

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
CAROLINA RAMOS PAIVA

FERTILIDADE DO SOLO, TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES E CRESCIMENTO
VEGETATIVO DE CAFEEIROS EM FUNÇÃO DE FONTES DE FÓSFORO

Monte Carmelo
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
CAROLINA RAMOS PAIVA

FERTILIDADE DO SOLO, TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES E CRESCIMENTO
VEGETATIVO DE CAFEIROS EM FUNÇÃO DE FONTES DE FÓSFORO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, como requisito necessário para obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Gleice Aparecida de Assis

Monte Carmelo
2022

CAROLINA RAMOS PAIVA

FERTILIDADE DO SOLO, TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES E CRESCIMENTO
VEGETATIVO DE CAFEEIROS EM FUNÇÃO DE FONTES DE FÓSFORO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso
de Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, como
requisito necessário para obtenção do grau de
Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Gleice Aparecida de
Assis

Monte Carmelo, 24 de junho de 2022.

Banca Examinadora

Prof.^a Dr.^a Gleice Aparecida de Assis
Orientadora

Prof.^a Dr.^a Enio Tarso de Souza Costa
Membro da Banca

Prof.^a Dr.^a Franscinely Aparecida de Assis
Membro da Banca

Monte Carmelo
2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aquele que acreditou em mim e que me sustentou durante toda a caminhada: Deus, obrigada por cuidar de mim.

A minha mãe pela educação, apoio e incentivo, durante toda minha trajetória até os dias de hoje. Todo agradecimento e gratidão é pouco diante do sacrifício que ela já fez por mim, para que um dia eu chegasse onde estou.

Aos meus irmãos, Eduarda Ramos Paiva e Elias Bezerra Paiva Junior, por todo carinho, amor e apoio nesses últimos anos. Agradeço a Deus todos os dias pela vida de vocês.

Aos meus familiares que estiveram ao meu lado, e que mesmo de longe sempre incentivaram e torceram por mim.

A minha orientadora Prof.^a Dra. Gleice Aparecida de Assis, pela amizade, profissionalismo, paciência e contribuição para o meu desenvolvimento pessoal e profissional durante esses anos, por ter sido sempre referência nessa minha jornada, além de ter sido grande conselheira nesta trajetória acadêmica.

Ao grupo de pesquisa NECACER – Núcleo de Estudos em Cafeicultura do Cerrado pelos cinco anos de aprendizado e dedicação que foram cruciais para meu desenvolvimento.

A todos meus colegas e amigos que de alguma forma, contribuíram e auxiliaram na condução do projeto.

Aos professores, técnicos e servidores da Universidade Federal de Uberlândia - *Campus* Monte Carmelo, que contribuíram de forma direta ou indireta para que fosse possível minha formação.

A todos vocês que contribuíram para a construção deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	
ABSTRACT.....	
1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVO.....	8
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	8
3.1 A cultura do cafeeiro no Brasil	8
3.2 Fontes de fósforo para a cultura do cafeeiro	9
4 MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1 Área experimental e tratamentos.....	12
4.2 Caracterização da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas	13
4.3 Parâmetros vegetativos	14
4.4 Análise estatística.....	14
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5.1 Análise do solo.....	16
5.2 Análise foliar.....	20
5.3 Parâmetros vegetativos	22
6 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS.....	27

RESUMO

O fósforo é um dos nutrientes aplicados em maior quantidade na fase de implantação da lavoura cafeeira. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a fertilidade do solo, os teores foliares de nutrientes e o crescimento vegetativo de cafeeiros em função de fontes de fósforo aplicadas na implantação da cultura. O experimento foi instalado em novembro de 2018 na Fazenda Atalho, Monte Carmelo-MG, com a cultivar Mundo Novo, implantada com espaçamento de 3,80 m entre linhas e 0,7 m entre plantas, utilizando-se irrigação por gotejamento. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com seis blocos e oito tratamentos com aplicação de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅: Fonte Comercial T (28% de P₂O₅), Organomineral L (16% de P₂O₅), Fosfato Monoamônico (MAP – 54% de P₂O₅), Superfosfato Simples (17% de P₂O₅), Fosfato natural reativo (29% de P₂O₅), Organomineral X (18% de P₂O₅), Fonte Comercial P (27% de P₂O₅) e Termofosfato Magnésiano (17,5% de P₂O₅). As fontes de adubo fosfatado não influenciaram os parâmetros vegetativos do cafeeiro e a fertilidade do solo. Os maiores teores foliares de fósforo foram quantificados nas plantas adubadas com as fontes Termofosfato magnésiano, Fosfato Monoamônico, Superfosfato Simples e as Fontes Comerciais T e P. Para os demais nutrientes, não houve diferenças nos teores em função das fontes de adubo testadas.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica* L., adubação fosfatada, parâmetros biométricos.

ABSTRACT

Phosphorus is one of the nutrients applied in greater quantity during the coffee implantation phase. The objective of this research was to evaluate soil fertility, leaf nutrient contents and vegetative growth of coffee plants as a function of phosphorus sources applied in the culture implantation. The experiment was conducted in November 2018 at Fazenda Atalho, Monte Carmelo-MG, with the cultivar Mundo Novo at a spacing of 3.80 m between rows and 0.7 m between plants, using drip irrigation. The experimental design used was in randomized blocks, with six blocks and eight treatments with application of 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅: Commercial Source T (28% of P₂O₅), Organomineral L (16% of P₂O₅), Monoammonium Phosphate (MAP – 54% P₂O₅), Single Superphosphate (17% P₂O₅), Reactive Natural Phosphate (29% P₂O₅), Organomineral X (18% P₂O₅), Commercial Source P (27% P₂O₅) and Magnesium Thermophosphate (17.5% P₂O₅). Phosphate fertilizer sources did not influence coffee plant vegetative parameters and soil fertility. The highest foliar phosphorus contents were detected with the sources Magnesium Thermophosphate, Monoammonium Phosphate, Simple Superphosphate and Commercial Sources T and P. For the other nutrients, there were no differences in the contents as a function of the tested fertilizer sources.

KEYWORDS: *Coffea arabica* L., phosphate fertilization, vegetative growth.

1 INTRODUÇÃO

O cafeeiro pertence à família Rubiaceae e ao gênero *Coffea*, sendo representado por mais de 100 espécies, das quais cinco são exploradas comercialmente, destacando-se *Coffea arabica* L. e *C. canephora* Pierre (MATIELLO et al., 2020).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020) o Brasil destaca-se no cenário mundial como maior produtor e exportador de café. Esse constitui um dos produtos mais importantes, por impulsionar a economia do país, com geração de empregos e rendas, sobretudo nas regiões produtoras. O país exibe uma ampla variedade de climas, relevos, altitudes e latitudes que possibilita a produção de uma ampla cadeia de tipos e qualidades de cafés.

A cafeicultura brasileira é representada pelo cultivo de várias cultivares, graças às diversas condições edafoclimáticas do país. A área dedicada à cafeicultura é de 2,21 milhões de hectares, sendo 81,4% referente ao cultivo da espécie *C. arabica*. As principais regiões produtoras de café no país são: Minas Gerais (região sul e centro-oeste), Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Goiás e Mato Grosso (CONAB, 2022).

Minas Gerais é o estado que possui maior área de café arábica no Brasil, com 1,29 milhão de hectares, ocupando 72% da área cultivada com café no país (CONAB, 2020). A Região do Cerrado Mineiro distingue-se por ser a primeira no território nacional a receber a denominação de origem, o que confere agregação de valor ao produto e reconhecimento da cafeicultura regional a nível mundial (REGIÃO DO CERRADO MINEIRO, 2022).

Com o propósito de maximizar a produção de café, tecnologias vêm sendo criadas com o objetivo de diminuir custos e atender apropriadamente às exigências da cultura. Sendo assim, há a necessidade de realização de práticas de aplicação de insumos para que sejam alcançadas as metas traçadas, sendo a adubação fosfatada um dos itens mais importantes na implantação da lavoura cafeeira.

O fósforo é classificado como um nutriente que exerce papel fundamental e complementar em diferentes compostos das células vegetais, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos e substratos metabólicos (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). É considerado um dos nutrientes que mais limita o crescimento das plantas na fase de formação da lavoura, além de atuar na divisão celular, na transferência da informação genética e ainda promover o uso mais eficiente da água e de outros nutrientes (GUIMARÃES et al., 2011).

Diante desse contexto, a reposição de nutrientes por meio de fertilizantes que contenham fósforo é de extrema necessidade para a cultura do cafeeiro, pois este elemento participa significativamente no processo de formação de partes vegetativas e reprodutivas da planta.

2 OBJETIVO

Avaliar a fertilidade do solo, os teores foliares de nutrientes e o crescimento vegetativo de cafeeiros em função de fontes de fósforo aplicadas na implantação da cultura.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura do cafeeiro no Brasil

O cafeeiro é originário da Etiópia, centro da África, chegando ao Brasil em 1727, trazido da Guiana Francesa pelo Sargento-Mor Francisco de Melo Palheta (OLIVEIRA et al., 2012). A cultura tem grande importância econômica e social para o país, o qual é o maior produtor e exportador mundial. Atualmente, 15 estados brasileiros produzem café em uma área de 2,21 milhões de hectares (CONAB, 2022).

Devido às condições climáticas favoráveis, o cultivo do cafeeiro se espalhou rapidamente e acelerou o desenvolvimento do Brasil. Em 2020, considerada safra de bienalidade positiva, foram colhidas 61,62 milhões de sacas em um total de 1,88 milhão de hectares em produção (CONAB, 2020).

A safra atual deve ser marcada pela bienalidade negativa e pelo déficit hídrico em quase todas as regiões produtoras do país. Tal influência reflete nos resultados de produtividade média e ajuda a explicar as menores estimativas para este ciclo. Essa condição climática adversa acentuou o abortamento pós-florada e perda de rendimento no enchimento dos grãos, com reflexos na redução do potencial produtivo da cultura e da qualidade do produto, simbolizando um decréscimo no produto colhido em comparação a safra passada (CONAB, 2021).

O cafeeiro apresenta características intrínsecas relacionadas à bienalidade, a qual pode ser explicada pela alternância de um ano com grande florada seguido por outro com florada menos intensa. A produtividade média nacional estimada para essa safra é de 26 sacas por hectare, representando decréscimo de 23,8% em relação à safra passada de bienalidade positiva com 32,2 sacas por hectares (CONAB, 2021).

Em Minas Gerais, a área cultivada com café em 2022 no Cerrado Mineiro (Triângulo, Alto Paranaíba e Noroeste) corresponde a 244.899 hectares, apresentando produção de 4,58 milhões de sacas de café. Considerando que a safra atual apresenta bienalidade positiva, estima-se que sejam colhidas 24,79 milhões de sacas no estado (CONAB, 2022).

3.2 Fontes de fósforo para a cultura do cafeeiro

As plantas acumulam fósforo (P) principalmente em duas formas: o P inorgânico (Pi), armazenado no vacúolo e responsável pela fração não metabólica de P na planta; e o P orgânico (Po), correspondente à fração metabólica por meio da qual a planta utiliza o nutriente presente no citoplasma de suas células (NOVAIS; SMITH, 1999). A maior eficiência no uso do nutriente pelas plantas está associada à capacidade destas em realizar a ciclagem interna do Pi, movendo-o da fração não metabólica para fração metabólica em momentos de estresse ou quando há maior demanda pelo nutriente (WANG et al., 2010).

A resposta das plantas à adubação fosfatada varia de acordo com a dinâmica das frações de P nas células, avaliada por meio dos teores de Pi e Po nas folhas (FERNANDES et al., 2000; SANTOS et al., 2008). O tamanho do estoque de P na fração não metabólica e a habilidade das plantas em utilizar essa reserva contribuem para sua adaptação a condições de estresse nutricional (MALAVOLTA et al., 2002).

Na fase de implantação do cafeeiro, o fósforo é o nutriente aplicado em maior quantidade devido à forte adsorção com os colóides do solo. Em função do teor deste nutriente no solo e o percentual de argila da área, as quantidades aplicadas no plantio do cafeeiro variam entre 20 a 80 g de P_2O_5 por cova. Para suprir parte dessa demanda, é recomendada a aplicação de 200 a 400 g por cova de fosfato natural importado, de maior reatividade, ou o nacional, pouco reativo. Para complementação da dose de P_2O_5 recomenda-se o uso de uma fonte mais solúvel, como por exemplo, o superfosfato simples ou termofosfato (GUIMARÃES et al., 1999).

Em ensaio dirigido por Paiva et al. (2008), verificaram-se até os 120 dias após o transplante, que a utilização do adubo magnésiano (17,5% de P_2O_5) comparada às fontes superfosfato simples (17% de P_2O_5), fosfato monoamônico (MAP – 54% de P_2O_5), Fosmag M3[®]; Fosmag M4[®] e FH460[®], proporcionou às plantas valores médios superiores de área foliar e diâmetro de caule. A área foliar possui uma ligação direta com a produção de fotoassimilados, responsáveis pelo desenvolvimento da planta e dos frutos. Dessa maneira, deve-se ressaltar a importância dos adubos que proporcionam um maior desenvolvimento de área fotossinteticamente ativa.

No trabalho realizado por Freitas, Freitas e Souza (2017), comparando sete fontes de fertilizantes fosfatados (Yoorin, Fosforita, 4 fontes de fosfato monoamônico e superfosfato simples), não foram verificadas alterações na altura de planta, diâmetro do ramo ortotrópico e número de ramos plagiotrópicos em função da fonte de fertilizante utilizada na fase inicial de crescimento da lavoura.

Segundo Carmo et al. (2014) o uso de adubo organomineral propiciou acúmulos de macro e micronutrientes superiores aos notados para a maioria das outras fontes de P testadas, como o superfosfato simples, fosfato natural, fosfato natural combinado com torta de filtro e termofosfato magnésiano. Além disso, o uso de diferentes fontes de P implicou em mudanças significativas no grau de fertilidade do solo.

Já na fase produtiva, dependendo do teor de P_2O_5 no solo e da produtividade esperada, as doses a serem aplicadas variam de zero a 80 kg por hectare. Uma vez que os frutos são drenos de alta atividade, é necessário um suprimento adequado para o desenvolvimento da parte vegetativa e produtiva da planta (LAVIOLA et al., 2007). Além disso, a cultura responde bem à aplicação do nutriente em sistemas com altas produtividades (GUERRA et al., 2007; REIS et al., 2013).

Em experimento conduzido por Reis et al. (2013) a produtividade do cafeeiro respondeu linearmente a doses de até 400 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Em condições de alta produtividade, com elevado suprimento de fósforo, as faixas de suficiência do nutriente possivelmente são maiores que as relatadas na literatura. A reserva de fósforo inorgânico nas folhas do cafeeiro aumenta em plantas com melhor suprimento desse nutriente, o que garante maior atividade metabólica em períodos de estresse hídrico e possibilita maior produtividade.

Atualmente há grande diversidade de fontes de adubo fosfatado disponíveis para comercialização, as quais diferem principalmente quanto à solubilidade e composição química. Eles são classificados quanto à solubilidade em água, citrato neutro de amônio (CNA) e em ácido cítrico (AC). Os superfosfatos simples e triplo (ambos fosfatos

monocálcicos), os fosfatos monoamônico (MAP) e diamônico (DAP) e alguns fertilizantes complexos (N, P e K no mesmo grânulo) têm mais de 90% do P total solúvel em CNA e dissolvem-se rapidamente no solo. Apresentam elevada eficiência agronômica e correspondem a mais de 90% do P_2O_5 utilizado no Brasil (SOUSA; LOBATO, 2003).

Já os fosfatos naturais brasileiros (Araxá, Patos de Minas, Catalão, entre outros), cuja dissolução no solo é muito lenta, sobretudo em condições de acidez corrigida (pH em água ao redor de 6,0), têm eficiência agronômica muito baixa, em média de 25% para culturas anuais, em relação aos fosfatos solúveis em água, nos primeiros anos depois da aplicação (SOUSA; LOBATO, 2003).

Os termofosfatos e os produtos à base de fosfato bicálcico têm mais de 90% do P total solúvel em AC e em CNA, mas são insolúveis em água. O termofosfato magnesiano fundido, quando aplicado na forma finamente moída, dissolve-se rapidamente no solo e apresenta eficiência agronômica equivalente aos fosfatos solúveis em água (SOUSA; LOBATO, 2003).

Em experimento conduzido em lavoura cafeeira com diferentes fontes de fósforo no sulco de plantio, Melo et al. (2005) verificaram que a utilização do superfosfato triplo (41% de P_2O_5) e do termofosfato magnesiano (17% P_2O_5) promoveram maior produtividade da lavoura aos 30 meses após a adubação em relação ao fosfato de Araxá e de Arad. Já aos 41 meses após o plantio, as maiores produtividades foram obtidas com termofosfato magnesiano e fosfato de Araxá e de Arad. Tais resultados foram explicados pela solubilidade das fontes utilizadas, sendo o superfosfato triplo altamente solúvel, disponibilizando imediatamente os nutrientes para solução do solo, o que explica a maior produtividade na primeira safra da lavoura. O termofosfato magnesiano, por apresentar uma porcentagem de P solúvel de 17% e outra disponibilizada de maneira gradual para a solução do solo, proporcionou altas produtividades na primeira e segunda safra da lavoura.

Segundo Dias et al. (2015), o cafeeiro na fase de produção foi responsivo à adubação fosfatada com aplicação de 600 kg ha^{-1} de P_2O_5 , obtendo-se média de ganhos de produtividade de 45,3 e 40,3%, com a utilização do superfosfato simples e termofosfato magnesiano, respectivamente.

Em função da escassez de informações sobre a utilização de novas fontes de fósforo para lavouras cafeeiras, tornou-se importante avaliar a fertilidade do solo, os teores foliares de nutrientes e o crescimento vegetativo de cafeeiros na fase de formação da lavoura, contribuindo para um melhor manejo de adubação de cultivos perenes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área experimental e tratamentos

O experimento foi instalado na Fazenda Atalho, no município de Monte Carmelo, com latitude 18° 72' 22'' S, 47° 53 '84'' W e altitude de 870 m, em Minas Gerais. A temperatura variou entre 14,4°C a 26,6°C, com precipitações anuais médias de 900 mm (SISMET COOXUPÉ; 2021). O plantio da lavoura foi efetuado em novembro de 2018 utilizando-se a cultivar Mundo Novo no espaçamento de 3,80 m entre linhas e 0,7 m entre plantas, totalizando 3.759 plantas por hectare.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho (SANTOS et al., 2018). A área foi irrigada por sistema de gotejamento, com emissores espaçados em 0,70 m.

Antes da diferenciação dos tratamentos (em junho de 2018) e em 2021, foram realizadas análises dos atributos químicos para avaliação da fertilidade do solo, em amostras coletadas na camada de 0-0,20 m de profundidade (Tabela 1).

Tabela1. Análise química do solo na profundidade de 0 a 0,20 m em 2018 e 2021

Característica	2018	2021
pH CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹	5,5	5,4
Fósforo (P) – mg dm ⁻³	4,0	49,0
Potássio (K) – cmol _c dm ⁻³	0,22	0,16
Cálcio (Ca ²⁺) – cmol _c dm ⁻³	2,10	3,10
Magnésio (Mg ²⁺) – cmol _c dm ⁻³	0,70	0,60
H+Al – cmol _c dm ⁻³	5,50	3,30
Alumínio (Al ³⁺) – cmol _c dm ⁻³	0,1	0,0
Soma de bases trocáveis (SB) – cmol _c dm ⁻³	3,02	3,86
CTC potencial (T) – cmol _c dm ⁻³	8,52	7,16
Saturação por base (V) -%	35,0	54,0
Matéria orgânica (MO) – g dm ⁻³	35,0	77,0
Carbono – g dm ⁻³	20,0	-
Zinco (Zn) –mg dm ⁻³	0,3	1,0
Ferro (Fe) – mg dm ⁻³	23,0	29,0
Manganês (Mn) –mg dm ⁻³	12,9	8,4
Cobre (Cu) –mg dm ⁻³	2,6	1,9
Boro (B) – mg dm ⁻³	0,2	1,6
Enxofre (S) – mg dm ⁻³	12,0	40,0

pH = CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹; P = Resina, K, Ca, Mg, Al = NH₄Cl; S= fosfato de cálcio; B = água quente; Cu, Fe, Mn, Zn = DTPA.

No plantio, a adubação foi realizada em sulco aplicando 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (76 g de P₂O₅ por metro linear de sulco) das seguintes fontes: fonte comercial T (28% de P₂O₅), organomineral L (16% de P₂O₅), fosfato monoamônico (MAP – 54% de P₂O₅), superfosfato simples (17% de P₂O₅), fosfato natural reativo (29% de P₂O₅), organomineral X (18% de P₂O₅), fonte comercial P (27% de P₂O₅) e termofosfato magnésiano (17,5% de P₂O₅).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com seis blocos e oito tratamentos. Cada parcela foi constituída por 20 plantas, consideradas úteis as oito centrais. A área experimental apresentou 960 plantas.

A calagem foi realizada em área total e considerada uma camada de 0 a 0,20 m de profundidade para incorporação de 1,6 t ha⁻¹ com calcário de PRNT igual a 85%. Na adubação via solo aplicaram-se 269,69 kg ha⁻¹ de KCl (58% K₂O) e 6,5 t ha⁻¹ de composto orgânico. Na safra de 2019/2020 a adubação no solo foi realizada a partir do mês de outubro de 2019, sendo aplicado em área total durante o período de safra 240 kg ha⁻¹ de ureia e 186 kg ha⁻¹ do formulado 27-00-00 (N-P₂O₅-K₂O), 300 kg ha⁻¹ de 21-02-09 e 5 kg ha⁻¹ de ácido bórico (17% de boro).

4.2 Caracterização da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas

Em agosto de 2020, após a colheita, foram realizadas amostragens de solo em cada parcela na profundidade de 0 a 0,20 m. A amostragem foi realizada na projeção da copa do cafeeiro com um trado do tipo holandês, sendo coletadas três amostras simples por parcela que posteriormente foram homogeneizadas formando uma amostra composta. Após serem secas ao ar, as amostras foram peneiradas em malha de 2 mm, para determinação dos seguintes atributos: pH (CaCl₂), P (Resina), matéria orgânica – MO (método Walkley-Black), H+Al (solução Tampão SMP), K, Ca, Mg, Al (NH₄Cl), S (fosfato de cálcio), B (água quente), Cu, Fe, Mn e Zn (Solução de DTPA a pH 7,3). A partir de alguns dos atributos quantificados, foram calculadas a capacidade de troca de cátions efetiva (t), capacidade de troca de cátions potencial (T) e saturação por bases (V) (SILVA, 2009). As análises de solo foram realizadas no Laboratório da Cooperativa dos Cafeicultores de Guaxupé (Cooxupé).

Embora a metodologia utilizada para extração dos elementos K, Ca, Mg e Al não tenha sido a resina de troca catiônica, as concentrações desses elementos no solo foram interpretadas por meio das tabelas calibradas para o respectivo extrator, conforme Boletim 100 (RAIJ et al., 1997). Sabe-se que seria ideal utilizar tabelas específicas para cada tipo de

extrator, os quais nem sempre extraem quantidade semelhantes para todos os elementos. Embora haja algumas diferenças, o extrator NH_4Cl foi considerado como uma opção conveniente para a extração de Al, Ca, Mg, K e Na (BOEIRA et al., 2004).

A coleta de folhas para análise dos teores nutricionais do cafeeiro foi realizada em dezembro de 2020, sendo coletadas folhas do 3° ou 4° par de ramos produtivos, nos quatro quadrantes do terço médio das seis plantas centrais da parcela, totalizando 48 folhas por parcela. Após a coleta, as folhas foram lavadas com água deionizada e posteriormente secas em estufa com circulação forçada de ar a 70°C até atingir peso constante (JONES JUNIOR; WOLF; MILLS, 1991). Foram determinados os teores foliares de N (Digestão Sulfúrica); P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn; Zn e B (Digestão Nitroperclórica). Para esses nutrientes, os resultados das análises foram interpretados por meio das tabelas do manual de recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes para o estado de Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999).

4.3 Parâmetros vegetativos

As avaliações de crescimento foram realizadas mensalmente desde março de 2019 até agosto de 2019. Após esse período as avaliações foram feitas bimestralmente até março de 2021, totalizando quinze avaliações. Para as características altura, diâmetro de copa e diâmetro de caule a medição foi realizada nas oito plantas centrais da parcela, sendo realizadas da seguinte forma:

- Altura de planta: medida com régua do nível do solo até o ponto de inserção da gema terminal, em centímetro (Figura 1).



Figura 1. Avaliação de altura das plantas de cafeeiros.

- Diâmetro de caule: medido com auxílio de paquímetro, a 1 centímetro do nível do solo, em milímetro (Figura 2)



Figura 2. Avaliação de diâmetro de caule das plantas de cafeeiros.

- Diâmetro de copa: medido com régua, tomando-se como padrão de medida os dois ramos no sentido das entrelinhas que apresentaram o maior comprimento, em centímetro (Figura 3).



Figura 3. Avaliação de diâmetro de copa das plantas de cafeeiros.

4.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo software SISVAR após o atendimento das pressuposições de normalidade dos resíduos, homogeneidade de variâncias e aditividade de blocos. Para as características de crescimento, foi adotado o esquema de parcela subdividida no tempo, considerando as quinze épocas de avaliação como subparcelas. As variáveis foram comparadas pelo teste de médias Scott-Knott. Quando detectadas diferenças significativas para o fator épocas de avaliação, foi realizada análise de regressão ao nível de 5% de probabilidade pelo software SISVAR (FERREIRA, 2019).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise da fertilidade do solo

Na análise de solo não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos para os atributos químicos pH, matéria orgânica, saturação por bases e capacidade de troca de cátions efetiva, pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância para pH, matéria orgânica (MO), saturação por bases (V%) e CTC efetiva (t) no solo em função de fontes de fósforo, Monte Carmelo, Minas Gerais, 2020

FV	GL	QM			
		pH CaCl ₂	MO	V%	t
Tratamento	7	0,120 ^{ns}	25,45 ^{ns}	113 ^{ns}	119,39 ^{ns}
Bloco	5	0,26 ^{ns}	19,69 ^{ns}	58,625 ^{ns}	115,27 ^{ns}
<i>Erro</i>	35	0,08	33,31	91,41	117,36
CV (%)		5,37	14,11	16,14	16,59

ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

FV: Fonte de Variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação

Nota-se que o pH na área experimental se manteve em 5,3, considerada uma acidez média, uma vez que os valores ficaram entre 5,1, e 5,5 (RAIJ et al., 1997), não havendo diferença significativa para este atributo em função das fontes de adubo fosfatado testadas (Tabela 3).

Tabela 3. Níveis médios de pH, matéria orgânica, saturação por bases e capacidade de troca catiônica efetiva (t) no solo em função de fontes de fósforo em 2020, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

Tratamento	pH	MO	V%	t
	(CaCl ₂ 0,01 mol/L ⁻¹)	(g.kg ⁻¹)	(%)	(mmol _c dm ⁻³)
Fonte Comercial T	5,25 a	42,50 a	57,50 a	67,95 a
Organomineral L	5,56 a	42,33 a	60,66 a	67,46 a
Fosfato Monoamônico	5,06 a	43,33 a	53,66 a	57,13 a
Superfosfato Simples	5,46 a	39,66 a	60,33 a	63,86 a
Fosfato Natural Reativo	5,20 a	39,66 a	56,33 a	65,86 a
Organomineral X	5,43 a	38,66 a	62,66 a	64,70 a
Fonte Comercial P	5,15 a	36,00 a	51,50 a	58,10 a
Termofosfato Magnésiano	5,60 a	45,00 a	71,33 a	77,36 a
Média	5,34	40,89	59,25	65,30

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo Teste F ao nível de 5% de significância

A matéria orgânica (MO) não alterou em função da adição das fontes de adubos fosfatados e manteve-se nos níveis comumente encontrados em solos de textura argilosa (31,0 – 60 g kg⁻¹) (RAIJ et al., 1997).

A saturação por bases trocáveis (V%) considerada adequada para a cultura do cafeeiro é 50% de acordo com o Boletim 100 (Raij et al., 1997). A utilização de organominerais L e X,

superfosfato simples e termofosfato magnésiano foram as fontes de adubo que proporcionaram valores de V iguais ou superiores a 60%.

A capacidade de troca de cátions efetiva (t) é a capacidade que os coloides do solo possuem para reter cátions no pH atual, sendo diretamente dependente de cargas negativas presentes. Verificou-se que todas as fontes de fertilizantes aplicadas no solo mantiveram o valor de t entre 5,71 e 7,73 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, embora não tenha sido detectada diferenças significativas entre os tratamentos.

Não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos para os macronutrientes no solo pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância para fósforo, potássio, cálcio e magnésio no solo em função de fontes de fósforo em 2020, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

FV	GL	QM			
		P res	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Tratamento	7	89,97 ^{ns}	0,24 ^{ns}	103,10 ^{ns}	9,04 ^{ns}
Bloco	2	45,79 ^{ns}	0,15 ^{ns}	26,32 ^{ns}	0,79 ^{ns}
<i>Erro</i>	23	102,29	0,2	85,7	6,88
CV (%)		60,53	30,25	30,21	34,23

ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

FV: Fonte de Variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação

Ao analisar os resultados dos teores de fósforo do solo em função das fontes de adubo testadas, nota-se que os tratamentos com organomineral L e com as fontes comerciais T e P apresentaram valores abaixo de 15 mg dm^{-3} , não sendo suficiente para elevar o P disponível para valores superiores ao nível crítico, ideal para a cultura do cafeeiro. As demais fontes apresentaram valores medianos, entre 15 a 30 mg dm^{-3} (RAIJ et., 1997) com destaque para o termofosfato magnésiano e fosfato monoamônico que obtiveram teores de 26,66 mg dm^{-3} e 21,00 mg dm^{-3} , respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Níveis médios de fósforo (P res), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺) no solo em função de fontes de fósforo em 2020, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

Tratamento	P res (mg dm ⁻³)	K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Fonte Comercial T	14,50 a	0,15 a	3,00 a	0,80 a
Organomineral L	11,00 a	0,18 a	3,66 a	0,80 a
Fosfato Monoamônico	21,00 a	0,11a	2,40 a	0,56 a
Superfosfato Simples	15,66 a	0,15 a	3,03 a	0,70 a
Fosfato Natural Reativo	17,66 a	0,19 a	2,90 a	0,73 a
Organomineral X	17,66 a	0,14 a	3,26 a	0,80 a
Fonte Comercial P	9,50 a	0,11 a	2,35 a	0,60 a
Termofosfato Magnésiano	26,66 a	0,17a	4,20 a	1,13 a
Média	16,70	0,15	3,1	0,76

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo Teste F ao nível de 5% de significância.

Embora não tenha ocorrido diferença significativa entre os tratamentos para o teor de potássio no solo, verificou-se que as fontes organomineral L, superfosfato simples, fosfato natural reativo e termofosfato magnésiano proporcionaram teores medianos deste nutriente no solo (entre 0,15 a 0,30 cmol_c dm⁻³), enquanto que nas demais fontes de adubo, os teores ficaram abaixo de 0,15 cmol_c dm⁻³ (RAIJ et al., 1997).

Os teores de cálcio se enquadraram na classe alta, acima de 7 mmol_c dm⁻³ (RAIJ et al., 1997) não diferindo entre os fertilizantes fosfatados. Já para magnésio, os teores foram medianos, entre 0,60 a 0,80 cmol_c dm⁻³, exceto para a fonte termofosfato magnésiano que apresentou alto teor deste nutriente. Esse aumento pode ser explicado pela composição deste fosfatado, o qual contém 16% de cálcio e 6,5% de magnésio.

Neste contexto, como as fontes não apresentaram diferenças significativas entre si e os teores de fósforo no solo se apresentaram abaixo do nível crítico para o cafeeiro em alguns tratamentos, é provável que a dose utilizada não foi suficiente para suprir as demandas nutricionais. O incremento desses nutrientes por meio das fontes mencionadas pode ser fator determinante para tomada de decisão no meio produtivo, uma vez que o equilíbrio nutricional é crucial para o desenvolvimento do cafeeiro (MATIELLO et al., 2020).

A disponibilidade de nutrientes, principalmente de P no solo é influenciada pela textura, dose do fertilizante fosfatado e pelo tempo de contato do íon com o solo. Lana et al. (2014) afirmam que quanto maior o teor de argila maior será a adsorção do P no solo e menor será sua disponibilidade para as plantas.

Sousa, Lobato e Rein (2004) destacam que os solos argilosos quando comparados aos arenosos, requerem quantidades mais elevadas de P para atender à demanda das culturas. Torres (2019) verificou em experimento com diferentes doses e fontes de fertilizantes fosfatados em hortaliças, que quanto maior a dose do fertilizante utilizada, maior foi o teor de P disponível na solução do solo e maior seu efeito residual no cultivo subsequente.

Logo, o aporte de matéria orgânica proporcionado pela adubação organomineral aumenta o efeito residual da adubação fosfatada por meio da liberação gradual do nutriente no solo. Este aumento de P residual no solo ocorre devido à competição pelos sítios de adsorção de P pelos ácidos orgânicos gerados pela mineralização da M.O. adicionada ao solo (FERNANDES et al., 2015). Porém, na presente pesquisa, os teores de fósforo não diferiram entre as fontes de adubo testadas.

5.2. Análise foliar

Para avaliação foliar dos teores de macro e micronutriente, houve diferença significativa apenas para teor de fósforo em função dos tratamentos ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6. Análise de variância para macronutrientes em folhas de cafeeiros em função de fontes de fósforo em 2020, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

FV	GL	QM					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Tratamento	7	0,35 ^{ns}	0,0641**	1,31 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,14896 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Bloco	5	2,84*	0,0006 ^{ns}	7,71 ^{ns}	1,62 ^{ns}	0,00092 ^{ns}	0,01 ^{ns}
<i>Erro</i>	35	0,69706	0,01097	3,36444	1,09215	0,26254	0,021
CV (%)		2,51	6,81	8,22	10,67	13,91	6,67

ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

* e **: significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo Teste de F.

FV: Fonte de Variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação

Tabela 7. Análise de variância para micronutrientes em folhas de cafeeiros em função de fontes de fósforo em 2020, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

FV	GL	QM				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Tratamento	7	39,09 ^{ns}	20,59 ^{ns}	2546,68 ^{ns}	741,71 ^{ns}	10,50 ^{ns}
Bloco	5	261,25 ^{ns}	30,77 ^{ns}	3849,34 ^{ns}	371,07 ^{ns}	37,27*
<i>Erro</i>	35	124,287	14,0645	1834,61	457,715	9,17723
CV (%)		28,51	31,14	33,23	27,15	20,67

ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

* e **: significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo Teste de F.

FV: Fonte de Variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação

Os níveis de fósforo, potássio e enxofre mantiveram-se na faixa ideal em todos os tratamentos, de acordo com Guimarães et al. (1999), pois se enquadraram, respectivamente, entre 0,12 a 0,16 dag kg⁻¹, 1,8 a 2,20 dag kg⁻¹ e 0,15 a 0,20 dag kg⁻¹. O cálcio apresentou teores próximos a faixa ideal para a maioria das fontes utilizadas, exceto com o uso do adubo Organomineral L, sendo encontrado um teor de 0,89 dag kg⁻¹ (Tabela 8).

Tabela 8. Níveis de macronutrientes médio em folhas de cafeeiro em função de fontes de fósforo em 2020, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

Tratamento	Macronutrientes (dag kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Fonte Comercial T	3,37 a	0,16 a	2,11a	0,99 a	0,41 a	0,22 a
Organomineral L	3,30 a	0,13 b	2,23a	0,89 a	0,35 a	0,21 a
Fosfato Monoamônico	3,32a	0,17 a	2,25 a	1,02 a	0,38 a	0,22 a
Superfosfato Simples	3,36 a	0,16 a	2,22 a	1,07 a	0,36 a	0,23a
Fosfato Natural Reativo	3,27 a	0,14 b	2,20 a	0,97 a	0,35 a	0,21 a
Organomineral X	3,28 a	0,15 b	2,34 a	0,92 a	0,34 a	0,22 a
Fonte Comercial P	3,32 a	0,15a	2,27 a	0,97 a	0,36 a	0,23 a
Termofosfato Magnésiano	3,33 a	0,17 a	2,22 a	0,99 a	0,37 a	0,20 a
Média	3,32	0,15	2,23	0,98	0,37	0,22

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância

Esses resultados permitem afirmar que em relação à nutrição do cafeeiro, as fontes de adubos apresentaram comportamento similar, sendo suficientes para suprir as necessidades da cultura. No entanto, Martins (2003) sugere que o teor de nutrientes pode variar durante o ano produtivo e de um ano para outro, devido à exigência da cultura em nutrientes. Isso ocorre porque a planta extrai e exporta quantidades variáveis de nutrientes do solo ao longo do ano de produção devido aos diferentes estádios vegetativos e reprodutivos do cafeeiro e entre um ano e outro devido à bienalidade de produção.

As fontes de fósforo influenciaram significativamente nos teores foliares desse nutriente. Menores concentrações desse nutriente foram observadas nos tratamentos que se utilizaram os organominerais X e L e o fosfato natural reativo. Todos os teores encontrados para P estão dentro da faixa ideal de 0,12 a 0,16 dag kg⁻¹ (GUIMARÃES et al., 1999), exceto as plantas que receberam fosfato monoamônico e fosfato magnésiano, nas quais o valor encontrado (0,17 dag kg⁻¹) superou a faixa considerada ideal.

Ao avaliar os teores foliares de fósforo, em diferentes épocas de avaliação, Reis et al. (2013) afirmam que no período após a colheita de uma safra de baixa, os teores deste nutriente ajustaram-se linearmente às doses de P.

Em relação aos teores de micronutrientes, não houve diferença significativa entre as fontes de adubo fosfatado. Para o boro, os teores adequados foram atingidos com as fontes organomineral X, fonte comercial P e termofosfato magnésiano, apresentando valores entre 40,15 a 43,79 mg kg⁻¹. Para o Cu, Fe, Mn e Zn os teores analisados estão dentro da faixa ideal para o cafeeiro (Tabela 9).

Tabela 9. Níveis de micronutrientes médio em folhas de cafeeiros em função de fontes de fósforo em 2020, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

Tratamento	Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Fonte Comercial T	39,01 a	9,37a	133,01a	64,59a	12,67a
Organomineral L	37,86a	18,04a	183,17a	58,19a	18,53a
Fosfato Monoamônico	39,99a	10,68a	105,81a	95,33a	14,29a
Superfosfato Simples	37,41a	11,77a	102,71a	91,45a	15,16a
Fosfato Natural Reativo	32,00a	11,87a	113,77a	86,78a	12,82a
Organomineral X	40,15a	11,93a	106,08a	76,48a	13,58a
Fonte Comercial P	43,79a	10,34a	160,58a	96,17a	14,72a
Termofosfato Magnésiano	42,63a	12,32a	125,97a	61,49a	15,47a
Média	39,11	12,04	128,89	78,81	14,66

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo Teste F ao nível de 5% de significância

5.3 Parâmetros vegetativos

Não houve diferença significativa entre os tratamentos de forma isolada e para a interação entre tratamentos e épocas de avaliação para todas as variáveis de crescimento ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F (Tabela 10).

Tabela 10. Análise de variância para altura (cm), diâmetro de copa (cm) e diâmetro de caule (mm) em função de fontes de fósforo no crescimento inicial de cafeeiro na região de Monte Carmelo, Minas Gerais.

FV	GL	QM		
		Altura	Diâmetro de copa	Diâmetro de caule
Tratamento	7	213,03 ^{ns}	282,06 ^{ns}	21,86 ^{ns}
Bloco	5	140,95 ^{ns}	74,26 ^{ns}	70,27 ^{ns}
Erro 1	35	434,53	327,75	30,69
Época	14	94,52 [*]	114,36 [*]	94,31 [*]
Tratamento*Época	98	21,11 ^{ns}	15,01 ^{ns}	3,40 ^{ns}
Erro 2	560	19,31	28,23	6,70
CV ₁ (%)		20,67	21,06	21,17
CV ₂ (%)		4,36	6,18	9,89

ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

*: significativo a 1% de probabilidade pelo Teste de F.

FV: Fonte de Variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação.

As plantas apresentaram, em média, 100 cm de altura, 26,17 mm de diâmetro de caule e 85,96 cm de diâmetro de copa (Tabela 11).

Tabela 11. Altura (cm), diâmetro de caule (mm) e diâmetro de copa (cm) de cafeeiros em função de fontes de fósforo na região de Monte Carmelo, Minas Gerais.

Tratamento	Altura (cm)	Diâmetro de caule (mm)	Diâmetro de copa (mm)
Fonte Comercial	101,98 a	26,17 a	86,41 a
Organomineral L	102,27 a	26,60 a	87,69 a
Fosfato Monoamônico	100,51 a	26,17 a	86,00 a
Superfosfato Simples	103,15 a	26,97 a	88,36 a
Fosfato Natural Reativo	99,85 a	26,09 a	85,62 a
Organomineral	101,91 a	26,20 a	86,64 a
Fonte Comercial P	99,48 a	25,89 a	83,85 a
Termofosfato magnésiano	98,59 a	25,28 a	83,14 a
Média	100,03	26,17	85,96

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo Teste Fao nível de 5% de significância.

Mera (2009), ao avaliar doses de adubo fosfatado cv. Catuaí Rubi, MG 1192, após poda, verificou que a utilização de quantidades superiores a 400 kg de P₂O₅ ha⁻¹ proporcionaram maior crescimento das plantas. Possivelmente a dose padrão utilizada nesta pesquisa, de 200 kg de P₂O₅ ha⁻¹, pode ter influenciado na ausência de significância para as variáveis analisadas.

Viana et al. (2019), avaliando diferentes fontes de fósforo em relação à morfologia do cafeeiro, cultivar Mundo Novo IAC 379/4 notaram que o fertilizante Yorgan (20% de P_2O_5), nas concentrações de 75% e 100%, proporcionaram maior diâmetro de caule e maior altura de plantas em relação ao superfosfato simples.

Em trabalho semelhante realizado na região de Patrocínio – MG, com a cultivar Catuaí Vermelho IAC144, Figueiredo (2018) não observou diferenças significativas entre os tratamentos com Yoorin e superfosfato simples, submetidos a diferentes dosagens no crescimento do cafeeiro.

Para o fator épocas de avaliação, houve ajuste do modelo linear para todas as características de crescimento analisadas (Figuras 4 a 6) com coeficiente de determinação acima de 95%, demonstrando a adequabilidade deste modelo para avaliar os parâmetros vegetativos na fase de formação da lavoura cafeeira.

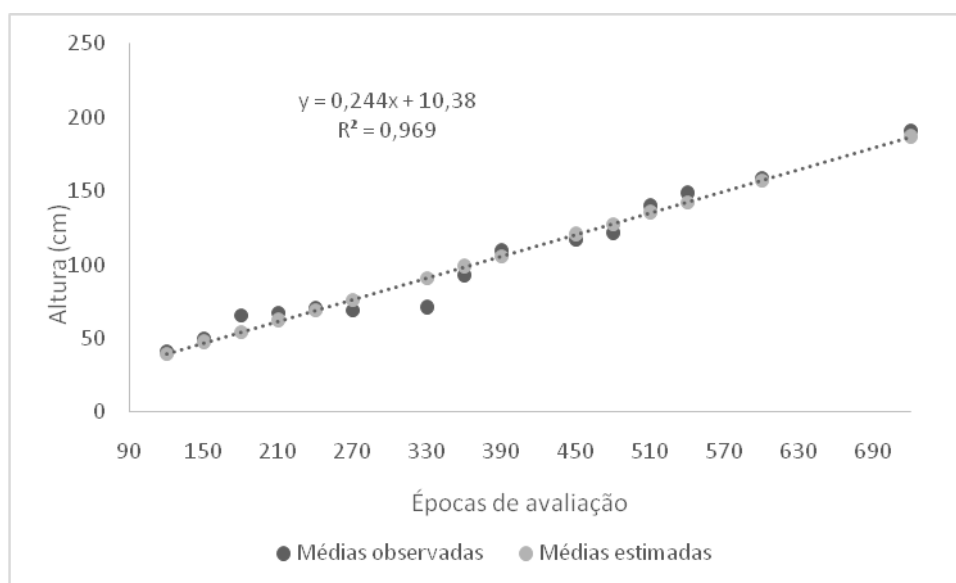


Figura 4. Altura média de cafeeiros no período de março de 2019 (120 dias após a diferenciação dos tratamentos) a março de 2021 (720 dias após a diferenciação) (Monte Carmelo, Minas Gerais).

Estimou-se, por meio da inclinação das retas ajustadas, que a cada 100 dias a taxa de crescimento foi de 24,45 cm na altura das plantas (Figura 4); 26,75 cm no diâmetro de copa (Figura 5) e 7,76 mm no diâmetro de caule (Figura 6).

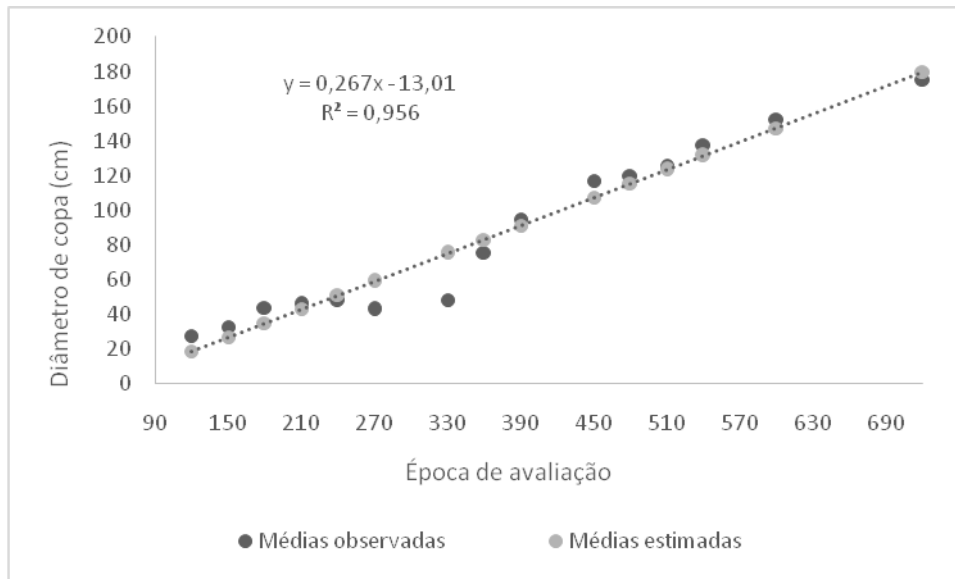


Figura 5. Diâmetro de copa médio de cafeeiros no período de março de 2019 (120 dias após a diferenciação dos tratamentos) a março de 2021 (720 dias após a diferenciação) (Monte Carmelo, Minas Gerais).

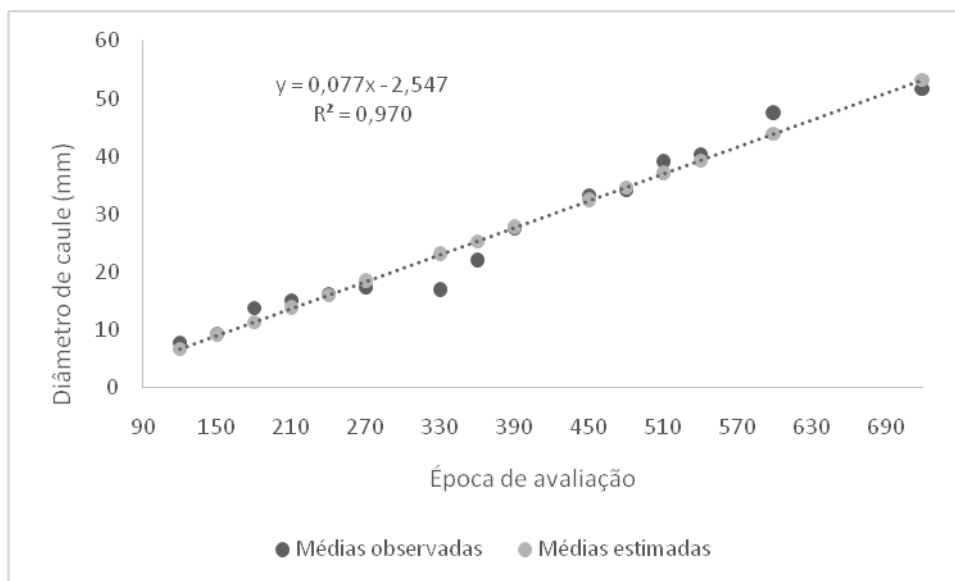


Figura 6. Diâmetro de caule médio de cafeeiros no período de março de 2019 (120 dias após a diferenciação dos tratamentos) a março de 2021 (720 dias após a diferenciação) (Monte Carmelo, Minas Gerais).

É possível observar que em determinadas épocas a taxa de crescimento do cafeeiro é menor, fato este que tem relação direta com a fase reprodutiva das plantas, uma vez que esta tende a diminuir seu crescimento para concentrar na formação de flores, frutos e granação dos frutos. Ao final do experimento (720 dias após a diferenciação dos tratamentos) as variáveis

possuíam os respectivos valores: 186,43 cm para altura, 179,58 cm para diâmetro de copa e 53,32 mm para diâmetro de caule (Figura 7)



Figura 7. Foto da área experimental – Fonte: Autoral.

Com os resultados obtidos nesta pesquisa, sugere-se o aprofundamento dos estudos em relação a parâmetros como produtividade e custo da adubação por área, a fim de tornar mais eficiente o manejo da adubação fosfatada nas lavouras cafeeiras.

Considerando a longevidade do cafeeiro, é possível enfatizar que o uso de fontes de alta tecnologia nas áreas deve ser um investimento a longo prazo e sua participação no crescimento vegetativo das plantas será gradativo.

6. CONCLUSÃO

As fontes de adubo fosfatado não influenciaram nos parâmetros vegetativos do cafeeiro e nos atributos químicos utilizados para avaliação da fertilidade do solo.

Os adubos fosfato monoamônico, superfosfato simples, fontes Comerciais T e P e termofosfato magnésiano proporcionaram maiores teores foliares de fósforo no cafeeiro. Para os demais nutrientes, não houve diferenças nos teores foliares em função das fontes de adubo testadas.

REFERÊNCIAS

- BOEIRA, R. C. et al. Extração simultânea de alumínio, cálcio, magnésio, potássio e sódio do solo com solução de cloreto de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 929-936, 2004.
- CARMO, D. L. et al. Crescimento de mudas de cafeeiro recém-plantadas: efeito de fontes e doses de fósforo. **Revista Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 196-206, abr./jun. 2014.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira, v. 5, safra 2019, n. 2, segundo levantamento. Maio 2020. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafes>>. Acesso em: 31 Mar. 2021.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**, café, safra 2022, n. 2, segundo levantamento, Maio 2022. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafes>>. Acesso em: 28 Jun. 2021.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 91-132, 2007.
- DIAS, K. G. L.; et al. Produtividade e nutrição fosfatada de cafeeiros submetidos a fontes e doses de fósforo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 39, n. 2, p. 110-120, abr. 2015.
- FERNANDES, L. A.; et al. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1191-1198, 2000.
- FERNANDES, D. M.; et al. Fósforo na solução do solo em resposta à aplicação de fertilizantes fluidos mineral e organomineral. *Irriga*, v.1, p.14-27, 2015.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823. Disponível em: <<http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>>. Acesso em: 10 fev. 2022. doi: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.
- FIGUEIREDO, M. D. S. **Doses e fontes de P₂O₅ no desenvolvimento inicial do cafeeiro**. 2018. 31 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Centro Universitário do Cerrado, Patrocínio, 2018.
- FREITAS, S.H.; FREITAS, C.R.; SOUZA, C.H.E. Composto orgânico e fontes de fertilizante fosfatado no crescimento inicial de cafeeiro IAC 69. **Revista Agroveterinária, Negócios e Tecnologias**, Coromandel, v. 2, n. 2, p. 103-112, jul./dez. 2017.
- GUERRA, A. F. et al. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, n.73, p.52-61, 2007.
- GUIMARÃES, P. T. G.; NOGUEIRA, F. D.; DIAS, K. G. L.; REIS, T. H. P. Adubação do cafeeiro e a qualidade do produto colhido. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 261, p. 39-51,

2011.

GUIMARÃES, P. T. G.; et al. A. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. V. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5a Aproximação, Viçosa, 1999. p. 289-302.

LANA, M. C. et al. Disponibilidade de Fósforo para Plantas de Milho Cultivadas com Fertilizante Organomineral e Fosfato Monoamônico. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 13, n. 3, p. 198-209, 30 set. 2014.

LAVIOLA, B. G. et al. Dinâmica de P e S em folhas, flores e frutos de cafeeiro arábico em três níveis de adubação. **Bioscience Journal**, v.23, p.29-40, 2007.

MARTINS, D. R. **Estado nutricional e qualidade de bebida em cafeeiros tratados com lodo de esgoto**. 2003. 98 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agrônomo, Campinas, 2003.

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J. L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C. P.; HEINRICH, R. SILVEIRA, J. S. M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.1.017-1.022, 2002.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. 2 Edição. FUNDAÇÃO PROCAFÉ, p. 716, 2020.

MERA, A. C. **Crescimento vegetativo e reprodutivo do cafeeiro submetido a regimes hídricos pós-colheita e adubação fosfatada**. 2009. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009

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, abr. 2005.

NOVAIS, R. F. de; SMITH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Ed. da UFV, 1999. 399p.

OLIVEIRA, I. P. et al. Cultura de café: histórico, classificação botânica e fases de crescimento. **Revista Faculdade Montes Belos**, Montes Belos, v. 5, n. 4, p. 18-30, ago.2012.

PAIVA, R. F. et al. Crescimento e teores foliares de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) implantados com diferentes adubos fosfatado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 34., 2008, Caxambu. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2008. (1 CD-ROM), 4 p.

RAIJ, B van. et al. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285 p.

REGIÃO DO CERRADO MINEIRO. **Denominação de origem do Cerrado Mineiro.** Disponível em:< <https://www.cafedocerrado.org/index.php?pg=denominacaodeorigem> >. Acesso em 11 de maio de 2022.

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, n. 7, p. 765-773, jul. 2013.

SANTOS, H. G., et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. 356p.

SANTOS, J. Z. L. et al. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, v.32, p.799-807, doi: 10.1590/S010067622008000500003, 2008.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado**. Encarte do Informações Agronômicas, no 102, junho 2003.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

TORRES, D. M. d. S. V. R. **Residual de nutrientes no solo com fertilizante organomineral após cultivo de hortaliças**. 2019 64 f. (Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

VIANA, M. J. D. N. et al. Morphology of coffee trees cultivated with different sources of phosphate fertilizers. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 10., 2019. **Anais [...]**. Vitória:, 2019. p.1-4.

WANG, X.; SHEN, J.; LIAO, H. Acquisition or utilization, which is more critical forenhancing phosphorus efficiency in modern crops. **Plant Science**, v.179, p.302-306, DOI: 10.1016/j.plantsci.2010.06.007. 2010.