, seguido de acidificação com ácido sulfúrico para precipitar o ácido bórico. Sua fórmula química é H_3BO_3 (Tomicioli et al., 2021)

Ele é uma fonte de boro amplamente utilizada na agricultura, incluindo a cafeicultura, devido à sua solubilidade em água e eficácia na correção de deficiências de boro no solo. Sua forma de aplicação é variada, sendo a mais comum é a aplicação no solo, onde o ácido bórico é dissolvido em água e distribuído uniformemente. Também pode ser aplicado via foliar, onde uma solução diluída é pulverizada diretamente nas folhas das plantas, permitindo uma absorção rápida do nutriente. A dosagem deve ser cuidadosamente ajustada para evitar toxicidade, pois o excesso de boro pode ser prejudicial às plantas (Santinato *et al.*, 2017a).

Em experimento na Fazenda Sacramento, em Patos de Minas, MG, com teor inicial de B no solo de $0,7 \text{ mg/dm}^3$, foram aplicados $10,0 \text{ kg/ha}$ de ácido bórico (17% de B). Observou-se que o ácido bórico foi o fertilizante que mais reduziu o pH do solo, com valores permanecendo adequados (5 a 6 em água e 4,4 a 5,4 em CaCl_2). O ácido bórico resultou em teores de B no solo de $2,0 \text{ mg/dm}^3$ e foi a fonte que forneceu maior quantidade de B, apesar de ter promovido menor crescimento dos ramos e comprimento dos internódios (Santinato *et al.*, 2017a).

No experimento na Fazenda Sacramento foi observado que a aplicação de $10,0 \text{ kg/ha}$ de ácido bórico também reduziu o pH do solo e diminuiu o V%, afetando a calagem. O teor de B no solo foi de $2,0 \text{ mg/dm}^3$, inferior a outras fontes que atingiram $3,0 \text{ mg/dm}^3$ (Santinato *et al.*, 2017b)

Em Espírito Santo do Pinhal, SP, o ácido bórico foi aplicado nas doses de $1,5 \text{ kg/ha}$ e $3,0 \text{ kg/ha}$ de B. Não houve diferenças significativas nos teores de B nas folhas nos dois anos, com o ácido bórico apresentando teores residuais de B no solo significativamente menores em relação à Ulexita e menor produção de frutos (Barbier *et al.*, 2017).

Em Muzambinho, MG, o ácido bórico aplicado via foliar e via solo mostrou-se

mais eficiente que a testemunha, com a aplicação via solo sendo mais eficaz na manutenção dos teores de boro nas folhas (Pereira *et al.*, 2013).

Em Patos de Minas, MG, foi constatado que as aplicações foliares de ácido bórico (0,5%) aumentaram mais rapidamente os teores de B nas folhas em comparação com as aplicações via solo (20,0 kg/ha), especialmente em momentos de alta demanda, como pré e pós-florada (Santinato *et al.*, 2016).

2.5 Tetraborato, Boro 10 Plus®, Complex Bor® e Mega Bor®

O tetraborato de sódio é um composto químico formado por íons tetraborato, que é um ânion poliatômico com a fórmula química $[B_4O_7]^{2-}$. Esse íon é formado por quatro átomos de boro ligados a sete átomos de oxigênio. Ele é mais comumente encontrado como parte do sal chamado borato de sódio ou bórax, cuja fórmula química é $Na_2[B_4O_7] \cdot 10H_2O$, geralmente encontrado em forma de grânulos. O tetraborato, frequentemente aplicado na forma de bórax (tetraborato de sódio), é utilizado como fonte de boro na agricultura, incluindo na cultura do cafeeiro. Esta forma granulada facilita a aplicação uniforme no solo, permitindo uma dissolução controlada e a liberação gradual do boro, essencial para a correção de deficiências no cultivo de plantas, incluindo o cafeeiro. A forma granulada também ajuda a melhorar a aderência ao solo e a absorção do nutriente pelas raízes das plantas (Granubor, 2024).

O Granubor® foi avaliado como uma fonte de boro comparado a outros fertilizantes. Foi utilizado Granubor® (14,3% B) nas doses de 1,5 kg/ha e 3,0 kg/ha de B. Os resultados mostraram que os tratamentos com Granubor®, ácido Bórico e controle apresentaram um teor residual de boro no solo significativamente menor em comparação ao tratamento com ulexita. O tratamento com Granubor® a 1,5 kg B/ha gerou uma quantidade de frutos por planta superior aos outros tratamentos, enquanto as doses de 3,0 kg B/ha de Granubor® e ulexita também mostraram melhores resultados em termos de produção de frutos. Na safra de 2013-14, o Granubor® a 1,5 kg B/ha apresentou a maior produtividade, e na safra seguinte, tanto o Granubor® a 3,0 kg B/ha quanto o ulexita a 3,0 kg B/ha superaram os demais tratamentos. Isso sugere que o Granubor®, especialmente a 1,5 kg B/ha, oferece uma solubilidade e disponibilidade adequadas para a cultura do cafeeiro (Barbier *et al.*, 2017).

Um estudo comparando o Granubor® com outros fertilizantes, aplicando 2,0

kg/ha de Granubor® (14,3% de B). O estudo revelou que o Ácido Bórico e o Granubor® foram os fertilizantes que mais reduziram o pH do solo. Apesar da acidificação, os valores de pH permaneceram dentro da faixa adequada. O Granubor® foi o fertilizante que mais reduziu o V%, indicando uma acidificação mais pronunciada do que o Ácido Bórico. No entanto, tanto o Granubor® quanto a Ulexita não conseguiram aumentar os teores de boro no solo de forma significativa, permanecendo próximos a 1,3 mg/dm³ em comparação ao controle. Apesar disso, o Granubor® promoveu o maior comprimento dos ramos e dos internódios do cafeeiro, além de proporcionar o maior teor de boro nas folhas, evidenciando uma melhor absorção do micronutriente (Santinato *et al.*, 2017a).

Já os fertilizantes Boro 10 Plus®, Complex Bor® e Mega Bor® são fertilizantes à base de boro, desenvolvidos por empresas para corrigir deficiências desse micronutriente em diversas culturas, incluindo o cafeeiro. Esses produtos são formulados para proporcionar alta disponibilidade de boro às plantas, essencial para processos fisiológicos e bioquímicos cruciais para o desenvolvimento saudável (Multitécnica, 2021; FertAgro, 2024; Multitécnica, 2024).

A extração do boro para esses fertilizantes ocorre geralmente a partir de minerais como a ulexita, kernita ou bórax. Esses minerais são extraídos de depósitos naturais e submetidos a processos químicos que isolam os compostos de boro. Após a extração, o boro é processado e estabilizado em forma líquida, utilizando agentes complexantes para facilitar sua absorção pelas plantas. A fórmula química desses produtos pode variar ligeiramente dependendo do fabricante, mas normalmente inclui boro na forma de ácido bórico (H₃BO₃), boratos solúveis ou complexos de boro. O teor de boro disponível nestes produtos é frequentemente especificado no rótulo e geralmente varia entre 5% e 10%. O Mega Bor® (Tetraborato de sódio pentahidratado+ hidroxissulfato de magnésio) da Multitécnica, por exemplo, é composto por 1% K₂O, 4% Mg, 3% S e 7% B (Multitécnica, 2024).

No contexto da cultura do cafeeiro, esses fertilizantes são de extrema importância devido ao papel vital do boro na fisiologia da planta. A aplicação pode ser realizada tanto via foliar quanto via solo. A aplicação foliar é uma técnica eficaz para fornecer boro rapidamente às plantas, especialmente durante fases de alta demanda nutricional, como o florescimento e a frutificação. As dosagens recomendadas para aplicação foliar geralmente variam de 0,5 a 1,0 L/ha, dependendo das necessidades específicas da cultura e do estágio de crescimento (Pereira *et al.*, 2013; Santinato *et al.*, 2016).

Um experimento utilizando Boro 10 Plus® aplicada via foliar na concentração de 0,5%, comparando-o com outros fertilizantes comerciais. O Boro 10 Plus® se destacou por elevar significativamente o teor de boro nas folhas, alcançando um dos maiores níveis entre os fertilizantes testados. A aplicação via solo, por outro lado, oferece uma liberação mais contínua de boro, garantindo uma absorção constante ao longo do ciclo da planta. As dosagens para aplicação via solo são ajustadas com base em análises de solo e variam conforme as condições específicas da lavoura (Santinato *et al.*, 2016).

É importante observar as dosagens recomendadas para evitar a toxicidade, já que o excesso de boro pode ser prejudicial, causando sintomas como queimadura das folhas e outros estresses na planta. Além disso, recomenda-se verificar a compatibilidade desses fertilizantes com outros agroquímicos antes de realizar misturas, para prevenir interações indesejadas. A TecSeed (2024), por exemplo, recomenda para a cultura de café de 200 a 400 mL/100L e de 1 a 2 L/ha do Complex Bor®.

Assim, esses fertilizantes desempenham um papel essencial para garantir que o cafeeiro receba boro nas quantidades necessárias, favorecendo um crescimento robusto e assegurando uma produção de alta qualidade. Além disso, é fundamental avaliar a eficácia das diferentes fontes de boro disponíveis no mercado, pois, apesar das evidências fornecidas pelos estudos, ainda existem divergências e conclusões que precisam ser analisadas.

3 METODOLOGIA

O trabalho foi instalado na Fazenda Córrego Fundo, no município de Coqueiral-MG na região do Campo das Vertentes (latitude 21°11'28.80"S, longitude 45°24'57.83"O e altitude média de 905m). O talhão escolhido para as avaliações foi um plantio realizado no mês de janeiro de 2021, com mudas de café da cultivar “Topázio”. O espaçamento da lavoura é de 3,8 metros nas entrelinhas de plantio e de 0,5 metros entre as plantas, conduzido em sistema de sequeiro.

O talhão escolhido, possuía teores baixos de boro, eram eles: 0,18; 0,19; 0,15; 0,19 e 0,58 mg/dm³, nos anos de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023 respectivamente. Antes da implantação do experimento, o produtor realizou uma adubação via BR66®, na dosagem de 6,9kg de bora por hectare, uma fonte de boro de liberação lenta, para corrigir a deficiência da área. Esta adubação ocorreu um ano antes do início do estudo (2022) e pode ter afetado a disponibilidade inicial de boro no solo, visto que após a aplicação, em análise feita pela fazenda os teores de boro foram para 0,58 mg/dm³ em 2023, teores no nível médio (Alvarez, 1999).

3.1 Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), composto por quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por sete variáveis, entre elas o controle, sem a aplicação de boro, três aplicações via solo, em uma aplicação no dia 28/11/23 e três aplicações via foliar, feitas em três parcelamentos nos dias 28/11/23, 20/12/23 e 15/01/24 (Tabela 1). As parcelas foram constituídas por linhas duplas com 10 plantas cada, totalizando 38 m².

Tabela 1 – Descrição dos manejos utilizados em cada tratamento. Coqueiral-MG, 2024.

Tratamentos	Produto	Dose	Modo de aplicação	Dose de B	Parcelamento
T1	Ulexita 10%	60kg/ha	Solo	6kg/ha	1
T2	Tetraborato 15%	40kg/ha	Solo	6kg/ha	1
T3	ComplexBor	3L/ha	Foliar	16,45g/ha	3
T4	Boro 10 plus	6L/ha	Foliar	780g/ha	3
T5	Ácido Bórico	36kg/ha	Foliar	6kg/ha	3
T6	Testemunha				
T7	MEGA BOR 7%	85kg/ha	Solo	6kg/ha	1

Fonte: Do autor, 2024.

3.2 Avaliações

3.2.1 Produtividade

A colheita foi realizada com derrçadora motorizada, em seis plantas centrais de cada parcela. Após a abanação e medição de volume total, retirou-se uma amostra de três litros, foi contabilizada a porcentagem de frutos verdes, maduros e secos e posteriormente foi seca em terreiro até atingir 11,5% de umidade. Posteriormente, as amostras foram beneficiadas, pesadas e determinou-se a renda, refere-se à quantidade de café beneficiado (café verde ou café cru) que é obtido a partir de uma quantidade específica de café em coco (café não beneficiado), a densidade e o percentual de peneira 17, grãos com diâmetro maior que 17/64 de polegada. Ao extrapolar esses dados por hectare, foi calculada a produtividade de cada tratamento.

3.2.2 Crescimento Vegetativo

Ao implantar o experimento, foi instalado uma marcação com abraçadeira de nylon no último nó, nos ramos plagiotrópicos, localizado no terço médio da planta. Posteriormente, foi avaliado o comprimento do ramo, o número de nós e o número de folhas, sendo estes indicadores do crescimento vegetativo em cada tratamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no experimento demonstraram consistência de acordo com as análises de variância, sendo que frutos maduros, densidade, renda, comprimento de ramo e número de nós apresentaram coeficiente de variação abaixo de 20% (Tabela 2).

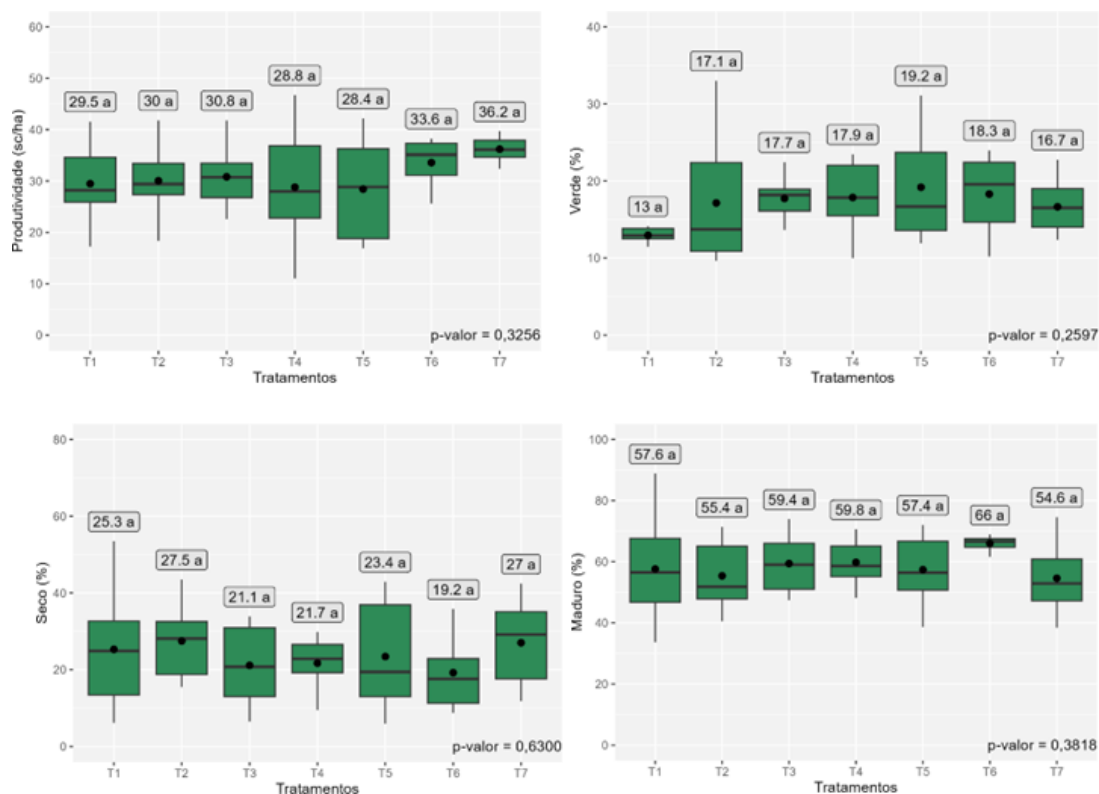
Tabela 2 – Coeficientes de variação das variáveis analisadas.

Análises	CV(%)
Produtividade	23,67
Frutos Verdes	28,61
Frutos Secos	43,83
Frutos Maduros	17,49
Peneira 17	42,89
Densidade	2,15
Renda	5,45
Comprimento de ramo	11,83
Número de nós	5,99

Fonte: Do autor, 2024.

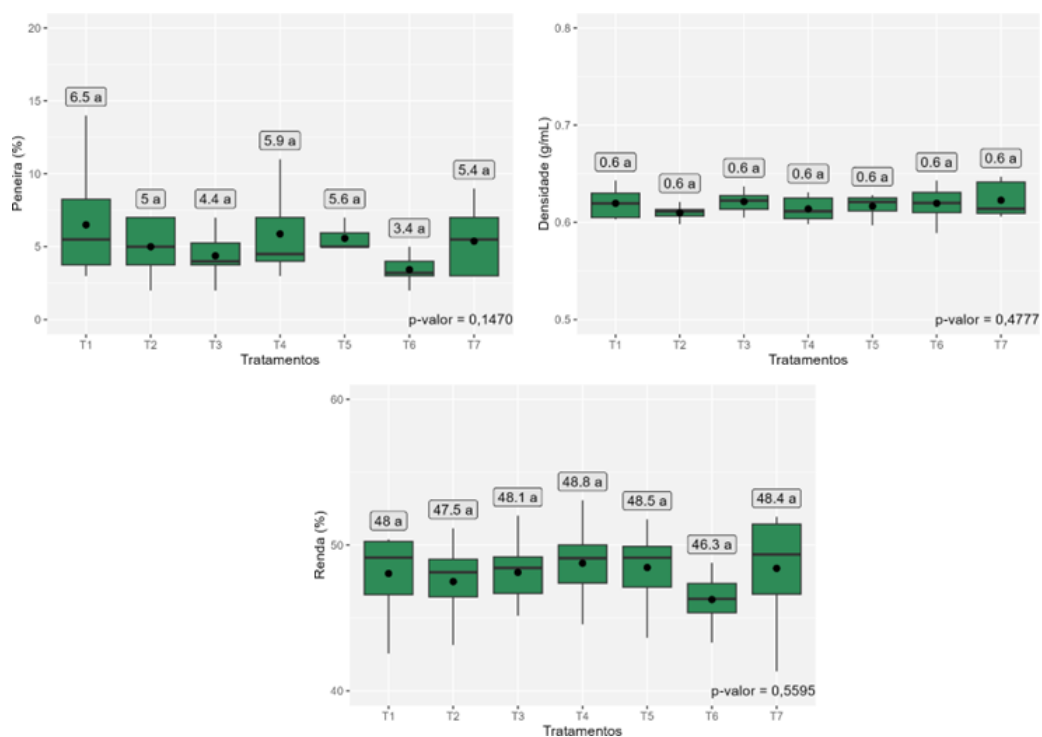
A produtividade e o percentual de frutos verdes, frutos secos e frutos maduros, peneira, densidade e renda, não foram modificados pelas fontes e modo de aplicação de boro (Figura 2 e 3), pelo teste de scott knott, a 5% de probabilidade ($p \geq 0,05$).

Figura 1 – Produtividade e porcentagem de frutos verdes, secos e maduros em função de fontes de B.



Fonte: Do autor, 2024.

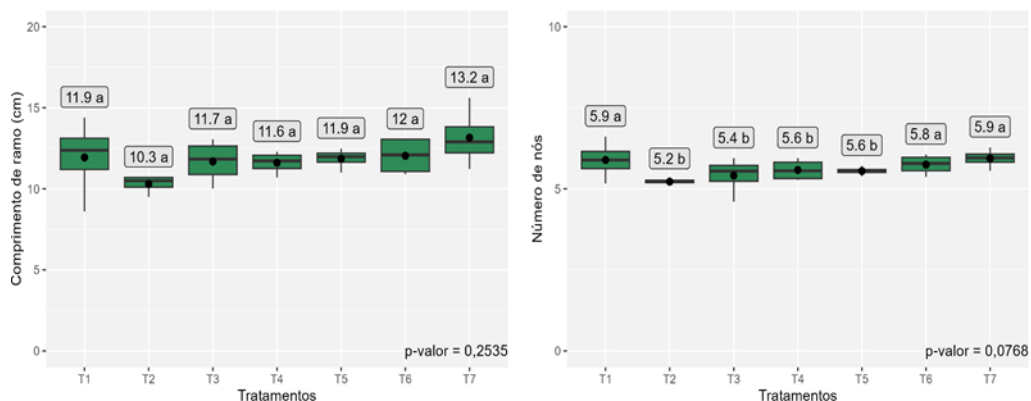
Figura 2 – Peneira 17 acima, densidade e renda.



Fonte: Do autor, 2024.

O crescimento vegetativo, não variou em função das fontes e modo de aplicação de boro. (Figura 4). Entretanto, o número de nós, componente importante para a produtividade da próxima safra, foi maior quando os tratamentos, T1, T6 e T7, foram aplicados. A aplicação de boro em cafeeiros tem sido associada à melhoria no crescimento vegetativo (Rodrigues, 2016).

Figura 3 – Comprimento de ramo e número de nós em função das fontes e forma de aplicação de B.



Fonte: Do autor, 2024

Os resultados das análises de produtividade e crescimento vegetativo não mostraram diferença significativa entre os tratamentos, com exceção no número de nós. Este fato pode ser parcialmente explicado pela adubação prévia com ulexita, que pode ter uniformizado a disponibilidade de boro no solo no primeiro ano de avaliação.

A diferença estatística observada no número de nós indica que a fonte de boro utilizada pode influenciar a eficiência no crescimento vegetativo e como consequência na produção do café.

Em solos com teores de boro no nível crítico, a adubação com diferentes fontes não surtiu efeitos agrônômicos no café. Em dois trabalhos conduzidos em Patos de Minas, MG, a adubação com ulexita acidulada nas doses de 17,0 kg/ha e 21,0 kg/ha em solos com teores iniciais de boro de 0,7 mg/dm³, os resultados ficaram semelhantes à testemunha, sendo com os teores passaram para 1,3 mg/dm³. (Santinato *et al.*, 2017a) (Santinato *et al.*, 2017b).

5 CONCLUSÃO

Os resultados indicaram que não houve diferença estatística significativa nas avaliações de crescimento vegetativo e produtividade entre os tratamentos, exceto para o número de nós.

Apesar de não ter diferença estatística entre os tratamentos na maioria das variáveis avaliadas, a continuidade do experimento por mais safras é recomendada. A observação a longo prazo pode proporcionar dados mais robustos e ajudar a esclarecer os efeitos das diferentes fontes de boro na produtividade e no crescimento vegetativo do cafeeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V. V. H. Correção do solo para a adubação. *In*: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 42-53.

BARBIER, M.; VALE, F. **Avaliação do boro refinado granulado (Granubor) influenciando a produtividade na cultura de cafeeira**. Viçosa, MG: SbiCafe, Universidade Federal de Viçosa (UFV), p. 2, 2017. Disponível em: <[http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9454/414_43-CBPC-2017.pdf?sequen ce=1](http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9454/414_43-CBPC-2017.pdf?sequen%20ce=1)>. Acesso em 31 de jul. 2024.

CARVALHO, J.G. *et al.* Sintomas de desordens nutricionais em cafeeiro. *In*: GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G.; BALIZA, D.P (Eds). **Semiologia do cafeeiro**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2010. p. 31-59

COELHO, J. J. *et al.* Adubação de pastagens tropicais. cap.7, p. 203-231. *In*: Santos, M. V. F. ed. **Pastagens tropicais [livro eletrônico]: dos fundamentos ao uso sustentável**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema Gráfica, 2023.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da Safra de Café: 2º Levantamento de Café - Safra 2024**. Infotmações Agropecuárias, CONAB, 2024. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe>>. Acesso em 31 de jul. 2024.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da Safra de Café: 2º Levantamento de Café - Safra 2023**. Infotmações Agropecuárias, CONAB, 2023. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe>>. Acesso em 31 de jul. 2024.

DAMATTA, F. M. *et al.* Physiological and agronomic performance of the coffee crop in the context of climate change and global warming: A review. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 66, n. 21, p. 5264-5274, 2018.

FERNANDES, A. L. T. *et al.* A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 231-240, 2012.

FLERTAGRO. Bor **Complexante Mineral de Boro: Complex Bor 2024**. Disponível em: <<https://www.fertagro.com.br/complex-bor>>. Acesso em 01 de ago. 2024.

FLORES, R. A. *et al.* Grain yield of Phaseolus vulgaris in a function of application of boron in soil. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 18, n. 1, p. 144-156, 2018.

FONSECA, J. V. *et al.* Influência de doses e fonte de fertilizantes na produtividade do cafeeiro. **Cerrado Agrociências**, v. 13, p. 66-74, 2022.

GAMBALONGA, G. P. *et al.* Validação do método de determinação de óxido de boro em

ulexitas, colemanitas e boratos por absorção atômica. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 14, n. 2, 2022.

GRANUBOR. **Ficha de dados do Produto:** Granubor. 2024. Disponível em: <<https://agricultura-brasil.borax.com/USBorax/media/assets/product-data-sheets/granubor-pt.pdf>> Acesso em de ago. 2024.

GUIMARÃES, P. T. G.; REIS, T. H. P. **Nutrição e adubação do cafeeiro**. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.). *Café arábica: do plantio à colheita*. Lavras: EPAMIG, 2010. p. 343–414.

HONDA FILHO, C. P. **Área foliar remanescente, boro, zinco e sacarose na produção de mudas de *Coffea arabica* L. por miniestaquia**. 2022. 67f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2022.

JEZLER, C. N. **Avaliação anatômica e ultraestrutural de *Coffea arabica* L. em resposta ao boro e ao cobre**. 2016. 65f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2016.

LUKASZEWSKI, K. M.; BLEVINS, D. G. **Root growth inhibition in boron deficient or aluminum-stressed squash may be a result of impaired ascorbate metabolism**. *Plant Physiology*, v. 112, p. 1135-1140, 1996.

MALAVOLTA E; VITTI G.C; OLIVEIRA S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS. 1997. p 233-241.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3 ed. London: Academic Press, 2012.

MARTINEZ, H. E. P. *et al.* Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 38, p. 703-713, 2003.

MENGEL, K., KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1979. p. 579

MESQUITA, Carlos Magno de *et al.* **Manual do café: manejo de cafezais em produção**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 72 p. il.

MULTITÉCNICA. **Boro10 Plus garante fornecimento eficiente de Boro para a sua lavoura**. Fertilizantes, abr. 2021. Disponível em: <<https://multitecnica.com.br/boro-10-plus-garante-fornecimento-eficiente-de-boro-para-a-sua-lavoura/#:~:text=Os%20resultados%20de%20campo%20corroboram,proporcionados%20pelo%20Boro%2010%20Plus.>>. Acesso em 01 de ago. 2024.

MULTITÉCNICA. **Fertilizantes Naturais: Mega Bor**. 2024. Disponível em: <<https://multitecnica.com.br/granulados-fertilizantes-especiais/>>. Acesso em 01 de ago. 2024.

ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; PINHO, S.Z. Influência de auxina e ácido bórico no processo de enraizamento estacas caulinares (*Coffea arábica* L., "Mundo Novo"). **Vegetalia**, n.27, p. 11-16,1993.

ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; PINHO, SZ. Interações entre auxina e ácido bórico, no enraizamento estacas caulinares de café (*Coffea arábica* L., "Mundo Novo"). **Science Agriculture**. v.49, n.1, p. 29-35,1992.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z.; RODRIGUES, S. D. Enraizamento de estacas de café cv. Mundo novo submetidas à tratamentos auxínicos e com boro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 28, n. 7, p. 773-777, 1994.

PEREIRA, F. L.; SARTORI, R. H.; FIGUEIREDO, F. C. **Eficiência de diferentes fontes de boro na nutrição do cafeeiro**. Viçosa, MG: SbiCafe, Universidade Federal de Viçosa (UFV), p. 2, 2013. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7324/164_39-CBPC-2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 31 de jul. 2024.

RABELO, K. C. C. **Fertilizantes organomineral e mineral: aspectos fitotécnicos na cultura do tomate industrial**. 2015. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

REIS, T. H. P. *et al.* Estado nutricional e frações foliares de P no cafeeiro em função da adubação fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 765-773, 2013.

RIBEIRO, H. M. *et al.* **Produtividade do café arábica, cv. catuaí vermelho IAC 99, submetido a diferentes doses de adubação com boro**. Viçosa, MG: SbiCafe, Universidade Federal de Viçosa (UFV), p. 2, 2016. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9934/361_42-CBPC-2016.pdf?sequence=1>. Acesso em 31 de jul. 2024.

RODRIGUES, A. The Role of Boron in Coffee Production - EcoFriendly Coffee. Disponível em: <<https://ecofriendlycoffee.org/role-of-boron-in-coffee-production/>>. Acesso em: 31 jul. 2024.

RONCHI, C. P. *et al.* Respostas ecofisiológicas de cafeeiros submetidos ao deficit hídrico para concentração da florada no Cerrado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 01, p. 24-32, 2015.

SANTINATO, R. *et al.* **Fontes de boro via foliar e via solo (ácido bórico 17%, Boromag 8%, Boro 10 Mea 10%, Boro 10 Plus 10%) na nutrição e translocação do nutriente no cafeeiro**. Viçosa, MG: SbiCafe, Universidade Federal de Viçosa (UFV), p. 2, 2016. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9723/88_42-CBPC-2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 31 de jul. 2024.

SANTINATO, R. *et al.* **Novas fontes de boro via solo na adubação do cafeeiro cultivado no cerrado de Minas Gerais-1ª safra**. Viçosa, MG: SbiCafe, Universidade Federal de Viçosa (UFV), p. 2, 2017a. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9657/128_43-CBPC-

2017.pdf?seque nce=1&isAllowed=y>. Acesso em 31 de jul. 2024.

SANTINATO, R. et al. **Ácido bórico, ulexita e boromag aplicado via solo na nutrição do cafeeiro**. Viçosa, MG: SbiCafe, Universidade Federal de Viçosa (UFV), p. 2, 2017b. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9370/214_43-CBPC-2017.pdf?seque nce=1&isAllowed=y>. Acesso em 31 de jul. 2024.

SILVA, E. A. Á. **Trocas gasosas, crescimento e produtividade de cafeeiros (*Coffea arabica*) irrigados em Ceres - Goiás**. 2019. 106f. Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado) – Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2019.

TCSEED. **Ficha Técnica: Boro Complex**. 2024. Disponível em: <<https://tecseed.com.br/fertilizantes/boro-complex/>>. Acesso em 01 de ago. 2024.

TOMICIOLI, R. M. *et al.* Limitação da produtividade pela deficiência de boro nas culturas da soja, milho, feijão e café. **South American Sciences**, v. 2, n. 1, p. e21100-e21100, 2021.

VENTURIM, C. H. P.; FERREIRA, G. H.; SILVA, A. M. **Produção do cafeeiro em função de doses e parcelamento de boro no solo**. Viçosa, MG: SbiCafe, Universidade Federal de Viçosa (UFV), p. 2, 2018a. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/11753/264_44-CBPC-2018.pdf?sequ ence=1>. Acesso em 31 de jul. 2024.

VENTURIM, C. H. P. *et al.* **Produtividade do cafeeiro em função de pulverização com micronutrientes na região das matas de Minas**. Viçosa, MG: SbiCafe, Universidade Federal de Viçosa (UFV), p. 2, 2018b. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/11759/263_44-CBPC-2018.pdf?sequ ence=1>. Acesso em 31 de jul. 2024.

WIMMER, M. A.; EICHERT, T. Mechanisms for boron deficiency-mediated changes in plant water relations. **Plant science**, v. 203, p. 25-32, 2013.

ZABINI, A. V.; CARVALHO, M. L.; BARBOSA, C. M. Resposta do cafeeiro a doses de boro via solo na região das matas de Minas. In: 34º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, p.3, **Anais...** Viçosa, MG, 2008.