



EFEITO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA COM DIFERENTES FONTES COMERCIAIS NO CRESCIMENTO INICIAL DO CAFEEIRO

Ryan Nascimento da Silva

Wagner Nunes Rodrigues

Curso: Agronomia Período: 10º

Área de Pesquisa: Fertilidade do Solo e Adubação

Resumo: Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o uso de diferentes fontes comerciais de fósforo na nutrição e no crescimento inicial do cafeeiro arábica na Região das Matas de Minas. Foram estudadas sete fontes comerciais, incluindo fertilizantes minerais, organominerais e fontes protegidas, testados a campo para observar seu efeito sobre plantas jovens de café arábica. Houve variações no desenvolvimento das plantas, com diferentes respostas quanto ao enfolhamento, crescimento foliar, altura de plantas, diâmetro do caule e de copa. Observaram-se variações na concentração de fósforo nos tecidos foliares e no solo. Além disso, o estudo destacou diferenças no custo das fontes e na necessidade de replantio. Os resultados demonstraram a importância da escolha adequada do tipo de fonte de adubo fosfatado no plantio do cafeeiro arábica. Diferentes fontes comerciais para a adubação com fósforo promovem diferenças significativas na implantação da lavoura. Apesar de todas as fontes testadas permitirem o crescimento adequado e sadio do cafeeiro e uma produção semelhante de pigmentos fotossintéticos, é possível notar diferenças iniciais em termos de enfolhamento, tamanho de copa e espessura de caules. Dentre as fontes avaliadas, destaca-se vantagens em termos de crescimento inicial do cafeeiro para os organominerais Fertium® Phós e CP Fós, e em termos de custo para os fertilizantes minerais PROPhós, Phusion Power e YaraBasa Soberano.

Palavras-chave: Adubos. *Coffea arabica*. Fósforo. Nutrição mineral.

1. INTRODUÇÃO

Minas Gerais é um estado de destaque na produção de café arábica (*Coffea arabica* L.), sendo responsável por mais da metade da safra brasileira. Entre as regiões produtoras mais importantes está a Região das Matas de Minas, que está localizada a leste do estado, em uma área de Mata Atlântica, essa região se caracteriza pelo seu relevo acidentado e clima com temperaturas entre 18 °C a 30 °C, adequados para o cultivo do café (Vilela; Rufino, 2010; Zaidan, 2015; Conab, 2024).

A nutrição mineral é um dos fatores que mais influencia o crescimento e desenvolvimento das plantas, impactando a lavoura desde o seu estabelecimento até o ciclo produtivo da cultura. Preparar o solo, corrigindo sua fertilidade, e garantir que ele possa disponibilizar a quantidade total de nutrientes necessária para as plantas é fundamental para aumentar as chances de formar uma lavoura produtiva e sustentável (Amaral *et al.*, 2012).

O fósforo é um dos nutrientes mais limitantes em solos tropicais. Nesses solos, a disponibilidade de fósforo é naturalmente baixa devido à forte capacidade de retenção desse elemento, causada pela presença de grandes quantidades de óxidos de ferro e alumínio. Quando o fósforo entra em contato com as partículas do solo, ele pode formar interações e ligações que alteram a acessibilidade desse nutriente para as plantas (Costa *et al.*, 2024). Por essa razão, diferentes fontes comerciais de fósforo podem apresentar diferentes eficiências, tendo em vista que tecnologias são empregadas para tentar contornar esse problema e tornar o fósforo mais disponível para a absorção das plantas. Ao utilizar fertilizantes fosfatados, é necessário aplicar uma quantidade maior do que a demanda direta das plantas, visando saturar os sítios onde o fósforo fica preso no solo, aumentando assim sua concentração na solução do solo e permitindo que as plantas possam absorver quantidades suficientes para seu crescimento e desenvolvimento (Furtini Neto *et al.*, 2001; Melo *et al.*, 2005; Candido, 2013).

Plantas jovens precisam de quantidades adequadas de fósforo para crescerem, tanto para o sistema radicular quanto para a parte aérea, fundamentais para a formação de lavouras produtivas. O fósforo está relacionado a biomoléculas responsáveis pela transferência de energia e informação genética, fundamentais para o metabolismo e para divisão celular. A falta desse nutriente causa limitação de crescimento radicular, resultando em prejuízos na exploração do solo e, consequentemente, no acesso a água e nutrientes (Malavolta, 2006; Candido, 2013).

As principais fontes de fósforo utilizadas na agricultura apresentam alta eficiência agrônômica e são obtidas industrialmente através do tratamento de rochas com ácidos. Essas fontes podem ser, por exemplo, fosfatos naturais (fosfato natural de Araxá, Gafsa, Arad, Carolina do Norte, Bayóvar), termofosfatos (termofosfato magnésiano, termofosfato calcinado), fosfatos acidulados (superfosfatos simples e triplo, fosfatos amoniados) e fontes alternativas, tal como os organominerais fosfatados (Santos; Souza; Korndörfer, 2012).

No mercado nacional, há uma grande variedade de adubos fosfatados, o que pode tornar a escolha um desafio para o produtor, pois é difícil determinar qual é o mais viável para cada tipo de cultivo, cada condição ambiental e cada época. Cada tipo de fonte de fósforo disponível atualmente apresenta suas vantagens, com algumas fontes comerciais agregando tecnologias para trazer benefícios em termos de aproveitamento da adubação enquanto outras fontes se destacam pelo seu preço mais competitivo.

A preocupação com a sustentabilidade ambiental por parte dos produtores e consumidores e a crescente falta de matérias-primas para a produção de fertilizantes químicos têm levado a busca por alternativas mais sustentáveis, como a reutilização de resíduos orgânicos para a fabricação de fertilizantes organominerais. No entanto, ainda existem muitas dúvidas sobre a eficiência desses produtos para a agricultura, seu custo e os possíveis impactos no solo e nas plantas, especialmente quando comparados aos fertilizantes convencionais (Wietholter *et al.*, 1994; Candido, 2013).

Os organominerais se destacam por combinar matéria orgânica e minerais, favorecendo microrganismos que, presentes na matéria orgânica, ajudam a melhorar a disponibilidade de fósforo no solo. Além disso, os quelatos orgânicos presentes no produto impedem a ligação do ferro com o fósforo, evitando que esse nutriente se torne indisponível (Matiello, 2017).

Algumas fontes apresentam proteção por revestimento (*coating*, polimerização), capazes de proteger o fósforo contra alguns agentes responsáveis pela sua fixação no solo, tal como o ferro e o alumínio. Isso reduz significativamente as perdas de fósforo, promovendo a eficiência da adubação (Gazola *et al.*, 2013).

Dessa forma, cada tipo de adubo fosfatado tem uma tecnologia que contribui de maneira única para a eficiência da fertilização, garantindo melhores resultados para as culturas e, conseqüentemente, preservando a qualidade do solo (Santos; Souza, Korndörfer *et al.*, 2012). Para identificar como essas vantagens se expressam nos diferentes plantios de café, é necessário que se realizem estudos em diferentes regiões, para diferentes tipos de solo e para diferentes lavouras, de forma a gerar mais conhecimento para melhoria das recomendações e identificação das fontes mais promissoras para cada sistema específico de cultivo.

O objetivo do trabalho foi analisar o crescimento inicial e o estado nutricional do cafeeiro arábica submetido a plantio com diferentes fontes comerciais para a adubação com fósforo.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Metodologia

O trabalho foi realizado na zona rural do município de Lajinha-MG, localizada na Região das Matas de Minas, em uma propriedade rural tradicionalmente produtora de café arábica, a Fazenda Sonho Meu, localizada a 20°11'29,3" S de latitude, 41°34'41,2" W de longitude e 890 metros de altitude.

A região apresenta clima classificado como Cwa (subtropical úmido) pela classificação de Köppen-Geiger (Alvares *et al.*, 2013), com inverno seco, de abril a setembro, e verão chuvoso, de outubro a março. As temperaturas variam entre 13 °C e 30 °C ao longo do ano, raramente ocorrendo temperaturas inferiores a 10 °C ou superiores a 34 °C (Diebel; Norda, 2024).

O trabalho foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por sete fontes comerciais de fósforo para adubação de plantio e cada parcela experimental foi composta por duas plantas úteis dispostas aleatoriamente ao longo de linhas de 30 plantas que receberam o mesmo tratamento. O valor de cada parcela experimental foi quantificado e expresso como sendo a média da avaliação dos parâmetros das duas plantas úteis.

O solo foi previamente amostrado e analisado para determinação dos principais parâmetros de acidez e fertilidade do mesmo (Embrapa, 1997). Foi empregada

amostragem aleatória no campo, gerando duas amostras compostas que foram enviadas para laboratório. O resultado médio das análises de solo antes das adubações é apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 – Resultado da análise de solo do local de implantação do experimento.

Atributos	Valores
pH em água ¹	4,99
pH em CaCl ₂	4,29
P (mg dm ⁻³) ²	0,88
K (mg dm ⁻³) ²	26,79
Ca (cmol _c dm ⁻³) ³	0,53
Mg (cmol _c dm ⁻³) ³	0,12
Al (cmol _c dm ⁻³) ³	0,28
H+Al (cmol _c dm ⁻³) ⁴	3,12
Soma de Bases (cmol _c dm ⁻³)	0,72
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	1,00
CTC a pH 7 (cmol _c dm ⁻³)	3,84
Saturação por bases (%)	18,72
Saturação por alumínio (%)	28,04
Matéria orgânica (dag kg ⁻¹) ⁵	1,16
P-remanescente (mg L ⁻¹)	24,06
S (mg dm ⁻³) ⁶	19,71
B (mg dm ⁻³) ⁷	0,13
Fe (mg dm ⁻³) ²	70,40
Cu (mg dm ⁻³) ²	0,16
Mn (mg dm ⁻³) ²	2,33
Zn (mg dm ⁻³) ²	1,80

¹Relação 1:2,5; ²Extraído por Mehlich-1; ³Extraído com KCl 1 mol L⁻¹; ⁴Extraído por SMP; ⁵Colorimetria; ⁶Extrator monocálcico em ácido acético; ⁷Extraído por água quente (Embrapa, 1997).

Sulcos foram abertos com uma escavadeira hidráulica, considerando o espaçamento de 2,80 x 0,70 m para formação da plantação. Após a abertura dos sulcos, foi realizada a aplicação de fertilizante corretivo mineral (Polli, SE Mag), com o intuito de elevar os teores de cálcio e magnésio do solo. Posteriormente, a adição de fósforo foi feita de acordo com os tratamentos, e a mistura foi realizada manualmente com o auxílio de uma enxada.

As fontes comerciais avaliadas no trabalho são apresentadas na Tabela 1, as quais compuseram os sete tratamentos para diferentes fontes comerciais de fósforo no plantio do café: T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7.

TABELA 1 – Fontes comerciais de fósforo avaliadas.

Tratamento	Produto comercial	Classe	Fabricante	Disponível em:
T1	Fertium® Phós	Organomineral	Vittia	https://vittia.com.br/produto/fertium-phos/
T2	PROPhós	Mineral (protegido)	Café Brasil	https://www.cafebrasil.ind.br/produtos/prophos
T3	Redi Organomineral	Organomineral	Redi Fertilizantes	http://www.redifertilizantes.com.br/produto/redi-organomineral/
T4	Stabilize Phos	Mineral (liberação gradual)	Alltech	https://www.alltech.com/pt-br/crop-science/adubos/stabilize-phos
T5	Phusion Power	Mineral	ICL	https://icl-growingsolutions.com/pt-br/agriculture/products/phusion-power/
T6	CP Fós	Organomineral	AgroCP	https://agrocp.agr.br/portfolio.html
T7	YaraBasa Soberano	Mineral	Yara	https://www.yarabrasil.com.br/nutricao-de-plantas/produtos/yarabasa/

Acesso em: 19 nov. 2024.

Adotou-se o mesmo nível de adição de fósforo em todos os tratamentos (30 g de P_2O_5 /ha), de acordo com 5ª aproximação do Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito (Prezotti *et al.*, 2004), estabelecendo-se a quantidade correspondente de cada fonte comercial de fósforo para esse nível (Tabela 2).

TABELA 2 – Teores de fósforo e quantidades adicionadas para cada tratamento.

Tratamento	Produto comercial	% P_2O_5	Quantidade adicionada (kg/ha)
T1	Fertium® Phós	15	1.000,00
T2	PROPhós	49	306,12
T3	Redi Organomineral	14	1.071,50
T4	Stabilize Phos	50	300,00
T5	Phusion Power	50	300,00
T6	CP Fós	9	1.666,00
T7	YaraBasa Soberano	27	555,55

Após 11 dias do preparo do solo, procedeu-se o plantio manual, realizado por uma mesma pessoa para evitar diferenças na execução na operação, de mudas da cultivar Arara. As mudas foram levadas a campo cerca de sete meses após a semeadura das sementes.

Foi realizada a adubação de cobertura, com parcelamento aos 36, 70 e 125 dias após o plantio. Em cada aplicação, foram utilizados 15 gramas de adubo

orgânico-mineral, com 25% de N e 8,4% de carbono orgânico (CTC de 103 mmol_c kg⁻¹).

Aos 48, 83 e 129 dias após o plantio também foram realizadas pulverizações com adição de Aureo (Bayer; adjuvante espalhante à base de óleo vegetal emulsionável), Cercobin (Ihara; tiofanato-metílico, um fungicida sistêmico pertencente ao grupo químico dos benzimidazóis), Dacafé (Stoller; fonte de micronutrientes – Mn, Zn e B, agente quelante com elevada estabilidade), *Stimulate* (Stoller; regulador de crescimento vegetal, com cinetina, ácido giberélico e ácido 4-indol-3-ilbutírico), *Copper Crop* (Alltech; fonte de cobre na forma de complexo orgânico) e Bioamino Extra (Vittia; fertilizante foliar fluido orgânico composto Classe A, com alta concentração de materiais orgânicos e L-aminoácidos).

Após 60 dias de plantio, foi realizada uma aplicação via *drench* com adição de Durivo (Syngenta; inseticida sistêmico de contato e ingestão, com composição de tiametoxam e clorantraniliprole), ácido bórico (Multitécnica).

O campo foi conduzido sem irrigação. Para o controle das plantas daninhas, foi realizada uma capina aos 62 dias após o plantio em todos os tratamentos. Três dias após a capina, foi realizada a aplicação de herbicida pré-emergente, seletivo, indicado para o controle pré-emergente de plantas infestantes em diferentes momentos (Syngenta; Dual Gold).

Aos 182 dias de cultivo, as plantas foram avaliadas quanto a parâmetros de crescimento e nutricionais. O número de folhas (NFO) foi determinado por contagem direta de todas as folhas por planta. A área foliar unitária (AFU) foi estimada empregado o método não destrutivo baseado na medida das dimensões lineares das folhas descrito por Barros *et al.* (1973), que propuseram a Equação 1 para estimar a extensão da superfície foliar para *C. arabica*:

$$AFU = 0,667.C.L \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde: AFU representa a estimativa da área foliar unitária da folha de café, *C* representa o maior comprimento da folha e *L* representa a maior largura da folha. Após a obtenção da estimativa da área foliar, o valor foi multiplicado pelo número de folhas da planta para se estimar a área foliar total por planta. Os parâmetros anteriores foram utilizados para estimar a área foliar total por planta (AFT).

A altura das plantas (ALT) foi avaliada com o auxílio de uma trena graduada em milímetros. O diâmetro do caule (DCA) foi medido na altura do coleto com auxílio de um paquímetro. O diâmetro de copa (DCO) foi medido com auxílio de uma trena graduada em milímetros, mensurado pela maior distância entre as pontas dos ramos de cada lado da copa do cafeeiro.

Os índices de clorofila *a* (CLA), clorofila *b* (CLB) e clorofila total (CLT) das plantas foram obtidos empregando um medidor portátil de clorofilas, modelo ClorofiLOG CFL1030 (Falker, 2008). As medições foram realizadas em folhas do 2º e 3º pares a partir da ponta dos ramos plagiotrópicos da porção mediana das copas das plantas, com amostragem de um par de folhas de cada um dos dois lados da planta, no sentido das entrelinhas.

Os dados foram sujeitos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, de acordo com a significância da fonte de variação. Considerou-se o nível de 5% de probabilidade para as análises e as mesmas foram realizadas com auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

Adicionalmente, para verificação do estado nutricional das plantas, folhas sadias (isentas de doenças e sintomas de deficiências) e completamente expandidas

foram amostradas (da mesma região da planta usada para avaliação dos teores de clorofila) e enviadas para análise química, determinando-se o teor de fósforo presente nos tecidos foliares (Silva, 1999).

Em cada parcela, também foram coletadas amostras para análise do teor de fósforo no solo. As amostras foram coletadas à profundidade de 0-20 cm, em pontos selecionados ao acaso ao longo das parcelas do mesmo tratamento. As amostras foram enviadas para análise laboratorial, com extração por Mehlich-1 (Embrapa, 1997).

Para descrever o valor por planta, empregou-se a quantidade de cada fonte necessária para fornecer 30 gramas de P_2O_5 para cada planta. Pela divisão do preço de aquisição de cada saco das fontes comerciais pelo peso do saco usado na comercialização do adubo, seguido da multiplicação pela quantidade de adubo necessária por planta, estabeleceu-se o valor gasto com a fonte de fósforo para cada planta.

Após 105 dias do plantio, utilizando-se um total de 400 plantas que receberam cada uma das fontes comerciais avaliadas, procedeu-se a o cálculo de porcentagens de replantio, com base no número de plantas mortas por tratamento.

2.2. Resultados

Na imagem apresentada na Figura 1, é possível perceber uma diferença visual de enfolhamento e tamanho das copas entre os tratamentos. Com destaque para T1, T3, T6 e T7, que apresentaram melhor aspecto inicial.



FIGURA 1 – Plantas de café submetidas a tratamentos com diferentes adubos fosfatados (Lajinha-MG, 2024) (T1 = Fertium® Phós; T2 = PROPhós; T3 = Redi Organomineral; T4 = Stabilize Phos; T5 = Phusion Power; T6 = CP Fós; T7 = YaraBasa Soberano).

Observou-se significância estatística para o efeito das fontes de fósforo para o número de folhas (NFO), área foliar total (AFT), altura da planta (ALT), diâmetro de células (DCA) e diâmetro do caule (DCO), demonstrando que as fontes de fósforo promoveram diferenças nos aspectos de crescimento inicial do café (Tabela 3).

TABELA 3 – Resumo da análise de variância.

Fonte de variação	GL ¹	NFO ²	AFU ³	AFT ⁴	ALT ⁵	DCA ⁶
Fósforo	6	494,72*	77,09 ^{ns}	876.916,64*	45,06*	8,05*
Resíduo	28	60,99	33,52	239.758,79	13,90	2,73
CV ⁷ (%)		15,72	15,26	25,87	10,66	13,73
Fonte de variação	GL ¹		DCO ⁸	CLA ⁹	CLB ¹⁰	CLT ¹¹
Fósforo	6		118,11*	6,14 ^{ns}	12,96 ^{ns}	32,29 ^{ns}
Resíduo	28		13,77	10,27	76,74	136,48
CV ⁷ (%)			12,68	8,48	25,84	16,29

¹Grau de liberdade; ²Número de folhas; ³Área foliar unitária; ⁴Área foliar total; ⁵Altura da planta; ⁶Diâmetro de caule; ⁷Coeficiente de variação; ⁸Diâmetro de copa; ⁹Teor de clorofila a; ¹⁰Teor de clorofila b; ¹¹Clorofila total. *Significativo e ^{ns}Não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Os tratamentos T1, T2, T3, T6 e T7 apresentaram semelhanças quanto ao número de folhas (Figura 2A), entretanto, o tratamento T1 se destaca por apresentar isoladamente a maior média para essa variável. Em relação à área foliar unitária, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos (Figura 2B). Para a área foliar total, apesar de certa similaridade entre os tratamentos, a fonte comercial de T6 apresentou tendência de superioridade em comparação aos outros tratamentos (Figura 2C). Quanto à altura da planta, o T1 se destacou, com plantas que chegaram a apresentar média de 40,3 cm de altura (Figura 2D). As plantas sujeitas ao tratamento T6 apresentaram tendência a maiores diâmetros de caule; enquanto as plantas sujeitas a T4 tenderam a apresentar caules mais finos (Figura 2E). Para o diâmetro da copa, isoladamente, os tratamentos T6 e T4 se destacaram por formar plantas de copas maiores (Figura 2F), apesar de sua semelhança com T5 e T7, estes apresentaram médias que também se assemelharam com tratamentos caracterizados por plantas de copas menores.

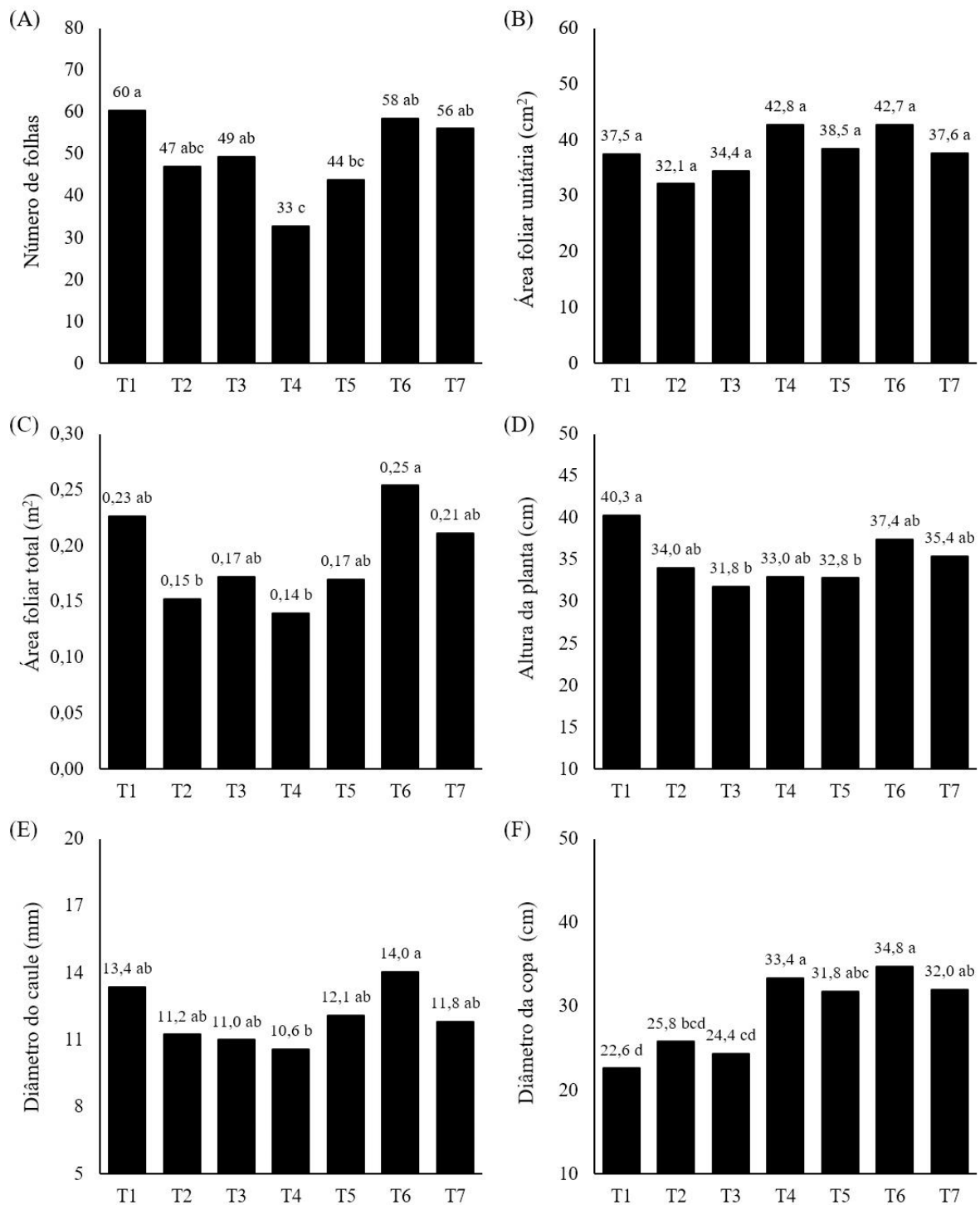


FIGURA 2 – Comparação de médias de números de folha (A), área foliar unitária (B), área foliar total (C), altura da planta (D), diâmetro do caule (E) e diâmetro da copa (F) de plantas de café submetidas a tratamentos com diferentes adubos fosfatados (Lajinha-MG, 2024).

Na figura (3A), pode-se verificar que a clorofila *a* não se alterou em função da mudança da fonte de fósforo. O mesmo comportamento foi observado para clorofila *b* (Figura 3B) e para clorofila total (Figura 3C). As médias de clorofila *a* variaram apenas de 35,5 a 39,0 entre tratamentos; enquanto as médias de clorofila *b* foram de 31,7 a 36,4; resultando em uma pequena variação de clorofila total. Os níveis alcançados por

esses parâmetros são um indicativo de que as plantas de café apresentaram bom aspecto nutricional, com valores condizentes com plantas sem limitação de produção desses pigmentos.

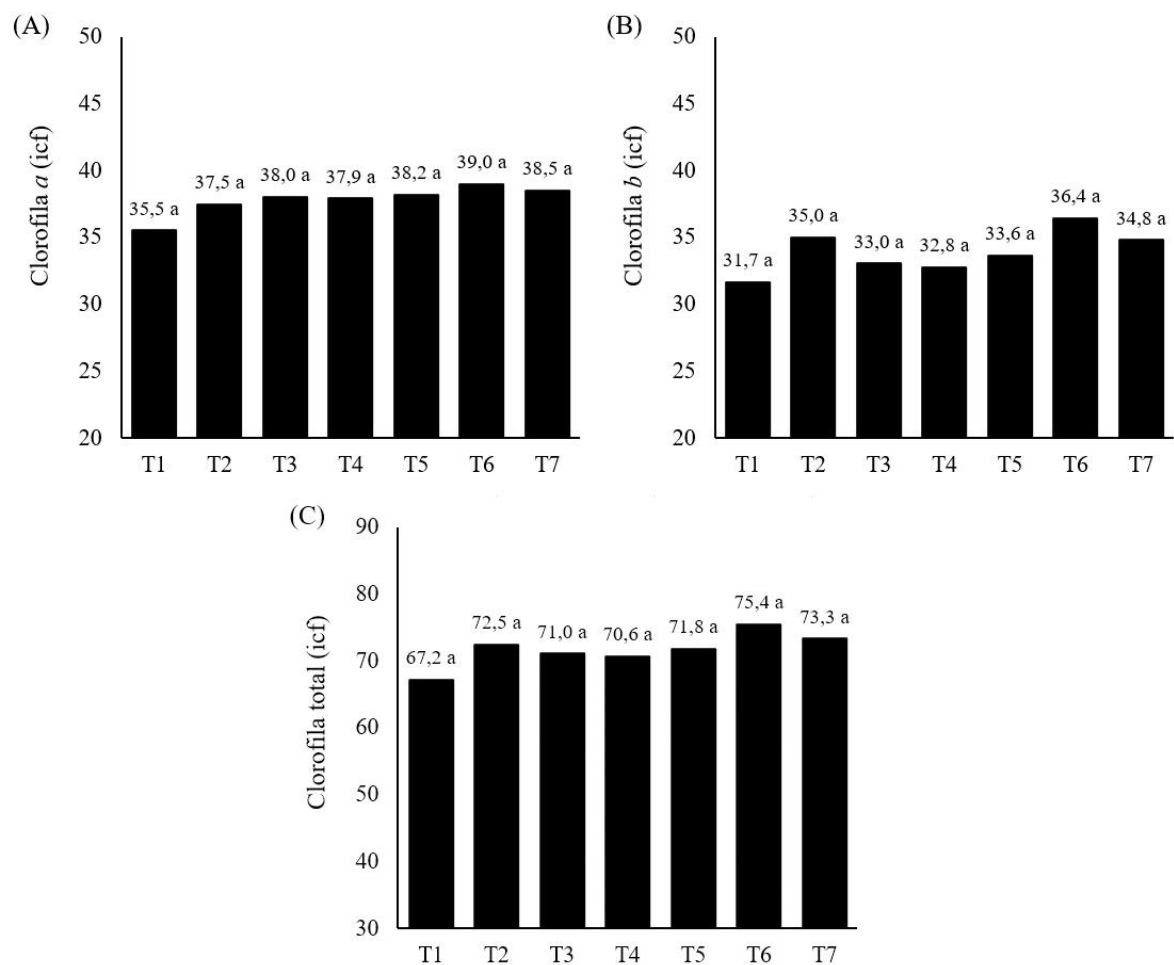


FIGURA 3 – Comparação de médias de clorofila *a* (A), clorofila *b* (B) e clorofila total (C) de plantas de café submetidas a tratamentos com diferentes adubos fosfatados (Lajinha-MG, 2024).

Na Figura 4A, que apresenta o fósforo no solo, os tratamentos T1 e T7 se destacaram por promoverem as maiores quantidades de fósforo disponíveis no solo. Na Figura 4B, que mostra o teor de fósforo nas folhas, verifica-se que o tratamento T1 se destacou por permitir uma maior concentração de fósforo nos tecidos foliares. Na Figura 4C, que indica o valor por planta, nota-se que o tratamento T2 se destacou pelo seu menor custo, com apenas R\$0,30, apesar de fornecer a mesma quantidade de P_2O_5 que os demais. Na Figura 4D, sobre a proporção de replantas, notou-se que o tratamento T6 se destacou por promover uma menor perda (8%) das mudas plantadas.

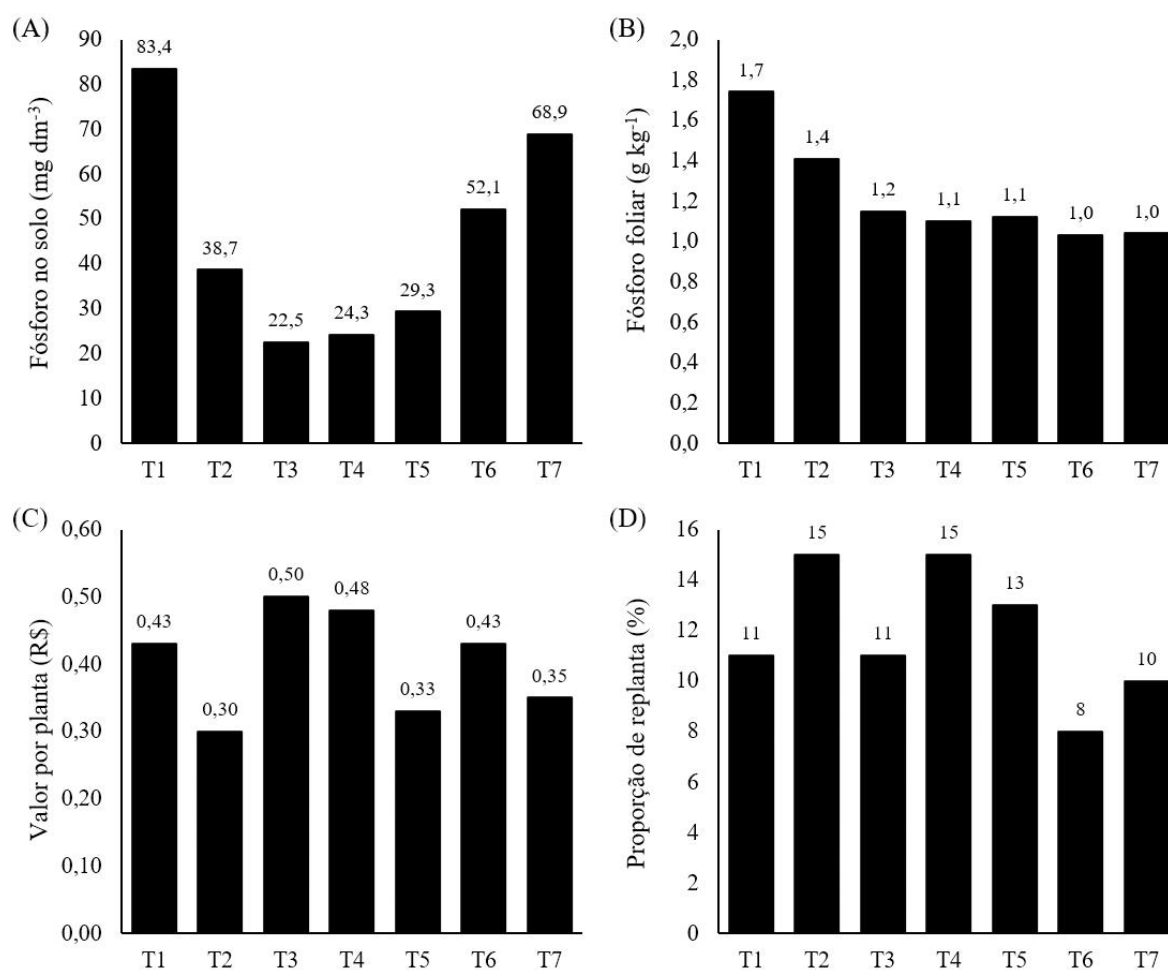


FIGURA 4 – Fósforo no solo (A), fósforo foliar (B), valor por planta (C) e proporção de replanta (D) de plantas de café submetidas a tratamentos com diferentes adubos fosfatados (Lajinha-MG, 2024).

2.3. Discussão

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que a alteração da fonte usada para a adubação fosfatada pode ter um efeito sobre o crescimento inicial do cafeeiro arábica, evidenciando diferenças significativas entre os tratamentos avaliados. Todas as fontes comerciais foram capazes de assegurar um bom crescimento inicial, entretanto, a análise de variância revelou que algumas fontes foram capazes de promover mais algum dos aspectos do crescimento das plantas (e.g., enfolhamento, expansão da copa, crescimento em altura).

Os fertilizantes fosfatados podem apresentar diferentes solubilidades, alguns são mais reativos, enquanto outros tem solubilidade mais limitada. Grande parte dos fosfatos naturais brasileiros apresentam baixa solubilidade em água. Fatores como o pH da rizosfera e do solo, a concentração e a forma de aplicação do adubo podem influenciar nesse processo (Romagnoli; Andreote, 2016).

Embora o conteúdo de fósforo no cafeeiro seja relativamente baixo, é comum a prática de aplicar doses altas de fertilizantes fosfatados nas covas e nos sulcos de plantio para tentar assegurar o suprimento nutricional no início do desenvolvimento da planta. Isso ocorre, pois, esse momento permite a deposição mais fácil do fósforo em profundidade. A disponibilidade de fósforo é diminuída pela sua fixação nas partículas

da fase sólida do solo; assim como sua interação com o ferro, o alumínio e o cálcio, que podem tornar insolúvel e dificultar sua difusão até as raízes das plantas (Pejon; Rodrigues, 2015). Acredita-se que a resposta das plantas à nutrição fosfatada no estágio inicial se relaciona com o papel fundamental do fósforo na síntese de biomoléculas e sua participação essencial no metabolismo energético das plantas (Malavolta, 1980).

Os resultados forneceram indícios de que as fontes comerciais que não continham parte orgânica em sua composição apresentaram um desempenho ligeiramente inferior em relação à maioria dos organominerais. Alguns desses fertilizantes organominerais promoveram o crescimento em altura e em diâmetro do caule, mesmo quando a mesma quantidade de P_2O_5 foi aplicada por planta.

Fertilizantes organominerais combinam componentes orgânicos e minerais, oferecendo benefícios, tal como o aumento da disponibilização de fósforo, pois esses fertilizantes podem diminuir a adsorção de fosfatos na fração mineral do solo. Parte dos compostos orgânicos presentes nessas fontes podem competir por sítios de adsorção no solo, além de formar complexos com Al e Fe que limitam sua interação com o fósforo e, conseqüentemente, favorecem a absorção desse nutriente pelas raízes das plantas (Pejon; Rodrigues, 2015; Matiello, 2017; Nascimento *et al.*, 2024). Com base nesses estudos, pode-se afirmar que os resultados do experimento corroboram os benefícios que alguns desses fertilizantes organominerais podem promover.

Nesse contexto, os tratamentos T1 (Fertium® Phós) e T6 (CP Fós) se destacaram em várias variáveis de crescimento, como o número de folhas e altura das plantas. A análise do fósforo no solo e na parte foliar das plantas revelou que o tratamento T1 não apenas elevou o teor de fósforo no solo, mas também resultou um teor maior de fósforo nas folhas, o que pode ajudar a explicar seu crescimento mais rápido. Esses resultados sugerem que esse tratamento, por sua composição e solubilidade, pode ter proporcionado um acesso inicial facilitado do cafeeiro ao fósforo adicionado via adubação, corroborando evidências de que fertilizantes fosfatados apresentam eficiências agrônômicas diferentes em função da condição de cultivo e podem influenciar positivamente o crescimento das plantas (Santos *et al.*, 2012).

Por outro lado, o tratamento T2 (PROPhós) permitiu um menor custo por planta, seguido de T5 (Phusion Power) e T7 (YaraBasa Soberano), o que pode ser atrativo para agricultores, tendo em vista que as plantas ainda demonstraram crescimento adequado e sadio, mesmo se um pouco mais lento inicialmente do que o observado para outros tratamentos. Também é válido ressaltar que é possível que o fósforo adicionado pelas fontes possa ser aproveitado pelas plantas após o período compreendido durante a condução do presente trabalho.

O tratamento T6 (CP Fós) teve um destaque interessante que foi a baixa proporção de replantas (apenas 8%), que sugere que essa fonte de fósforo pode ter auxiliado na sobrevivência das plantas pós-plantio, um fator relevante para a sustentabilidade e viabilidade econômica na implantação da cultura.

Mesmo com as diferenças em alguns dos parâmetros de crescimento e aquisição de fósforo, notou-se que as variáveis de crescimento observadas em todos os tratamentos foram indicativas de um bom estabelecimento inicial das mudas. As diferenças pontuais são evidências de que diferentes fontes comerciais podem ser vantajosas de acordo com as diferentes condições de cada lavoura e do local de cultivo, tendo em vista que o tipo de solo e as condições ambientais podem modificar o aproveitamento do fósforo. Esse fato reforça a importância de se escolher adequadamente a fonte de fósforo durante a recomendação, tanto em termos de

aproveitamento do nutriente, como de resposta da planta e de custo, buscando a opção que melhor se adequa a condição de cada sistema de produção. O uso de alguns dos fertilizantes organominerais avaliados pode ser uma alternativa viável e sustentável para o plantio avaliado nesse trabalho, alinhando eficiência e um possível menor impacto ambiental pelo maior aproveitamento do produto.

3. CONCLUSÃO

Diferentes fontes comerciais para a adubação com fósforo promovem diferenças significativas na implantação da lavoura. Apesar de todas as fontes testadas permitirem o crescimento adequado e sadio do cafeeiro e uma produção semelhante de pigmentos fotossintéticos, é possível notar diferenças iniciais em termos de enfolhamento, tamanho de copa e espessura de caules.

Dentre as fontes avaliadas, destaca-se vantagens em termos de crescimento inicial do cafeeiro para os organominerais Fertium® Phós e CP Fós, e em termos de custo para os fertilizantes minerais PROPhós, Phusion Power e YaraBasa Soberano.

4. REFERÊNCIAS

AMARAL, J. F. T. *et al.* Fertilização do cafeeiro visando o desenvolvimento sustentável. In: TOMAZ, M. A. *et al.* (org.). **Inovação, difusão e integração**: bases para a sustentabilidade da cafeicultura. Alegre: CCA-UFES, 2012.

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BARROS, R. S. *et al.* Determinação de área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. 'Bourbon Amarelo'). **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 20, n. 107, p. 44-52, 1973.

CANDIDO, A. O. **Desenvolvimento inicial do cafeeiro arábica sob fontes de fósforo**. 2013. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2013.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília-DF: Conab, 2024. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 23 nov. 2024.

COSTA, K. S. Q. *et al.* Fósforo no sistema solo-planta: uma revisão. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 22, n. 6, p. 1-24, 2024.

DIEBEL; J. NORDA, J. **Clima e condições meteorológicas médias em Lajinha no ano todo**. Weather Spark, 2024. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/30774/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Lajinha-Minas-Gerais-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 29 nov. 2024.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

FALKER. **Medidor eletrônico de teor clorofila**: clorofiLOG CFL1030. Porto Alegre: Falker Automação Agrícola, 2018. (Revisão D).

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FURTINI NETO, A. E. *et al.* **Fertilidade do Solo**. Lavras: UFLA, 2001.

GAZOLA, R. N. *et al.* Efeito residual da aplicação de fosfato monoamônio revestido por diferentes polímeros na cultura de milho. Revista **Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 6, p. 876-884, 2013.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral de Plantas**. Piracicaba: Pioneira, 1980.

MATIELLO, J. B. Modo de uso de adubos orgânicos em cafezais. Café Point, 2017. Disponível em: <https://www.cafepoint.com.br/noticias/tecnicas-de-producao/modo-de-uso-de-adubos-organicos-em-cafezais-104924/>. Acesso em: 29 nov. 2024.

MELO, B. *et al.* Fontes e doses de fósforo no desenvolvimento e produção do cafeeiro, em um solo originalmente sob vegetação de cerrado de Patrocínio-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 315-321, 2005.

NASCIMENTO, J. *et al.* Avaliação da disponibilidade de fósforo no solo em função de fontes de fertilizantes fosfatados. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 12, p. e12803, 2024.

PEJON, O. J.; RODRIGUES, V. G. S. Fase sólida: composição mineral do solo. *In*: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. **Recurso solo: propriedades e usos**. São Carlos: Editora Cubo, 2015. p. 179-206.

PREZOTTI, L. C. *et al.* **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação**. Vitória-ES: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007.

ROMAGNOLI, E. M.; ANDREOTE, F. D. Rizosfera. *In*: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. (org.). **Microbiologia do solo**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. p. 49-62.

SANTOS, G. A.; SOUZA, R. T. X.; KORNDÖRFER, G. H. Lucratividade em função do uso e índice de eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados aplicados em pré-plantio de cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 846-851, 2012.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos plantas e fertilizantes**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999.

VILELA, P. S.; RUFINO, J. L. D. S. **Caracterização da cafeicultura de montanha de Minas Gerais**. Belo Horizonte: INAES, 2010.

WIETHOLTER, O. *et al.* Efeito de fertilizantes minerais e organominerais nos rendimentos de culturas e em fatores de fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 29, n. 5, p. 713-724, 1994.

ZAIDAN, U. R. **Qualidade dos cafés da “Região das Matas de Minas” em função da variedade, da altitude e da orientação da encosta da montanha.** 2015. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2015.