



LIVIA BERNARDES CASTRO REIS

**ESTRATÉGIAS PARA O FORNECIMENTO DE
MICRONUTRIENTES NO CAFEIEIRO**

LAVRAS - MG

2023

LIVIA BERNARDES CASTRO REIS

**ESTRATÉGIAS PARA O FORNECIMENTO DE MICRONUTRIENTES NO
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. Dra. Dalysse Toledo Castanheira

Orientadora

Doutorando Samuel Henrique Braga da Cunha

Coorientador

LAVRAS - MG

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, proteção e pelas inúmeras graças alcançadas até aqui.

Agradeço a minha família por sonhar esse sonho comigo e acreditar em mim. Em especial aos meus pais José Antônio e Lucimar, aos meus irmãos, Luiz Gustavo e Isadora, e aos meus avós, Jorge, Marta e Laura (In memoriam), vocês foram essenciais nessa trajetória!

Ao meu namorado Gustavo, pela paciência, cuidado e companheirismo.

Aos amigos e colegas que caminharam comigo ao longo desses 5 anos, e em especial ao curso de Agronomia, ao período 2018/2 e a República Sintaa Liga.

Ao Núcleo de Estudos em Cafeicultura (NECAF) e à Terra Júnior Consultoria Agropecuária por todo aprendizado, vivência e amizades.

Aos excelentes professores da Universidade Federal de Lavras, por todo conhecimento, em especial à minha orientadora, professora Dr. Dalysse Toledo Castanheira.

Ao meu coorientador Samuel, por toda ajuda e paciência na realização deste trabalho.

A Rehagro Café pela oportunidade dada para a realização deste trabalho e estágio.

A Universidade Federal de Lavras, por me permitir tantas conquistas, muito orgulho em ser UFLA!

A todos que estiveram presentes e torcendo por mim durante esse ciclo.

Muito obrigada!

RESUMO

A cultura do café possui uma alta demanda de exportação de nutrientes do solo, o que requer uma aplicação assertiva de corretivos e fertilizantes afim de garantir uma alta produtividade. Atualmente, devido à falta de mão de obra e à topografia desafiadora nas áreas de cultivo de café em regiões montanhosas, vem sendo aderidas práticas que visam a otimização na aplicação, como via drench. O presente trabalho teve como objetivo comparar os diferentes métodos de fornecimento de nutrientes para o cafeeiro e avaliar o método mais eficiente. O experimento foi conduzido em uma lavoura já implantada, com 9 anos de idade, na Fazenda Frade, na cidade de Nazareno-MG, com a cultivar Catucaí Amarelo 2SL e espaçamento de 3,6 x 0,75 metros. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC), com 4 tratamentos e 5 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais, sendo que, cada parcela foi composta por linhas duplas de 14 plantas, onde as 6 plantas centrais foram avaliadas. Sendo o tratamento 1 como controle, tratamento 2 via solo, tratamento 3 via folha e tratamento 4 via solo + folha. Os nutrientes aplicados foram manganês, boro, zinco, nitrogênio e potássio. Ao todo, foram realizadas 5 pulverizações, entre os meses de novembro e abril. Dessa forma, na avaliação do experimento foram feitas 4 avaliações, sendo elas: análise química foliar, produtividade, rendimento e maturação dos grãos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$), onde foi possível verificar a significância. Em seguida aplicou-se o teste de média Scott-Knott ($p < 0,05$). Utilizou-se o software R para as análises estatísticas. Como resultado foi possível observar por meio da análise descritiva uma maior disponibilidade de boro, manganês e zinco aplicados via foliar. Além disso, na análise de maturação de grãos, houve uma menor porcentagem de grãos secos nos tratamentos 3 e 4. As análises de produtividade e rendimento não apresentaram diferença significativa. Conclui-se que os tratamentos 3 e 4 apresentaram maior disponibilidade de micronutrientes e o tratamento 4 apresentou um pior rendimento.

Palavras-chave: *Coffea arabica*. Nutrição mineral. Nutrição foliar. Drench.

ABSTRACT

Coffee cultivation has a high demand for export of nutrients from the soil, which requires an assertive application of correctives and fertilizers in order to guarantee high productivity. Currently, due to the lack of labor and the challenging topography in coffee growing areas in mountainous regions, practices that aim to optimize application have been adopted, such as via drench. The present work aimed to compare the different methods of supplying nutrients to coffee plants and evaluate the most efficient method. The experiment was conducted in an already established crop, 9 years old, at Fazenda Frade, in the city of Nazareno-MG, with the cultivar Catucaí Amarelo 2SL and spacing of 3.6 x 0.75 meters. The experimental design adopted was randomized blocks (DBC), with 4 treatments and 5 replications, totaling 20 experimental plots, with each plot consisting of double lines of 14 plants, where the 6 central plants were evaluated. With treatment 1 as control, treatment 2 via soil, treatment 3 via leaf and treatment 4 via soil + leaf. The nutrients applied were manganese, boron, zinc, nitrogen and potassium. In total, 5 sprays were carried out between the months of November and April. Thus, in the evaluation of the experiment, 4 assessments were made, namely: leaf chemical analysis, productivity, yield and grain maturation. The data obtained were subjected to analysis of variance using the F test ($p < 0.05$), where it was possible to verify significance. The Scott-Knott mean test was then applied ($p < 0.05$). The R software was used for statistical analyses. As a result, it was possible to observe, through descriptive analysis, a greater availability of boron, manganese and zinc applied via foliar. Furthermore, in the grain maturation analysis, there was a lower percentage of dry grains in treatments 3 and 4. The productivity and yield analyzes did not show a significant difference. It is concluded that treatments 3 and 4 presented greater availability of micronutrients and treatment 4 presented a worse yield.

Keywords: Coffea arabica. Mineral nutrition. Foliar nutrition. Dranch.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1. Importância da cafeicultura	10
2.2. Fornecimento de nutrientes	11
2.3. Macronutrientes	12
2.4. Micronutrientes	13
2.5. Adubação Foliar	16
2.6. Adubação via drench	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Caracterização da área	20
3.2. Delineamento experimental	20
3.3. Descrição dos tratamentos	21
3.4. Instalação e condução do experimento	23
3.5. Avaliações realizadas	25
3.6. Análise estatística	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5. CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1. INTRODUÇÃO

O café é uma das mercadorias mais essenciais em escala global, e nesse cenário, o Brasil se destaca como o maior produtor mundial e o segundo maior consumidor da bebida. Sua produção desempenha um papel significativo na economia e no progresso do país, uma vez que proporciona empregos para aproximadamente oito milhões de pessoas. Assim, esse grão é uma fonte crucial de renda para a população brasileira (MIRANDA, 2016; DURÁN et al, 2017; SARAIVA et al., 2018).

Segundo o Balanço Comercial do Agronegócio, o café figura como um dos principais produtos exportados pelo setor agrícola do Brasil, representando 7,6% do total das exportações do país em 2021 (MAPA, 2022).

A variedade arábica é mais valorizada comercialmente, devido as demandas específicas de seu cultivo, resultando em uma bebida de maior qualidade. Além disso, o café arábica se destaca por seus aromas e sabores, com variações na acidez e corpo, o que contribui para uma produção excepcional (AGNOLETTI et al., 2019; CONAB, 2022; MAPA, 2022).

A relevância histórica da cafeicultura é evidente no desenvolvimento econômico e social de várias regiões produtoras. No entanto, embora a produção de café seja crucial para essas áreas, muitas lavouras ainda aderem a métodos tradicionais que se baseiam na suposição de que os fatores relacionados à fertilidade do solo e às características das plantas são uniformes. A caracterização dos sistemas de produção de café no Brasil abrange uma variedade de padrões tecnológicos empregados nas principais práticas agrícolas (MATIELLO et al., 2016).

Segundo Caixeta (2001), apesar de algumas questões instáveis, tais como o ciclo fisiológico da cultura e as flutuações nos preços, a cafeicultura continua a ser uma atividade atrativa, pois, se mostra lucrativa mesmo para pequenos produtores, permitindo uma ampla gama de processos. No entanto, para assegurar a permanência na atividade, se faz necessário que os cafeicultores busquem cada vez mais por produtividade, visando maior lucratividade com o cultivo.

Na região do Sul de Minas Gerais, as lavouras de café são estabelecidas em solos ácidos, com baixa quantidade de nutrientes disponíveis. Esse cenário apresenta um desafio para a produtividade do cafeeiro, a menos que sejam aplicadas práticas adequadas de calagem e adubação (SILVA et al., 2004). Com o objetivo de alcançar lavouras bem nutridas e altamente produtivas, é fundamental o monitoramento do estado nutricional da cultura. Logo, é possível

efetuar o monitoramento por meio de análises de solo e foliares (MALTA et al., 2008; PAULO; FURLANI JÚNIOR, 2010).

As lavouras de café arábica requerem uma quantidade elevada de nutrientes (MARTINEZ E NEVES, 2015). Portanto, o fornecimento de nutrientes desempenha um papel fundamental para que o cafeeiro possa atingir sua produtividade máxima (GUERRA et al., 2007).

O cafeeiro apresenta uma alta demanda de N e K, com maior exigência de nitrogênio (N) seguido pelo potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e fósforo (P), em ordem decrescente (GUIMARÃES & REIS, 2010). No que diz respeito aos micronutrientes, vale ressaltar que diversos estudos sobre a importância nutricional desses elementos em cafeeiros já foram conduzidos no Brasil (CARMO et al., 2012; FERREIRA et al., 2013; POLTRONIERI et al., 2016). Dentre os micronutrientes, os mais requeridos pelo cafeeiro são boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn). Embora sejam necessários em pequenas quantidades, desempenham um papel crucial no crescimento, desenvolvimento e produção da lavoura (LAVIOLA et al., 2007b).

Dessa forma, compreender as necessidades nutricionais da planta é de suma importância para estabelecer práticas adequadas de adubação, garantindo a obtenção de níveis máximos de produtividade de maneira econômica (GUIMARÃES & REIS, 2010).

Certamente, a produtividade pode ser influenciada por uma série de fatores, incluindo genéticos, culturais, edáficos, condições climáticas e práticas de manejo. A fertilidade do solo é um dos principais fatores edáficos que desempenha um papel significativo na determinação da produtividade, uma vez que o teor de nutrientes nos tecidos da planta depende diretamente do fornecimento externo do mesmo (MARTINEZ et al., 2004).

De acordo com Cunha (2010), para alcançar lavouras de café sustentáveis, é fundamental que os nutrientes extraídos do solo sejam devidamente repostos através da prática de adubação, de forma eficiente. Durante pesquisas relacionadas à adubação do café, foi possível ver uma variedade de efeitos na fertilidade do solo, na nutrição das plantas e na produtividade do cultivo (GUIMARÃES et al., 2002).

Conforme Furtini Neto et al. (2001), o êxito da adubação não depende exclusivamente da quantidade de adubo a ser aplicada, existem diversos aspectos a serem avaliados, como as características do fertilizante, o momento adequado e o método de aplicação.

Objetivou-se com o presente trabalho comparar os diferentes métodos de fornecimento de alguns nutrientes para o cafeeiro e avaliar o método mais eficiente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1.Importância da cafeicultura

O Brasil se destaca como líder global na produção e exportação de café, com uma área plantada de 2.242,1 mil hectares em 2022. Dentre esses, 1.841,5 mil hectares estão em produção, refletindo um aumento de 1,8% sobre a safra de 2021. Entre as áreas destinadas à produção, cerca de 1.452,6 mil hectares são destinados ao cultivo do café arábica (CONAB, 2022).

A produtividade média nacional de café atingiu 27,7 sacas por hectare, o que representa um aumento de 4,8% em comparação com a safra de 2021. No que diz respeito ao café arábica, a produtividade média é estimada em 22,5 sacas por hectare, acarretando um incremento de 2,7% em relação ao ano anterior. O estado de Minas Gerais lidera com a maior porcentagem de área plantada da espécie arábica, abrangendo 1.323,3 mil hectares (CONAB, 2022).

Dentre os estados produtores, destacam-se seis, Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia e Paraná, que juntos, respondem por mais de 98% da produção nacional (CONAB, 2020).

O progresso da cafeicultura nacional e regional desempenhou um papel crucial no desenvolvimento do Brasil, seja no âmbito econômico ou social, contribuindo significativamente para o crescimento de várias regiões e cidades (TURCO et al., 2013).

A cafeicultura em Minas Gerais é um dos segmentos mais dinâmicos, ganhando destaque tanto pelo volume de produção, quanto pelo impacto econômico e social que gera, sendo este estado, responsável por aproximadamente metade da produção nacional de café (PELEGRINI; SIMÕES, 2011; MAPA, 2015).

Por diversos anos, o café ocupou a posição de destaque como o principal produto agrícola do Brasil. Hoje, o café detém uma importância significativa na economia global, figurando entre os cinco produtos agrícolas mais negociados em todo o mundo (REVISTA CAFEICULTURA, 2017).

Logo, a cafeicultura é uma atividade de grande relevância no cenário nacional, desempenhando um papel fundamental na geração de empregos e na obtenção de divisas para o país (GOMES; ROSADO, 2005).

2.2.Fornecimento de nutrientes

Dentre os principais fatores que afetam a produtividade na cultura do café, se destaca o manejo inadequado da fertilidade do solo. Este problema ocorre principalmente devido à carência de conhecimento sobre as exigências nutricionais e o manejo adequado das lavouras. Assim, a falta de informações contribui para a baixa produtividade no setor (MARTINEZ et al., 2003; GUIMARÃES; REIS, 2010).

A fertilidade do solo no contexto agrícola é um dos elementos mais relevantes para permitir que a planta alcance o seu máximo potencial de produção (COGO et al., 2003). Entre os diversos fatores, a gestão inadequada no fornecimento de nutrientes emerge como um dos principais responsáveis pela reduzida produtividade do cafeeiro (GUIMARÃES E REIS, 2010).

A maioria das lavouras cafeeiras do Brasil estão estabelecidas em solos caracterizados por uma baixa fertilidade, tipicamente ácidos, com níveis significativos de alumínio trocável (Al^{3+}), baixos teores de matéria orgânica, fósforo, cálcio, magnésio e potássio, além disso, apresentam uma disponibilidade limitada de micronutrientes e um pequeno índice de saturação por bases (MATIELLO et al., 2016). De maneira geral, esses solos encontram-se em um estágio avançado de intemperismo, geralmente apresentando grande profundidade, alta acidez e natureza distrófica. Além disso, a maioria possui uma capacidade de troca de cátions (CTC) bastante restrita na fração da argila (EMBRAPA, 2013).

O cafeeiro é uma planta de porte arbustivo e apresenta uma elevada exigência nutricional. Durante o período reprodutivo, as plantas demandam uma quantidade maior de nutrientes. É nessa fase em que ocorre o maior requerimento nutricional por parte das plantas de café (MALAVOLTA et al., 2002; LAVIOLA, 2004). De acordo com Matiello et al. (2002), os nutrientes requeridos pelo cafeeiro são exigidos na seguinte ordem: N, K, Ca, Mg, P e S para os macronutrientes e Fe, Mn, B, Cu, Zn para os micronutrientes.

As lavouras de café são influenciadas pelas condições químicas em que o solo se encontra, determinando seu crescimento e produção (BOTELHO et al., 2010). Devido à grande extração de nutrientes do solo pelo cafeeiro, faz-se necessário a reposição de corretivos e adubos, com o objetivo de obter boas produtividades, bem como, adequada nutrição da planta e resistência a pragas e doenças (CORRÊA et al., 2001). Assim como a correção e nutrição, a implementação de técnicas de manejo corretas desempenham um papel essencial para alcançar altas produtividades (AMARAL et al., 2011a).

Na cultura do café, os custos de produção incluem uma parte substancial relacionada à aplicação de fertilizantes minerais. Dessa maneira, se dá a relevância da avaliação constante do estado nutricional da lavoura, por meio de análises foliares, com o objetivo de obter precisão na adubação (BATAGLIA et al., 2004), contudo, também são empregadas análises químicas do solo, que permitem apontar possíveis limitações que possam vir a afetar o desenvolvimento da cultura. Além disso, o monitoramento possibilita a adaptação das práticas de adubação, considerando as necessidades específicas da planta e maximizando a eficiência dos recursos empregados (BALIGAR; FAGERIA, 1998; GUIMARÃES et al., 2011).

A recomendação e eficácia do manejo de adubação não se baseiam apenas na determinação das quantidades a serem aplicadas, e sim, por uma série de fatores, como a definição do nutriente, dose, época e forma de aplicação do fertilizante (FURTINI NETO et al. 2001). Portanto, para o fornecimento adequado de fertilizantes, é essencial identificar a necessidade de nutrição pela planta, e em seguida, determinar os nutrientes exigidos (MARTINEZ et al., 2003).

Diante disso, a busca por pesquisas direcionadas à nutrição adequada das plantas se torna cada vez mais necessárias, o que, por sua vez, contribui para aprimorar a competitividade no cultivo do café ao elevar os níveis de produtividade (GUIMARÃES; REIS, 2010; AMARAL et al., 2012).

2.3. Macronutrientes

Durante a primeira fase de crescimento do cafeeiro, a maior parte dos nutrientes absorvidos são destinados ao desenvolvimento estrutural, como raízes, tronco, ramos e folhas. Por conseguinte, ao atingir o estágio de maturação, se inicia o processo de frutificação, onde a planta começa a utilizar parte dos nutrientes que absorve. Assim, a necessidade de macronutrientes do cafeeiro aumenta significativamente entre 2,5 e 3,5 anos de idade, isso se dá devido ao início da produção de frutos, onde a planta extrai grandes quantidades de nitrogênio e potássio, seguindo a ordem decrescente de exigência $N > K > Ca > Mg > S > P$ (GUIMARÃES & REIS, 2010).

O cafeeiro quando se encontra em um ano produtivo destina a maior parte de seus nutrientes para a frutificação, enquanto uma parte menor é consumida na formação de novos

ramos e folhas (GUIMARÃES E REIS, 2010). O maior acúmulo de macronutrientes no cafeeiro ocorre durante a formação, expansão e maturação dos frutos (DUBBERSTEIN et al., 2016).

A produção de frutos do cafeeiro é o resultado de uma série de eventos fisiológicos e mudanças na sua estrutura que ocorrem desde o momento em que o florescimento é induzido até que os frutos estejam completamente maduros. Durante esse período, os frutos se tornam a prioridade na distribuição de nutrientes (RENNA et al., 1985).

Dentre os nutrientes, o nitrogênio se destaca por ser o mais exigido pelo cafeeiro, atuando diretamente no crescimento vegetativo, além de ser o segundo nutriente mais exportado pelos grãos (CATANI & MOARES, 1958). As necessidades de potássio são muito semelhantes às do nitrogênio, sendo encontrado em maior proporção nos grãos de café (MORAES & CATANI 1964).

O fornecimento de nitrogênio, quando assertivo, promove o desenvolvimento de uma maior área foliar, elevada produção de glicose, bem como, produção de outros carboidratos necessários para o desenvolvimento de órgãos vegetativos (PERDIGÃO et al., 2010).

Segundo Nogueira et al. (2001), o potássio é responsável por estimular o desenvolvimento de raiz, crescimento de caule, ativar cerca de 60 enzimas, auxiliar na formação de proteínas, controlar a turgidez da planta, realizar o transporte de amido e açúcar, proporcionar maior resistência a pragas e doenças e promover uma maior qualidade dos frutos do cafeeiro, logo, se faz necessário satisfazer a necessidade desse macronutriente, visando um maior desenvolvimento da lavoura.

Mesmo durante um ano de baixa produção, a demanda por nutrientes persiste, concentrando-se principalmente no crescimento de ramos plagiotrópicos e na formação de novos ramos, folhas e raízes, que acabam por substituir o fruto como dreno de carboidratos e nutrientes (MALAVOLTA, 2002).

Estudos pioneiros mostraram que, após cinco anos de cultivo, a planta de café exporta, por meio da colheita, em relação ao conteúdo total da planta cerca de: 45% de N; 56% de P; 62% de K; 25% de Ca; 32% de Mg; 37% de S; 30% de B; 46% de Cu; 26% de Fe; 14% de Mn e 25% de Zn (CIETTO E HAAG, 1989).

2.4.Micronutrientes

Os micronutrientes desempenham um papel igualmente importante em termos de nutrição das plantas quando comparados aos macronutrientes, embora as plantas não os exijam em grandes quantidades. Sendo que, a ausência de qualquer micronutriente no solo pode restringir o desenvolvimento e produção do cafeeiro, mesmo que, os demais nutrientes estejam em quantidades desejáveis (BAYER et al., 2004; SÁ et al., 2001).

Em geral, dentre os solos adequados para o cultivo do café, a maioria apresenta baixa disponibilidade de alguns micronutrientes, seja pela ausência ou alguma limitação que o torna indisponível (MARTINEZ et al., 2003a). Por vezes, a deficiência de um micronutriente pode estar relacionada a fatores como pH, matéria orgânica e textura do solo, influenciando a devida disponibilidade (DECHEN; NATCHTIGALL, 2006). A deficiência de micronutrientes no cafeeiro pode ocasionar o menor crescimento da planta e quebra de até 30% na produção (MALAVOLTA, 1986).

De acordo com Martinez e Neves (2015), deficiências de macronutrientes normalmente são encontradas em lavouras de média e baixa produtividade, em contrapartida, a falta de micronutrientes está presente em uma ampla faixa de produtividade.

Os principais micronutrientes para o cafeeiro incluem Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) (MIGUEL et al., 2002). O fato de serem exigidos em pequenas doses está ligado, principalmente, por estarem presentes em reações enzimáticas, atuando como catalisadores (FURTINI NETO et al., 2001). Dentre os micronutrientes, o boro e o zinco são frequentemente apontados como os que mais limitam a produção agrícola (MALAVOLTA, 1980).

Furlani Junior et al. (2004), cita que os solos brasileiros onde se encontram a maioria das lavouras cafeeiras, apresentam elevados teores de ferro e manganês, uma vez que o cafeeiro não possui grandes exigências em molibdênio, conclui-se que boro, cobre e zinco são responsáveis em grande parte pelo crescimento e produção do cafeeiro, sendo também os mais estudados.

A carência de zinco é uma ocorrência frequente na cultura do café, o que justifica a recomendação de suplementação desse nutriente (RAIJ et al., 1996; RIBEIRO et al., 1999). Em geral, pesquisas com foco no fornecimento de zinco são desenvolvidas com cultivares de café arábica, mesmo que, no Brasil se cultive as espécies *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre (GRILLO & SILVA, 1985; MOYSES, 1988; LIMA FILHO, 1991; SOUZA, 1999).

O zinco desempenha um papel fundamental como ativador de diversas enzimas, bem como, componente estrutural de outras, além de contribuir para a formação de estruturas celulares, sendo considerado essencial para a síntese do triptofano, que, por sua vez, é precursor do ácido indol acético, responsável por desempenhar um papel importante no aumento do volume celular (VALE, 2000).

Foi notado por Neves et al., (2011) que a suplementação de zinco teve um impacto positivo tanto na produção quanto na qualidade dos grãos de café. Isso foi evidenciado pela melhora no tamanho dos grãos, redução da percentagem de grãos brocados, condutividade elétrica e na diminuição do potássio lixiviado dos grãos. Assim, a ausência de zinco pode afetar diretamente a produção de sementes e o desenvolvimento das anteras, ocasionando a inviabilidade dos grãos de pólen (SHARMA et al., 1987; SHARMA et al., 1990).

O micronutriente boro é conhecido por apresentar baixa mobilidade dentro da planta. Dessa forma, acredita-se que o boro seja transportado via xilema, sendo imóvel no floema, fazendo com que a distribuição seja insuficiente, resultando na ausência ou no baixo desenvolvimento de flores. Logo, pensando em uma rápida correção da deficiência, é aconselhável realizar aplicações foliares sequenciais (MALAVOLTA et al., 1997).

Furlani Junior et al. (2001) demonstraram em um estudo que o comprimento de ramos no cafeeiro, número de pares de folhas e o diâmetro de caule da planta apresentaram um aumento significativo quando fornecidas as doses de 1 e 2 gramas de boro por planta, bem como, identificaram o aumento dos teores foliares de nitrogênio, cálcio e fósforo quando houve o aumento de doses de boro.

Em um comparativo entre as aplicações de ácido bórico e sulfato de zinco, via solo e via folha, em laranjeiras Pêra, foi possível observar que ao contrário do zinco, as aplicações de ácido bórico via solo foram mais eficientes quando comparada as aplicações foliares (QUAGGIO et al., 2003).

O micronutriente manganês é encontrado nos solos, em sua maioria, como óxidos e sulfetos, e por vezes em associação com o nutriente ferro, sendo facilmente translocado via xilema, já via floema, o manganês se apresenta imóvel (HORST, 1976).

De acordo com Mariello e Vieira (1992), a disponibilidade do micronutriente manganês é reduzida quando se tratar de solos orgânicos e pHs elevados, podendo estar associada ao excesso de calagem.

2.5. Adubação Foliar

Pensando em fornecer uma quantidade precisa de nutrientes para a planta, é necessário se atentar a fatores como a idade da lavoura, teor de nutrientes presentes no solo e produtividade esperada para o ano seguinte (LOPES, 1998). O fornecimento de nutrientes por meio da adubação deve acontecer durante o período de maior demanda, a fim de garantir o crescimento vegetativo e a frutificação do cafeeiro (LAVIOLA et al., 2006; 2008). Dessa forma, para um manejo de adubação assertivo, é necessário identificar as necessidades da lavoura, bem como, os nutrientes limitantes, suas quantidades, épocas e formas de aplicação (MARTINEZ et al., 2003).

De acordo com Malavolta (1980), os registros iniciais sobre a adubação foliar remontam ao século XIX. No contexto brasileiro, as primeiras pesquisas sobre a absorção de nutrientes em folhas, tanto em condições controladas, como em campo, surgiram no final da década de 1950 e início da década de 1960. Esses estudos foram conduzidos com a cultura do cafeeiro na ESALQ-USP em Piracicaba – SP e no IAC em Campinas – SP.

O emprego de fertilizantes minerais representa uma parte significativa dos gastos envolvidos na produção do café. Assim, destaca-se a crescente importância do monitoramento regular do estado nutricional da lavoura, por meio de análises foliares, visando fornecer orientações para uma adubação mais balanceada e economicamente vantajosa (BATAGLIA et al., 2004). Sendo as folhas os órgãos que melhor refletem o estado nutricional das plantas, o uso da análise de tecidos foliares se faz eficaz, atuando como indicadores confiáveis das condições nutricionais da planta, refletindo os nutrientes presentes no solo ou aqueles incorporados através da adubação (MALAVOLTA et al., 1997).

Para Boareto e Rosolem (1989), a aplicação de micronutrientes por meio da adubação foliar representa uma estratégia eficaz e financeiramente viável para combater a deficiência de nutrientes no cafeeiro.

Os tecidos foliares, assim como as raízes, possuem a habilidade de absorver nutrientes que estejam presentes em sua superfície na forma de solução. Logo, através desta capacidade, se deu origem à prática da adubação foliar, na qual soluções nutritivas são aplicadas sobre a parte aérea das plantas, com ênfase nas folhas (VOLKWEISS, 1991).

Lopes (1999), comparou o fornecimento de nutrientes via solo e folha, identificando as seguintes vantagens e desvantagens da adubação foliar:

Vantagens:

- a) a aplicação de micronutrientes via folha apresentam uma maior eficiência quando comparado as aplicações via solo;
- b) em geral, as doses de micronutrientes são menores;
- c) é possível corrigir deficiências após o seu aparecimento, havendo uma rápida resposta das plantas, embora, em alguns casos, o rendimento da cultura já possa estar comprometido (VOLKWEISS, 1991);
- d) o fornecimento de ferro via foliar em plantas estabelecidas solos com pH neutro ou alcalino se torna mais eficaz;
- e) o fornecimento de zinco via foliar é mais eficiente quando a cultura está implantada em solos muito argilosos (RENA & FÁVARO, 2000).

Desvantagens:

- a) quando não associados a aplicações fitossanitárias, o valor de múltiplas aplicações foliares pode impactar o custo de produção;
- b) a aplicações foliares apresentam um menor efeito residual;
- c) a associação de nutrientes pode vir a afetar a absorção, além da possibilidade de haver incompatibilidade;
- d) para uma melhor pulverização, a aplicação deve acontecer em um momento de alta umidade relativa do ar, como acontece pela manhã ou fim de tarde (MALAVOLTA, 1981);
- e) a pulverização deve atingir a face inferior das folhas, onde a cutícula é mais permeável (RENA & FÁVARO, 2000);
- f) a pulverização se dá pela formação de uma fina película sobre o maior número de folhas possível.

O fornecimento de micronutrientes por meio da adubação foliar tem sido a abordagem mais utilizada, não só apenas devido à pequena quantidade exigida, mas também para evitar a excessiva adsorção de elementos metálicos, já que esses elementos são altamente reativos com a matriz do solo, o que limita sua disponibilidade para as plantas. Dessa forma, dentre as fontes de micronutrientes metálicos, as mais recomendadas são sais formados com íons cloreto, sulfato e nitrato, uma vez que possuem a mesma eficácia quando aplicados em doses equivalentes. Já

no caso do boro, quando fornecido via aplicações foliares, tem como fonte mais recomendada o ácido bórico, devido sua natureza ácida, o que o torna compatível com a maioria dos defensivos agrícolas (QUAGGIO; PIZA JUNIOR, 2001).

Em diversos cultivos perenes, frequentemente fazem uso regular da pulverização foliar com micronutrientes, aproveitando a oportunidade de aplicação conjunta com defensivos agrícolas (ABREU; RAIJ, 1997).

2.6. Adubação via drench

O cultivo do café em regiões montanhosas apresenta grande complexidade da topografia, que juntamente com a escassez de mão de obra, tem dificultado o manejo nos cafezais. Nesse contexto, há uma busca constante por otimização da mão de obra e simplificação do processo de aplicação de produtos. Sendo assim, a utilização de fungicidas aplicados sistêmicos via solo, conhecida como “drench” tem se tornado cada vez mais popular (MATUO et al., 2008).

A escolha do equipamento a ser empregado está ligado as características da área, considerando a topografia, o espaçamento e o método de plantio, ambos desempenham um papel crucial para determinar a abordagem mais apropriada para a aplicação (MATUO, 2001).

Em lavouras que apresentam um relevo plano e espaçamento favorável se faz eficiente o uso de maquinários. Por conseguinte, em lavouras onde a topografia se apresenta desfavorável e acentuada, com espaçamentos adensados, são utilizados equipamentos manuais e em menor escala (MACHADO NETO et al., 1996).

Segundo Prezotti (2007), os micronutrientes fornecidos a lavouras de café podem ser aplicados via foliar ou solo, na maioria das vezes, a aplicação se dá no início ou durante o florescimento.

A cafeicultura de montanha apresenta desafios significativos no que se refere às práticas de manejo nutricional, cultural e fitossanitário. Por esse motivo, cafeicultores necessitam adotar diferentes métodos para execução de tais operações. Assim, é possível observar diversificações nas técnicas adotadas nas lavouras cafeeiras, incluindo a prática de enterrar o adubo em covas ou sulcos, em diferentes distâncias em relação ao caule da planta de café. Além disso, alguns produtores fornecem fertilizantes via cobertura, variando as distâncias em relação ao tronco ou

à saia do cafeeiro (BARROS, U.V; SANTINATO, R.; MATIELLO, J.B. & BARBOSA, C.M, 2000).

Na cafeicultura, o controle de cigarras tem como método mais eficiente a aplicação de inseticidas via drench, visando uma menor população da praga e um menor dano econômico (SOUZA; REIS; MELES, 1984 apud REIS et al., 2010). Entre os inseticidas pertencentes as classes dos neonicotinóides e diamidas se encontram o Tiametoxam e Clorantraniliprole, ambos registrados para o controle de uma ampla variedade de pragas (YAMAMOTO et al. 1995).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área

O experimento foi conduzido em uma lavoura já implantada na Fazenda Frade, localizada na cidade de Nazareno-MG, na mesorregião do Campo das Vertentes, com latitude 21°10'44.74" Sul, longitude 44°39'50.77" Oeste e 948 metros de altitude. O experimento se deu início do ano de 2022. O clima da propriedade se apresenta como temperado chuvoso, com inverno seco e verão chuvoso, a temperatura média do mês mais quente é de 30°C, e do mês mais frio, 11°C. Já o tipo de solo se dá por Latossolo Vermelho-Amarelo, argiloso. A cultivar implantada foi a Catucaí amarelo 2SL, no ano de 2014, utilizando o espaçamento de 3,6 x 0,75 metros, com 3.703 plantas por hectare.

Tabela 1 – Análise química do solo.

Teores	0 - 20 cm	20 - 40 cm
pH CaCl ₂	4,5	4,68
P mg/dm ³	13,03	-
K mg/dm ³	143,26	147,96
K cmolc/dm ³	0,37	0,38
Ca cmolc/dm ³	1,54	1,23
Mg cmolc/dm ³	0,51	0,37
Al cmolc/dm ³	0,19	0,08
H + Al cmolc/dm ³	4,94	4,13
Sb cmolc/dm ³	2,42	1,98
t cmolc/dm ³	2,61	2,06
T cmolc/dm ³	7,36	6,11
m %	7	4
V %	33	32
M.O %	2,9	-
B mg/dm ³	0,95	-
Zn mg/dm ³	0,8	-
Cu mg/dm ³	1,5	-
Fe mg/dm ³	49,6	-
Mn mg/dm ³	10,3	-
S mg/dm ³	52	-
P-rem mg/Lt	24,8	-

Fonte: Rehagro Café (2023).

3.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC). O ensaio apresentou 4 tratamentos, sendo 5 repetições de cada, totalizando 20 parcelas, cada parcela contou com 14 plantas, sendo as 6 plantas centrais úteis para avaliação, onde o tamanho de cada parcela foi de 10 metros lineares.

Figura 1 – Croqui.

Croqui								
Carreador	Rua 1	Bordadura						Carreador
	Rua 2	Bordadura tratada	Bloco 1 3 - 1 - 2 - 4	Bloco 2 4 - 1 - 3 - 2	Bloco 3 1 - 2 - 4 - 3	Bloco 4 2 - 1 - 4 - 3	Bloco 5 3 - 1 - 2 - 4	
	Rua 3	Útil	Bloco 1 3 - 1 - 2 - 4	Bloco 2 4 - 1 - 3 - 2	Bloco 3 1 - 2 - 4 - 3	Bloco 4 2 - 1 - 4 - 3	Bloco 5 3 - 1 - 2 - 4	
	Rua 4	Útil	Bloco 1 3 - 1 - 2 - 4	Bloco 2 4 - 1 - 3 - 2	Bloco 3 1 - 2 - 4 - 3	Bloco 4 2 - 1 - 4 - 3	Bloco 5 3 - 1 - 2 - 4	
	Rua 5	Bordadura tratada	Bloco 1 3 - 1 - 2 - 4	Bloco 2 4 - 1 - 3 - 2	Bloco 3 1 - 2 - 4 - 3	Bloco 4 2 - 1 - 4 - 3	Bloco 5 3 - 1 - 2 - 4	
	Rua 6	Bordadura						

Fonte: Do Autor (2023).

3.3. Descrição dos tratamentos

Os tratamentos descritos no presente trabalho se encontram entre as Tabelas 2 e 6, divididos em 4, sendo o tratamento 1 como controle, onde não houve a aplicação de nutrientes. O tratamento 2 onde houve a aplicação via drench. O tratamento 3 onde houve aplicação via foliar. Por fim, o tratamento 4 unindo a aplicação via solo + folha. Logo, a época de aplicação variou entre os meses de novembro e abril.

Os fertilizantes aplicados foram Sulfato de manganês, Ácido bórico, Sulfato de zinco, Uréia e KCl, a fim de fornecer manganês, boro e zinco, e os macronutrientes nitrogênio e potássio, respectivamente.

O Durivo® é classificado como um inseticida a base de Tiametoxam e Clorantniliprole, que atua no cafeeiro afim de combater pragas severas da cultura, como o bicho mineiro (*Leucoptera coffeella*) e a cigarra (*Quesada gigas*).

Dessa forma, ocorreu a aplicação de Durivo® no mês de Dezembro, em todos os 4 tratamentos, com a dose de 1 litro por hectare, por meio da aplicação via drench.

Tabela 2 – Descrição do tratamento no mês de Dezembro.

Época de Aplicação	Produto	Local	Tratamento 1 Controle	Tratamento 2 Solo	Tratamento 3 Folha	Tratamento 4 Solo e Folha
Dezembro	Durivo	Solo	1 LT	1 LT	1 LT	1 LT
	Sulfato de Mn	Solo/Folha	Controle	5 Kg	2 Kg	T2 + T3
	Ácido Bórico	Solo/Folha	Controle	5 Kg	2 Kg	T2 + T3
	Sulfato de Zinco	Solo/Folha	Controle	5 Kg	2 Kg	T2 + T3
	Ureia	Solo	Controle	10 Kg	-	T2 + T3
	KCl	Folha	Controle	-	2 Kg	-

Fonte: Do Autor (2023).

Tabela 3 – Descrição do tratamento no mês de Janeiro.

Época de Aplicação	Produto	Local	Tratamento 1 Controle	Tratamento 2 Solo	Tratamento 3 Folha	Tratamento 4 Solo e Folha
Janeiro	Sulfato de Mn	Solo/Folha	Controle	5 Kg	2 Kg	T2 + T3
	Ácido Bórico	Solo/Folha	Controle	5 Kg	2 Kg	T2 + T3
	Sulfato de Zinco	Solo/Folha	Controle	5 Kg	2 Kg	T2 + T3
	Ureia	Solo	Controle	10 Kg	-	T2 + T3
	KCl	Folha	Controle	-	2 Kg	-

Fonte: Do Autor (2023).

Tabela 4 – Descrição do tratamento no mês de Fevereiro.

Época de Aplicação	Produto	Local	Tratamento 1 Controle	Tratamento 2 Solo	Tratamento 3 Folha	Tratamento 4 Folha
Fevereiro	Sulfato de Mn	Solo/Folha	Controle	-	2 Kg	2 Kg
	Ácido Bórico	Solo/Folha	Controle	-	2 Kg	2 Kg
	Sulfato de Zinco	Solo/Folha	Controle	-	2 Kg	2 Kg
	Ureia	Solo	Controle	-	-	-
	KCl	Folha	Controle	-	2 Kg	-

Fonte: Do Autor (2023).

Tabela 5 – Descrição do tratamento no mês de Março.

Época de Aplicação	Produto	Local	Tratamento 1 Controle	Tratamento 2 Solo	Tratamento 3 Folha	Tratamento 4 Folha
Março	Sulfato de Mn	Solo/Folha	Controle	-	2 Kg	2 Kg
	Ácido Bórico	Solo/Folha	Controle	-	2 Kg	2 Kg
	Sulfato de Zinco	Solo/Folha	Controle	-	2 Kg	2 Kg
	Ureia	Solo	Controle	-	-	-
	KCl	Folha	Controle	-	2 Kg	-

Fonte: Do Autor (2023).

Tabela 6 – Descrição do tratamento no mês de Abril.

Época de Aplicação	Produto	Local	Tratamento 1 Controle	Tratamento 2 Solo	Tratamento 3 Folha	Tratamento 4 Folha
Abril	Sulfato de Mn	Solo/Folha	Controle	-	2 Kg	2 Kg
	Ácido Bórico	Solo/Folha	Controle	-	2 Kg	2 Kg
	Sulfato de Zinco	Solo/Folha	Controle	-	2 Kg	2 Kg
	Ureia	Solo	Controle	-	-	-
	KCl	Folha	Controle	-	2 Kg	-

Fonte: Do Autor (2023).

3.4. Instalação e condução do experimento

A instalação do experimento foi realizada em 30/11/2022, seguida de 5 pulverizações, como descrito na Tabela 7.

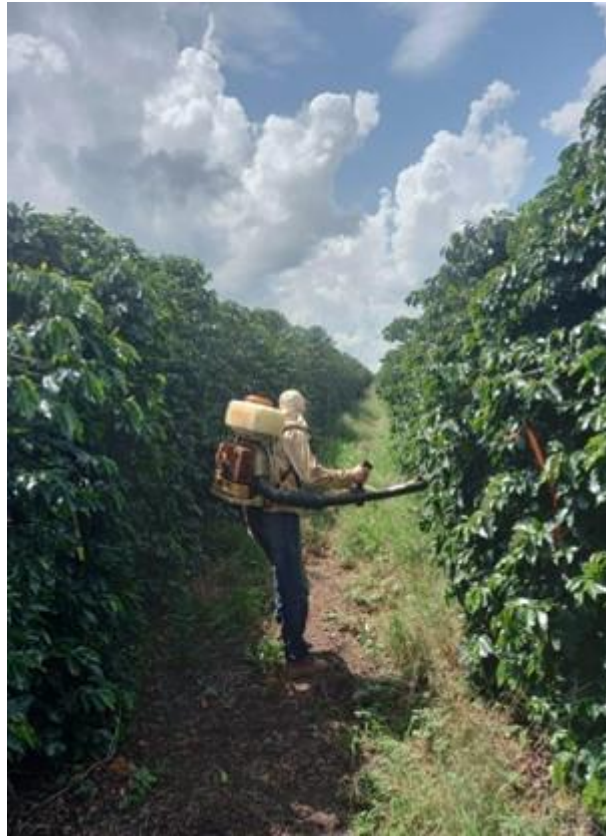
Tabela 7 – Descrição das pulverizações.

Manejo	Data	Aplicação
Instalação	30/11/2022	-
Pulverização 1	05/12/2022	Solo e folha
Pulverização 2	11/01/2023	Solo e folha
Pulverização 3	08/02/2023	Folha
Pulverização 4	20/03/2023	Folha
Pulverização 5	18/04/2023	Folha

Fonte: Do Autor (2023).

As aplicações foliares foram realizadas com um pulverizador atomizador costal, já as aplicações via drench foram realizadas com um pulverizador bomba costal.

Imagem 1 – Foto da aplicação foliar.



Fonte: Rehagro (2022).

Imagem 2 – Fotos dos tratamentos 1 e 2.



Fonte: Rehagro (2022).

Imagem 3 – Fotos dos tratamentos 3 e 4.



Fonte: Rehagro (2022).

3.5. Avaliações realizadas

Com o intuito de estimar os resultados foram realizadas 4 avaliações, sendo a análise química foliar, produtividade, rendimento e a análise de maturação de grãos.

Para a análise foliar a coleta aconteceu no dia 30/05/2023, foram coletadas folhas do ramo localizado no terço médio das plantas, com aparência sadia e totalmente expandidas, sendo amostradas de 15 a 20 folhas por parcela, de forma casualizada, localizadas no terceiro ou quarto par de folhas, contadas a partir da gema terminal dos ramos plagiotrópicos (MARTINEZ et al., 1999). Logo, após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas para análise química foliar no laboratório 3RLAB em Lavras-MG.

A colheita do experimento foi realizada com derriçadora, seguida de abanação e medição do volume total de café.

A análise da produtividade se iniciou com a retirada de amostras de 3 litros, em seguida iniciou-se a secagem em terreiro até que as amostras atingissem 11% de umidade, sendo novamente pesadas como café em coco. Os dados obtidos em todas as fases do processo foram usados no cálculo de produtividade (sacas de café beneficiadas por hectare) e rendimento (litros de café maduro por saca de café beneficiada).

Para a análise de maturação dos grãos foram retirados um volume de 0,3 litros de uma amostra e fez-se a contagem dos frutos verdes, cereja e seco.

3.6. Análise estatística

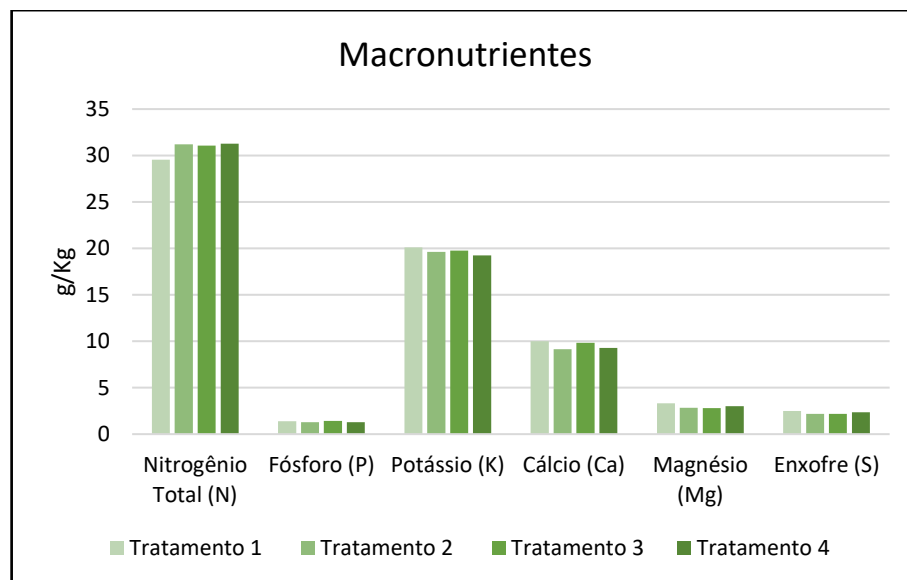
Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$). Após verificada a significância, aplicou-se o teste de média Scott-Knott ($p < 0,05$) para comparação. O software R foi utilizado para as análises estatísticas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da análise química foliar foram submetidos a análise descritiva dos resultados. Como citado por Malavolta (1997), a análise química foliar se faz eficaz e confiável, uma vez que representa as condições nutricionais da planta.

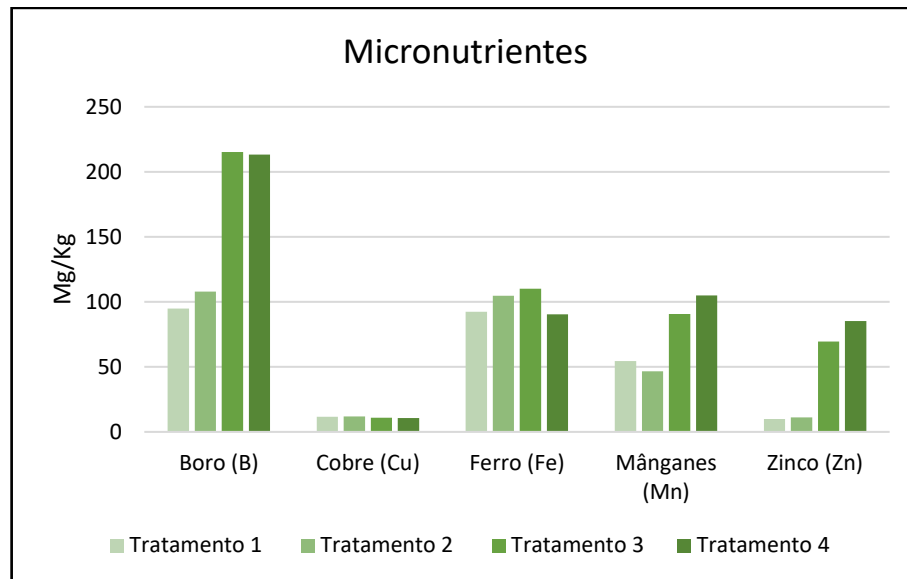
Foi possível observar que não houve diferença entre os macronutrientes e as diferentes formas de fornecimento. Em contrapartida, os micronutrientes boro, zinco e manganês apresentaram diferença, resultando em uma maior disponibilidade nos tratamentos 3 e 4, onde os mesmos foram fornecidos via folha e via solo + folha respectivamente (Gráfico 1 e 2).

Gráfico 1 – Análise foliar de macronutrientes.



Fonte: Do Autor (2023).

Gráfico 2 – Análise foliar de micronutrientes.



Fonte: Do Autor (2023).

Sendo o boro um nutriente que apresenta baixa mobilidade na planta, ocorrendo o transporte via xilema, recomenda-se seu fornecimento via foliar (MALAVOLTA et al., 1997). Essa afirmação pode justificar o fato de o boro apresentar uma maior disponibilidade quando fornecido via foliar nos tratamentos 3 e 4.

Como abordado no referencial teórico, o micronutriente boro, quando fornecido em aplicação foliar, é recomendado o uso de ácido bórico como fonte. Ao se tratar de fontes para fornecimento de nutrientes metálicos, são recomendados os sulfatos, cloretos e nitratos (QUAGGIO; PIZA JUNIOR, 2001). Logo, assim como as raízes, os tecidos foliares possuem uma alta capacidade de absorver nutrientes disponíveis em sua superfície (VOLKWEISS, 1991).

A adubação foliar proporciona alta eficiência na utilização dos micronutrientes, normalmente as doses aplicadas são menores e as respostas das plantas são mais rápidas, o que possibilita a correção de sua deficiência ainda durante o crescimento da planta, mesmo que em alguns casos o rendimento da cultura já esteja comprometido (VOLKWEISS, 1991). Esse fato pode explicar os maiores teores de boro, manganês e zinco nos tratamentos 3 e 4.

O fornecimento foliar é a forma mais eficiente de fornecer o micronutriente zinco para a cultura, uma vez que em solos argilosos há uma maior tendência de ocorrer adsorção de zinco pelas argilas do solo (ROSELEM, 2002).

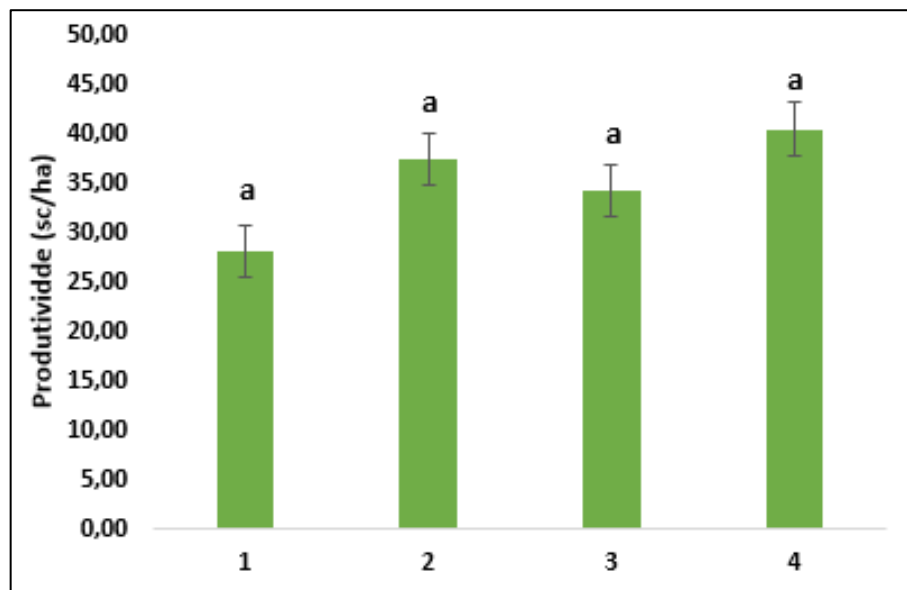
De acordo com as análises realizadas foi possível obter os seguintes resultados de produtividade, rendimento e maturação dos frutos em função dos tratamentos empregados (Tabela 8).

Tabela 8 – Descrição das análises.

Descrição das análises					
Tratamento	Produtividade (Sc/ha)	% Secos	% Maduros	% Verdes	Rendimento
1	28,11 a	25,14 a	59,87 a	14,98 a	560,15 b
2	37,35 a	17,90 a	66,13 a	15,95 a	571,41 b
3	34,20 a	12,53 b	75,04 a	12,42 a	559,91 b
4	40,47 a	8,21 b	72,17 a	19,61 a	591,32 a
C.V (%)	31,19	18,66	10,71	22,49	3,13

Fonte: Do Autor (2023).

Gráfico 3 – Análise da produtividade.

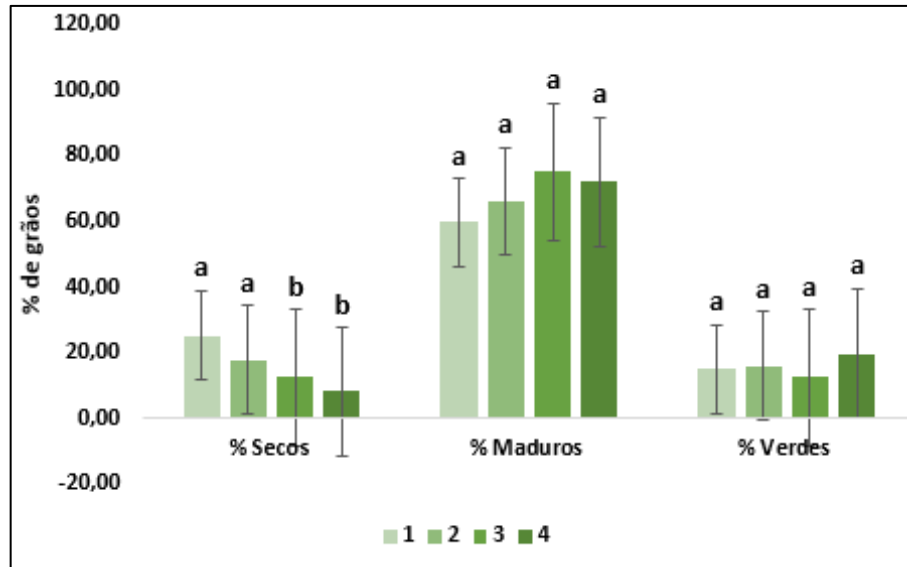


Fonte: Do Autor (2023).

De acordo com Guerra (2007), o fornecimento de nutrientes é indispensável para que o cafeeiro consiga atingir altas produtividades. Já Guimarães e Reis (2010) cita que a gestão inadequada da fertilidade do solo pode ser responsável pela reduzida produtividade do cafeeiro.

Com base nos testes aplicados, a análise de maturação de grãos apresentou diferença significativa na porcentagem de grãos secos, que nos tratamentos 3 e 4 foram menores.

Gráfico 4 – Análise da maturação de grãos.



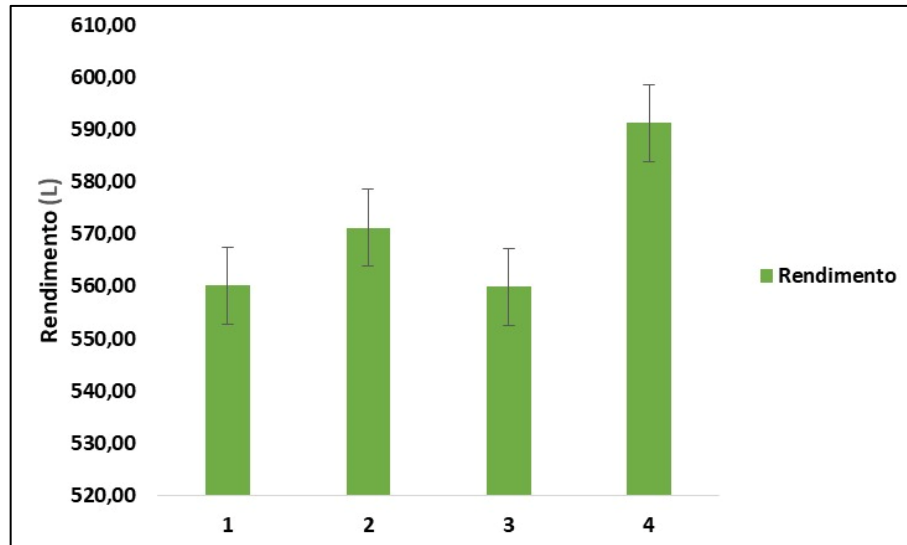
Fonte: Do Autor (2023).

O desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro é afetado por diversos fatores, dentre eles é possível citar as condições climáticas e a nutrição mineral. Logo, períodos de seca e a falta de nutrientes podem levar a uma maior seca dos frutos. Outro fato importante é em relação aos micronutrientes, que devem ser fornecidos antes do início da expansão dos grãos e quando esse fornecimento ocorre via solo, deve ser feito logo após a florada (GUIMARÃES et al., 1999; RENA & AMP; FAVARO, 2000).

No presente trabalho, o tratamento que obteve maior porcentagem de frutos secos foi o 1, onde não houve o fornecimento de nutrientes. Ainda no tratamento 2, foram obtidos resultados semelhantes, onde o fornecimento foi realizado via solo. No entanto, a aplicação não ocorreu após a florada, e sim quase dois meses após. Os tratamentos 3 e 4 apresentaram menor porcentagem de frutos secos.

Ao observar os dados de rendimento, foi possível perceber que o tratamento 4, onde o fornecimento de micronutrientes ocorreu via folha e solo, o rendimento foi superior aos demais (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Análise do rendimento.



Fonte: Do Autor (2023).

O rendimento refere-se à quantidade de café da roça utilizada para produzir uma saca de café beneficiado. Um dos fatores que afetam o rendimento, é o grau de maturação da lavoura, a porcentagem de frutos seco aumenta a relação grão/casca e conseqüentemente diminui o rendimento (CARVALHO e ANTUNES FILHO, 1955). Sendo assim, a relação do rendimento com a porcentagem de grãos secos é proporcional, quanto maior a porcentagem de grãos secos, maior tende a ser o rendimento e mais negativo é.

No entanto, o experimento apresentou uma menor porcentagem de secos no tratamento 4, e um maior rendimento no mesmo, sendo um resultado não muito encontrado. Logo, o tratamento 4 é o tratamento de pior rendimento.

Contudo, é importante ressaltar que o experimento foi conduzido pelo primeiro ano, sendo o café uma cultura perene, caso haja continuidade, é possível alcançar mais resultados.

5. CONCLUSÃO

Concluiu-se que os tratamentos 3 e 4 resultaram em uma maior disponibilidade dos micronutrientes boro, manganês e zinco. Em contrapartida, não houve diferença na disponibilidade de macronutrientes entre os tratamentos.

O tratamento 4 apresentou uma menor porcentagem de grãos secos e um maior rendimento. Logo, o tratamento 4 apresentou o pior rendimento em relação aos demais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. A. **Análise da variabilidade espacial da qualidade do café cereja produzido em região de montanha**. 2005. Tese (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

ALVES, L. C. **Faixas de suficiência e níveis ótimos de atributos da fertilidade do solo para a cultura do café em Minas Gerais**. 2012. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

BARROS, U.V; SANTINATO, R.; MATIELLO, J.B. & BARBOSA, C.M. **Comparação de modos de adubação do cafeeiro nas regiões montanhosas da Zona da Mata de Minas Gerais**. In: CBPC, 26, Marília-SP, 2000. P.41-43.

CARMO, D. L. et al. Micronutrientes em solo e folha de cafeeiro sob o sistema agroflorestal no sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v.7, n.1, p. 76-83, Jan. 2012.

CARVALHO, A.; ANTUNES FILHO, H. Melhoramento do cafeeiro X. **Seleção visando eliminar o defeito “lojas vazias do fruto” no café Mundo Novo**. *Bragantia*, Campinas, v.14, n.6, p.51-62, 1955.

CLEMENTE, Flávia Maria Vieira Teixeira. **Faixas críticas de teores foliares de macro e micronutrientes no cafeeiro (*Coffea arabica* L) no primeiro ano de formação de lavoura**. 2005. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra Brasileira de Café**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>. Acesso em: Outubro de 2023.

DIAS MARTINS, JHONNY KELVIN, et al. & QUOT. **Desempenho produtivo de cafeeiros submetidos a fertilização potássica em distintos sistemas de produção na Amazônia Ocidental**. X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (2019).

FAQUIN, V.; **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 182 p.

FAVARIN, J. L. et al. Teor de zinco no café como variável da disponibilidade no solo e extrator. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1191-1196, Set. 2007.

FERREIRA, G. F. P. **Especialização de atributos do solo e do cafeeiro arábica em densidades amostrais no planalto de Vitória da Conquista – BA.** 2020. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, 2020.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252p.

GARCIA, A. L. A.; CARVALHO, C. H. S.; GARCIA, A. W. R. Extração de nutrientes em cafeeiros da espécie *Coffea Arábica*. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS**, 34, Cambuquira-MG, 2009.

GOULART, R. R. et al. Aplicação de fungicidas via drench e via foliar associado a ácido bórico no controle da ferrugem e cercosporiose e desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arábica*). Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Sul de Minas. Muzambinho-MG, 2015.

GUIMARÃES, P.T.G.; GARCIA, A.W.R.; ALVAREZ V., V.H.; PREZOTTI, L.C.; VIANA, A.S.; MIGUEL, A.E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J.B., LOPES, A.S.; NOGUEIRA, F.D. & amp; MONTEIRO, A.V.C. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & amp; ALVAREZ. V., V.H., eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação.** Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. p.289-302.

LAVIOLA, B. G. et al. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em duas altitudes de cultivo: micronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1439-1449, nov. 2007.

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

MALTA, M. R. et al. Caracterização de lavouras cafeeiras cultivadas sob o sistema no orgânico no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia** v. 32, n. 5, p. 1402-1407, Set. 2008.

MARTINEZ, H. E. P. et al. **Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida.** **Revista Ceres**, v. 61, p. 838-848, nov. 2014.

MATUO, T. K. et al. Desenvolvimento de equipamento motorizado para aplicação líquida de produtos fitossanitários na cultura do café. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 3, p. 543-553, jul. 2008.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br>. Acesso em: Outubro de 2023.

PERUCHI, M. **Aplicação de fontes de boro e zinco via foliar em culturas anuais**. 2009. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, 2009.

REIS, P. R. et al. Eficácia do enxofre aplicado via solo no controle da cigarra Quesada gigas (Olivier) em cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 527-536, Out. 2015.

RENA, A. B. & FÁVARO, J. R. A. **Nutrição do cafeeiro via folha**. In: ZAMBOLIM, L. (ed.) **Café: Produtividade, qualidade e sustentabilidade**. UFV, Viçosa-MG, 2000. 396p.

ROSOLEM, C.A. **Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.

SOUSA, J. S. **Análise foliar para ajuste da recomendação de adubação do cafeeiro**. 2016. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2016.

SOUZA, C. A. S.; **Aplicação de zinco via solo em plantas de cafeeiro (Coffea arabica L.) em casa de vegetação**. 1999. 159 p. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SOUZA, G. H. **O café das matas de minas: Tecnologia a serviço do agronegócio**, 2022. Tese de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2022.

SOUZA, V. C. O. de; VIEIRA, T. G. C.; VOLPATO, M. M. L.; ALVES, H. M. R. Dynamics and spatialization of the coffee production of Minas Gerais State between 1990 and 2008 using geotechnologies. **Coffee Science - ISSN 1984-3909**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 122–134, 2012. Disponível em: <https://coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/209>. Acesso em: Novembro de 2023.

TOMAZ, M. A. et al. Eficiência de absorção e utilização de boro, zinco, cobre e manganês em mudas enxertadas de cafeeiro. **Revista Ceres**, v. 58, n. 1, p. 108-114, fev. 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Biblioteca Universitária. **Manual de normalização e estrutura de trabalhos acadêmicos: TCCs, monografias, dissertações e teses**. 3. ed. rev., atual. e ampl. Lavras, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/41282>. Acesso em: Novembro de 2023.

VALARINI, V.; BATAGLIA, O. C.; FAZUILI, L. C. Macronutrientes em folhas e frutos de cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, v. 64, n. 4, p. 661-672, 2005.

VALVERDE, E. T. **A indústria no café no Brasil**. 2022. Tese de Conclusão de Curso – Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, RJ, 2022.

VENTURI, C. H. P.; FERNANDES, L. H.; FREITAS JUNIO, R. C. Desenvolvimento inicial do cafeeiro com Durivo® (Clorantraniliprole + Tiametoxam) na Zona da Mata Mineira. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS**, 42., 2016, Serra Negra. Anais [...]. Brasília, DF: Embrapa Café, 2016. (1 CD-ROM), 1 p.