

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

JOÃO HENRIQUE CAIXETA NUNES

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES E  
PARÂMETROS PRODUTIVOS DE CAFEEIROS EM FUNÇÃO DE FONTES DE  
FÓSFORO

Monte Carmelo – MG  
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

JOÃO HENRIQUE CAIXETA NUNES

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES E  
PARÂMETROS PRODUTIVOS DE CAFEZEIROS EM FUNÇÃO DE FONTES DE  
FÓSFORO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Gleice Aparecida de Assis

JOÃO HENRIQUE CAIXETA NUNES

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES E  
PARÂMETROS PRODUTIVOS DE CAFEZEIROS 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  
Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gleice Aparecida de  
Assis

Monte Carmelo, 1 de junho de 2023.

Banca Examinadora

---

Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gleice Aparecida de Assis  
Orientadora

---

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

---

Eng. Agr. Jordhanna Marília Silva  
Membro da Banca

Monte Carmelo  
2023

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus, por toda caminhada ao longo da graduação, pois sempre esteve comigo.

Aos meus pais Emerson e MarluCIA por todo o apoio e incentivo durante essa trajetória.

A minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dra. Gleice Aparecida de Assis, por me ajudar e me proporcionar novidades no meio acadêmico, por praticamente todo o ciclo UFU.

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.

À Cooxupé pelo projeto de pesquisa apresentado, visando buscar alternativas para ajudar os produtores.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de Iniciação Científica.

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.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	6
1 INTRODUÇÃO.....	7
2 OBJETIVO .....	8
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	9
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	10
4.1 Área experimental e tratamentos.....	10
4.2 Características avaliadas.....	12
4.3 Análise dos dados .....	15
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
5.1 Análise de solo.....	15
5.2 Análise Foliar.....	19
5.3 Parâmetros produtivos .....	21
6 CONCLUSÃO .....	25
REFERÊNCIAS .....	25

## RESUMO

A escolha da fonte de fósforo no sulco de plantio é de suma importância, pois o cafeeiro, por ser uma cultura perene e que permanece no campo por mais de 20 anos, exige um adequado equilíbrio nutricional, sendo o fósforo um macronutriente muito importante principalmente nas condições de solo do cerrado. No momento da implantação da lavoura, é fundamental utilizar adubos solúveis simultaneamente com fontes pouco reativas, visando disponibilizar o nutriente ao longo da fase de formação do cafeeiro. Neste contexto, o objetivo com a realização deste trabalho foi avaliar os atributos químicos do solo, os teores foliares de nutrientes e parâmetros produtivos do cafeeiro em função de fontes de fósforo aplicadas no sulco de plantio. 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<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Fonte Comercial T (28% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Organomineral I (16% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Fosfato Monoamônico (MAP – 54% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Superfosfato Simples (17% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Fosfato natural (29% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Organomineral II (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Fonte Comercial P (27% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e Termofosfato Magnésiano (17,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Foram avaliados parâmetros nutricionais (análise de solo em agosto de 2021 e de folha em dezembro de 2021) e características produtivas e sensoriais do café referente à colheita do ano de 2021 (análise de maturação, produtividade, peneira e pontuação da bebida pela metodologia SCA). As fontes de adubo fosfatado não influenciaram os parâmetros produtivos e a qualidade de bebida do café, exceto para percentual de grãos na categoria chato médio, sendo observadas as maiores porcentagens nos tratamentos Organomineral I, Superfosfato Simples, Fonte Comercial P e Termofosfato Magnésiano. Para os atributos químicos de solo, verificou-se diferenças entre as fontes de adubo para as características matéria orgânica, capacidade de troca de cátions potencial, potássio, magnésio e manganês. Na análise foliar, as diferenças foram detectadas para o teor de fósforo, sendo as fontes Termofosfato Magnésiano, Fosfato Monoamônico, Superfosfato Simples e as Fontes Comerciais T e P com níveis superiores, representando um incremento de 0,24 g kg<sup>-1</sup> em relação ao Organomineral I e II e Fosfato Natural.

**PALAVRAS-CHAVE:** adubo fosfatado, *Coffea arabica* L., produtividade.

## ABSTRACT

The choice of phosphorus source in the planting furrow is of paramount importance, as the coffee tree, being a perennial crop that remains in the field for more than 20 years, requires an adequate nutritional balance, with phosphorus being a very important macronutrient, especially in cerrado soil conditions. At the time of planting the crop, it is essential to use soluble fertilizers simultaneously with less reactive sources, aiming to make the nutrient available throughout the formation phase of the coffee tree. In this context, the objective of carrying out this work was to evaluate the chemical attributes of the soil, the foliar levels of nutrients and the productive parameters of the coffee tree in terms of phosphorus sources applied in the planting furrow. The experiment was installed in November 2018 at Fazenda Atalho, Monte Carmelo-MG, with the cultivar Mundo Novo, planted with 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<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Commercial Source T (28% of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Organomineral I (16% of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Monoammonium Phosphate (MAP - 54% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Simple Superphosphate (17% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Natural Phosphate (29% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Organomineral II (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Commercial Source P (27% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and Magnesian Thermophosphate (17.5% of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Nutritional criteria (soil analysis in August 2021 and leaf analysis in December 2021) and productive and sensory characteristics of coffee referring to the 2021 harvest (analysis of recognition, productivity, consideration and evaluation of the beverage by SCA methodology). The sources of phosphate fertilizer did not influence the productive parameters and the quality of the coffee drink, except for the percentage of beans in the medium boring category, with the highest percentages being observed in the treatments Organomineral I, Simple Superphosphate, Commercial Source P and Magnesian Thermophosphate. For soil chemical attributes, a distinction was made between fertilizer sources for organic matter characteristics, potential cation exchange capacity, potassium, magnesium and manganese. In the leaf analysis, differences were detected for the phosphorus content, with the sources Magnesian Thermophosphate, Simple Superphosphate Phosphate and Commercial Sources T and P with higher levels, representing an increment of 0.24 g kg<sup>-1</sup> in relation to Organomineral I and II and Natural Phosphate.

**KEYWORDS:** phosphate fertilizer, *Coffea arabica* L., productivity.

## 1. INTRODUÇÃO

O cafeeiro é uma planta perene, pertencente à família Rubiaceae e ao gênero *Coffea*. As espécies *Coffea arabica* L. e *C. canephora* Pierre são as mais produzidas no mundo. O Brasil é o maior produtor mundial de café, tornando-se o maior exportador do produto. Além de ter grande importância como *commodity*, o país apresenta relevância no mercado de cafés especiais, representando um grande crescimento nos últimos anos.

Minas Gerais é o estado com a maior área em produção e formação de café, possuindo mais de 1,33 milhão de hectares, o que representa um aumento de 2,7% em relação à safra 2021, sendo responsável por 60% de toda a área cultivada no país (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2023). O estado tem uma grande expansão territorial, conseqüentemente, existe uma alta diversidade de altitudes, regimes pluviométricos, temperaturas e tipos de solo, conferindo características peculiares ao café em função da região de produção.

O Cerrado Mineiro compreende 55 municípios localizados entre o Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e Noroeste de Minas, tendo como característica principal a tecnologia e a inovação. O clima da região é propício para o cultivo de cafés de alta qualidade, existindo duas estações bem definidas como o verão quente e chuvoso e, o inverno seco e frio, ajudando assim na uniformização das floradas da região.

Os efeitos da bienalidade negativa, observados em diversas regiões produtoras nesta safra, bem como as condições climáticas adversas de seca em muitas localidades, influenciaram diretamente nas lavouras, tanto na redução do rendimento médio como na diminuição da área em produção. No entanto, uma adversidade climática como a ocorrida em 2021, de redução hídrica, complementada com as geadas em julho/agosto e, recentemente, com a incidência de granizo e fortes ventanias nas principais regiões cafeeiras, pode prejudicar os níveis de produtividade atual e alterar o ciclo do próximo ano. Apesar do próximo ano ser uma safra de bienalidade positiva, em função dessas adversidades, pode apresentar produtividades tão reduzidas, como a deste ano (CONAB, 2023).

A produtividade média obtida na safra 2022 foi de 27,7 sacas por hectare, 4,92% superior à da safra passada. Já a estimativa para 2023 é de 28,9 sacas por hectare (CONAB, 2023).



O fósforo (P), quando comparado aos demais macronutrientes primários, é o que apresenta menor demanda pelo cafeeiro. Entretanto, a adsorção desse nutriente na superfície dos minerais de argila (óxidos de Fe e Al) e a precipitação do P pela reação com íons de ferro e alumínio são as principais causas do baixo índice de aproveitamento do fósforo, sendo, em média, de 8% na cultura do cafeeiro (FAVARIN, TEZOTTO, PAULA NETO, 2013). A deficiência desse nutriente pode trazer prejuízos irreversíveis às plantas, fazendo com que a cultura não consiga alcançar as produtividades esperadas. Com a elevação do preço dos fertilizantes, busca-se por melhor aproveitamento dos mesmos com diminuição dos custos.

Por ser um nutriente com elevada capacidade de retenção no solo, a quantidade a ser aplicada em lavouras na fase de implantação varia de 20 g a 80 g por cova, dependendo do teor de P no solo e da porcentagem de argila. Já na fase de produção, a dose pode variar de zero a 80 kg de  $P_2O_5$  por hectare por ano (GUIMARÃES et al., 1999).

Nos solos tropicais, ocorrem reações que diminuem a disponibilidade do P aplicado. Nas condições de pH que comumente ocorre nos solos cultivados, o fósforo é absorvido pela planta na forma iônica de  $H_2PO_4^-$ . Esse nutriente é rapidamente fixado pela argila, formando ligações de elevada estabilidade (MOREIRA et al., 2008). Assim, a maior parte do P aplicado ao solo é adsorvido pela argila, fazendo com que o solo venha a competir com a planta pelo P adicionado.

Com os atuais problemas globais de falta de fertilizantes devido à pandemia e guerra, a exportação de produtos de outros países ficou ameaçada, acarretando o aumento do preço destes insumos. Assim, o estudo sobre fontes de fósforo auxiliará o produtor na escolha dos fertilizantes fosfatados a serem utilizados na implantação da lavoura, levando em consideração os aspectos produtivos, de qualidade da bebida do café e a relação custo-benefício.

## **2. OBJETIVO**

Avaliar os atributos químicos dos solos, teores foliares de nutrientes e os parâmetros produtivos de cafeeiros em função de fontes de fósforo aplicadas na implantação da lavoura na região do Cerrado Mineiro.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

A cultura cafeeira tem uma grande visibilidade mundial, sendo o café produzido por mais de 50 países ao redor do mundo. O Brasil é atualmente o maior produtor com aproximadamente 58,21 milhões de sacas de 60 kg beneficiadas por ano, seguido do Vietnã, Colômbia, Indonésia e Etiópia (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ - OIC, 2022). Com enfoque no território brasileiro, os estados maiores produtores são Minas Gerais, responsável por 50% de toda a produção nacional, seguido do Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Paraná e Rondônia. A produção obtida em 2022 foi de 50,9 milhões de sacas no território nacional, com 32,7 milhões de arábica e 18,2 milhões de conilon (CONAB, 2023).

A Região do Cerrado Mineiro apresenta destaque no cenário nacional por ser a primeira no Brasil a conquistar a Denominação de Origem. As características únicas dos cafés da região, aliado à qualidade e rastreabilidade do produto, levando assim segurança para o consumidor final, possibilita a abertura de novos mercados e agregação de valor ao produto (FEDERAÇÃO DOS CAFEICULTORES DO CERRADO, 2022).

O fósforo é um dos nutrientes que mais limita o crescimento das plantas, principalmente na fase inicial de formação da lavoura. No entanto, o adequado suprimento em fósforo favorece o desenvolvimento da raiz e o vigor da planta, garantindo assim, a formação do estande, com baixas taxas de replantio (SANTINATO et al., 2014). O fósforo desempenha papel importante na fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, atuando na divisão e crescimento celular, dentre outros processos do desenvolvimento vegetal. É, portanto, importante componente de proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos e processos metabólicos (NOVAIS et al., 2007).

Na fase de implantação do cafeeiro, o fósforo é o nutriente aplicado em maior quantidade devido à forte adsorção aos 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, sendo recomendada a aplicação de 200 a 400 g por metro de sulco com um fosfato natural importado de maior reatividade ou o nacional pouco reativo, complementando-se a dose com uma fonte mais solúvel, como por exemplo, o superfosfato simples ou termofosfato (GUIMARÃES et al., 1999).

No trabalho de Almeida et al. (2016) sobre reposição do fósforo via fertirrigação, verificou-se que o aumento na aplicação da dose de  $P_2O_5$  proporcionou incremento na produtividade do cafeeiro em três safras. A resposta linear e crescente em produtividade obtidas com as elevadas doses de  $P_2O_5$  demonstram que as regras e recomendações estabelecidas para o sistema tradicional de cultivo não satisfaz as modernas práticas de manejo na cafeicultura, necessitando, dessa maneira, adequar o manejo a nova realidade.

As rochas fosfáticas representam 99% da matéria-prima dos fertilizantes fosfatados produzidos no mundo (LOPES, SILVA, BASTOS, 2004). Após tratadas, podem ser divididas em fosfatos naturais, termofosfatos, fosfatos totalmente acidulados e fosfatos alternativos (PROCHNOW et al., 2003).

O uso de fertilizantes revestidos por polímeros pode diminuir as perdas e proporcionar maior disponibilidade de P no solo, sendo o efeito residual um elemento decisivo no manejo da adubação fosfatada (GAZOLA et al., 2013).

A utilização de fertilizantes da classe organomineral, além de disponibilizarem matéria orgânica, constituem uma forma de reaproveitamento de resíduos orgânicos oriundos de diversos setores do agronegócio (ALMEIDA, ALMEIDA, BEGNINI, 2020).

Os fosfatos naturais são obtidos por moagem e peneiramento de rochas fosfáticas. O fosfato natural brasileiro possui baixa solubilidade em água, que implica em uma maior dificuldade de absorção do mineral, dependendo de outros fatores como pH, dose e forma de aplicação (MARWAHA, 1989; NOVAIS et al., 2007).

O termofosfato é obtido pelo tratamento térmico de rochas fosfatadas, adicionando ou não silicato de magnésio. A presença do magnésio contribui na absorção de P pelas folhas, e o silício contribui com uma menor fixação de P retido ao solo, potencializando o uso do fósforo (BÜLL; LACERDA; NAKAGAWA, 1997; RESENDE et al., 2006).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Área experimental e tratamentos**

O experimento foi realizado na Fazenda Atalho no município de Monte Carmelo sob coordenadas 18° 72' 22'' S, 47° 53 '84'' W e altitude de 870 m. A lavoura foi

implantada em novembro de 2018 com a cultivar Mundo Novo no espaçamento de 3,80 m entre linhas e 0,7 m entre plantas. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho, com 405 g kg<sup>-1</sup> de argila, 273 g kg<sup>-1</sup> de silte e 322 g kg<sup>-1</sup> de areia. No primeiro ano de formação da lavoura, o experimento foi conduzido sem irrigação e a partir do segundo ano foi instalado um sistema de irrigação por gotejamento com emissores espaçados em 0,7 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 em área total antes da implantação da lavoura e na projeção da copa do cafeeiro em 2021 (Tabela 1). Pelos valores apresentados para o P, constata-se que seu valor era muito baixo (< 5 mg dm<sup>-3</sup>) no momento da implantação da cultura, no ano de 2018 e alto em 2021 (31 a 60 mg dm<sup>-3</sup>).

Tabela 1. Análise química do solo na profundidade de 0 a 0,20 m coletadas em área total no ano de 2018 para implantação de uma lavoura cafeeira e na projeção da copa no ano de 2021

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

pH = CaCl<sub>2</sub>; P = Resina, K = NH<sub>4</sub>Cl; Ca, Mg, Al = NH<sub>4</sub>Cl; S= fosfato de cálcio; B = água quente; Cu, Fe, Mn, Zn = DTPA.

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<sup>-1</sup> com calcário de poder relativo de neutralização total (PRNT) igual a 85%. Na adubação via solo aplicaram-se 269,69 kg ha<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> de cloreto de potássio (58%  $K_2O$ ) 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 aplicados 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- $P_2O_5$ - $K_2O$ ), 300 kg  $ha^{-1}$  de 21-02-09 e 5 kg  $ha^{-1}$  de ácido bórico (17% de boro).

Os tratamentos foram constituídos por oito fontes de fósforo na dose de 200 kg  $ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  no sulco de plantio: Fonte Comercial T (28% de  $P_2O_5$ ), Organomineral I (16% de  $P_2O_5$ ), Fosfato Monoamônico (MAP – 54% de  $P_2O_5$ ), Superfosfato Simples (17% de  $P_2O_5$ ), Fosfato natural reativo (29% de  $P_2O_5$ ), Organomineral II (18% de  $P_2O_5$ ), Fonte Comercial P (27% de  $P_2O_5$ ) e Termofosfato magnésiano (17,5% de  $P_2O_5$ ). Essa adubação de plantio foi realizada em novembro de 2018.

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com seis repetições. Cada parcela experimental foi constituída por uma linha com 20 plantas com espaçamento de 0,7 m, consideradas úteis as oito plantas centrais. A área experimental apresentou 960 plantas (Figura 1).

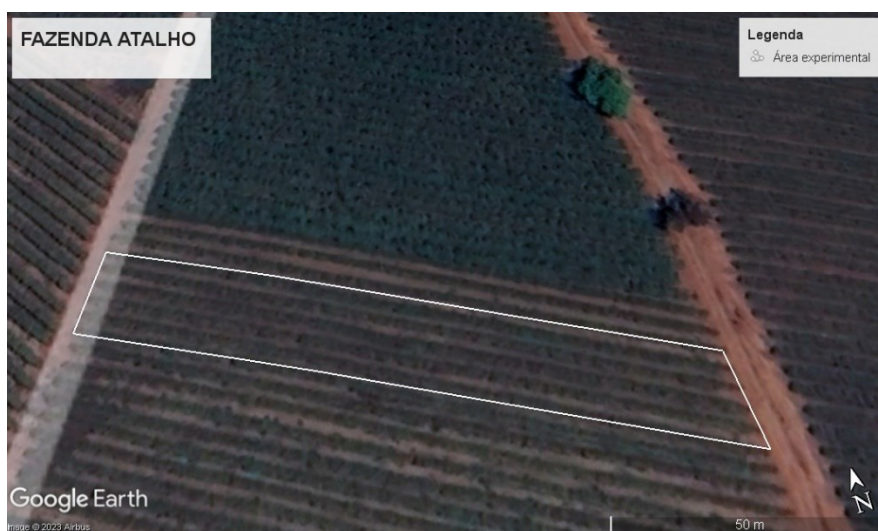


Figura 1. Área experimental localizada na Fazenda Atalho, Monte Carmelo, Minas Gerais.

## 4.2 Características avaliadas

Após a colheita realizada em junho de 2021, 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 três amostras simples 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 ( $\text{CaCl}_2$ ); P total ( $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ ); P (Resina), Na, K, Ca, Mg, Al ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ); S (fosfato de cálcio); B (água quente); Cu, Fe, Mn e Zn (Solução de DTPA a pH 7,3) (TEIXEIRA et al., 2017). 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 quantidades semelhantes para todos os elementos. Embora haja algumas diferenças, o extrator  $\text{NH}_4\text{Cl}$  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 2021, sendo coletadas folhas do 3º ou 4º par de ramos produtivos, nos quatro quadrantes do terço médio das seis plantas centrais da parcela, totalizando 48 folhas por parcela (PAIVA, 2022). Após a coleta, as folhas foram lavadas com água deionizada e posteriormente secas em estufa de circulação forçada de ar a 70°C até atingir peso constante. Foram determinados os teores foliares de N (Digestão Sulfúrica); P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn; Zn e B (Digestão Nitroperclórica) (CARMO et al., 2000).

A colheita foi iniciada quando o percentual de frutos verdes estavam abaixo de 5% no terço médio da planta. Após a determinação do volume (L), produzido pela parcela, foi retirada uma amostra de 10 L devidamente identificada e pesada, cuja secagem foi realizada em terreiro de concreto (Figura 2).



**Figura 2.** Colheita manual da área experimental.

A partir do volume total (L) de café colhido, foi retirada uma amostra representativa de 300 mL de cada parcela para separação dos frutos em diferentes estádios de maturação (verde, verde-cana, cereja, passa e seco).

Após atingir a umidade de 11% foram determinados a massa (kg) e o volume (L) do café em coco. Posteriormente, as amostras foram beneficiadas com auxílio de uma máquina de beneficiamento de pequeno porte e, novamente, foram determinadas a massa (kg), o volume (L) e a umidade (%) do café.

Com base na relação do volume da amostra de 10 L do café colhido no pano e da massa da amostra beneficiada foi determinada a produção por parcela ( $\text{kg parcela}^{-1}$ ), para posteriormente ser extrapolada para produtividade em sacas de café.

Após o beneficiamento foram realizadas as seguintes classificações:

- Classificação física quanto ao tamanho e formato dos grãos: uma amostra de 100 g de cada parcela experimental foi distribuída em um conjunto de peneiras de crivos circulares (19, 18, 17, 16, 15, 14 e 13/64 avos de polegada) e de crivo oblongo (13, 12, 11, 10, 9 e 8/64 avos de polegada). As peneiras de crivo redondo retêm o café chato, enquanto as de crivo oblongo separam o café moca. Posteriormente, foi realizada a separação nas seguintes categorias: Chato graúdo: peneiras 19, 18 e 17; Chato médio: peneiras 16 e 15; Chato miúdo: peneira 14 e menores; Moca graúdo: peneiras 13, 12 e 11; Moca médio: peneira 10 e Moca miúdo (moquinha): peneira 9 e menores, conforme Instrução Normativa nº 8 de 11 de junho de 2003 (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO -MAPA, 2003).

- Análise sensorial: a avaliação da qualidade de bebida foi realizada seguindo o protocolo da *Specialty Coffee Association of America* (SCAA, 2008).

### 4.3 Análise dos dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com a aplicação do teste F a 5% de probabilidade. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o programa computacional SPEED Stat (CARVALHO; MENDES, 2017).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise de solo

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

Tabela 2. Análise de variância para pH, matéria orgânica, saturação por bases e CTC efetiva (t) do solo, ano 2021, em função de fontes de fósforo aplicadas em uma lavoura cafeeira no ano de 2018, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

FV	GL	QM			
		pH CaCl <sub>2</sub> 0,01 mol L <sup>-1</sup>	M.O	V	T
Tratamento	7	0,25 <sup>Ns</sup>	36,66*	175,18 <sup>Ns</sup>	172,86*
Bloco	2	0,21 <sup>Ns</sup>	148,16**	399,12 <sup>Ns</sup>	391,8**
<i>Erro</i>	23	0,18	9,02	181,64	45,36
CV (%)		5,03	7,67	21,61	8,78

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

O pH médio do solo detectado na análise entre os tratamentos foi de 5,6, sendo observada acidez média na área, com variação entre 5,3 a 6,1 (RAIJ et al., 1997). Para os



atributos químicos que apresentaram diferenças significativas em função das fontes de fósforo aplicadas, verifica-se maior capacidade de troca de cátions potencial (T) na Fonte Comercial T (92,9  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), representando um acréscimo de 18,48  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$  em relação aos demais tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Níveis médios de pH, matéria orgânica, saturação por bases e CTC potencial (T) do solo, ano 2021, em função de fontes de fósforo aplicadas em uma lavoura cafeeira no ano de 2018, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

Tratamento	pH	M.O	V	T
	( $\text{CaCl}_2$ 0,01)	( $\text{g dm}^{-3}$ )	(%)	( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ )
Fonte Comercial T	5,96 a	43,33 a	75,00 a	92,90 a
Organomineral I	5,56 a	34,33 b	59,00 a	73,36 b
Fosfato Monoamônico	5,36 a	43,66 a	54,66 a	77,36 b
Superfosfato Simples	6,13 a	41,33 a	73,66 a	79,23 b
Fosfato Natural	5,36 a	36,66 b	57,66 a	71,26 b
Organomineral II	5,43 a	40,00 a	60,00 a	79,30 b
Fonte Comercial P	5,40 a	38,33 b	57,66 a	71,46 b
Termofosfato Magnésiano	5,66 a	35,66 b	61,33 a	69,00 b

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

A saturação por bases é alterada via calagem, visando um maior suprimento de cálcio e magnésio no solo e reduzindo o alumínio tóxico para as plantas. De acordo com Guimarães et al. (1999) o valor adequado para o cafeeiro é de 60%. Desta forma, os tratamentos Fosfato Monoamônico, Fosfato Natural, Fonte Comercial P e Organomineral I, obtiveram saturação abaixo do ideal, com valores respectivos de 54,66%, 57,66%, 57,66% e 59,0% (Tabela 3), o que significa que esses tratamentos tiveram menor quantidade de bases (Cálcio, Magnésio e Potássio) em relação às fontes de adubo que proporcionaram saturação por bases mais elevadas.

De acordo com o Raij et al. (1997) os valores ideais de matéria orgânica (MO) para solos argilosos estão entre 31 a 60  $\text{g dm}^{-3}$ . Solos com teores mais elevados de MO tendem a apresentar melhores índices de qualidade e, conseqüentemente, maior produtividade e rentabilidade agrícola (LAL, 2004). Os tratamentos, Fonte Comercial T, Fosfato Monoamônico, Superfosfato Simples e Organomineral II, apresentaram valores acima de 40  $\text{g dm}^{-3}$ , diferenciando significativamente dos demais tratamentos, com superioridade média de 5,83  $\text{g dm}^{-3}$  (Tabela 3).

Para os macronutrientes no solo, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade, exceto para potássio e magnésio (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância para teores de fósforo, potássio, enxofre, cálcio e magnésio do solo, ano 2021, em função de fontes de fósforo aplicadas em uma lavoura cafeeira no ano de 2018, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

FV	GL	QM					
		P res	P total	K <sup>+</sup>	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
Tratamento	5	625,7 <sup>Ns</sup>	31360,92 <sup>Ns</sup>	0,52 <sup>Ns</sup>	0,03 <sup>Ns</sup>	217,52 <sup>Ns</sup>	13,88 <sup>Ns</sup>
Bloco	7	3205,29 <sup>Ns</sup>	14973,87 <sup>Ns</sup>	0,03*	0,04 <sup>Ns</sup>	508,79*	27,87*
<i>Erro</i>	35	936,81	24578,02	0,20	0,03	104,93	6,54
CV (%)		86,12	28,41	23,84	37,05	25,82	35,28

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

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

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

De acordo com Rajj et al. (1997), teores de cálcio acima de 7 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> são enquadrados na classe alta. Verifica-se que todos os tratamentos obtiveram valores inferiores a este, com média de 39,66 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Já para o magnésio, os tratamentos Fonte Comercial T e Superfosfato Simples proporcionaram altos teores no solo, acima de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, enquanto os demais tratamentos resultaram em teores médios deste nutriente entre 5 a 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, os quais não diferiram significativamente entre si (Tabela 5).

Tabela 5. Níveis médios de fósforo (disponível e total), potássio, enxofre, cálcio e magnésio do solo, ano 2021, em função de fontes de fósforo aplicadas em lavoura cafeeira no ano de 2018, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

Tratamento	P res	P total	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
	.....	(mg dm <sup>-3</sup> )	.....	.....	(mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	.....
Fonte Comercial T	43,00 a	594,66	25,67 a	2,56 a	57,66 a	10,66 a
Organomineral I	52,66 a	568,33	18,67 a	1,70 b	36,33 a	6,66 b
Fosfato Monoamônico	42,66 a	518,33	27,33 a	1,70 b	36,66 a	5,33 b
Superfosfato Simples	51,66 a	524,33	51,00 a	1,56 b	46,66 a	10,66 a
Fosfato Natural	17,33 a	393,00	23,33 a	2,26 a	32,33 a	6,33 b
Organomineral II	29,33 a	568,66	16,00 a	1,63 b	39,33 a	6,33 b
Fonte Comercial P	32,66 a	752,66	23,33 a	1,46 b	34,00 a	5,66 b
Termofosfato	15,00 a	494,00	21,33 a	2,33 a	34,33 a	6,33 b

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

A disponibilidade de fósforo varia de acordo com as fontes e o teor de argila no solo, embora neste experimento não tenha sido detectada diferença significativa no P total e P resina. As fontes Fosfato Natural e Termofosfato Magnésio apresentaram níveis enquadrados na categoria média (entre 15 a 30 mg dm<sup>-3</sup>), enquanto os demais tratamentos

se enquadraram na classe alta (acima de  $30 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Tal fato possivelmente pode ser explicado em função do Termofosfato Magnésiano e o Fosfato Natural não serem totalmente solúveis, disponibilizando o fósforo ao longo do tempo (Tabela 5).

Os níveis de potássio no solo variaram de 1,46 a  $2,56 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Os tratamentos que se destacaram com maiores teores deste nutriente no solo foram Fonte Comercial T, Fosfato Natural e Termofosfato Magnésiano, enquadrando na classe média, de acordo com Rajj et al. (1997). Já para enxofre, em todos os tratamentos os níveis ficaram enquadrados na categoria alta, superior a  $10 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Para os micronutrientes no solo, não foram detectadas diferenças significativas entre as fontes de adubo fosfatado pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade, exceto para manganês, sendo verificadas diferenças significativas pelo teste de médias Scott-Knott (Tabela 6).

Tabela 6. Análise de variância para boro, cobre, ferro, manganês e zinco do solo, ano 2021, em função de fontes de fósforo aplicadas em uma lavoura cafeeira no ano de 2018, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

FV	GL	QM				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Tratamento	7	0,39 <sup>Ns</sup>	0,05 <sup>Ns</sup>	16,85 <sup>Ns</sup>	5,47 <sup>Ns</sup>	0,13 <sup>Ns</sup>
Bloco	2	0,30 <sup>Ns</sup>	0,01 <sup>Ns</sup>	13,79 <sup>Ns</sup>	0,21* *	0,15 <sup>Ns</sup>
<i>Erro</i>	23	0,88	0,02	11,55	1,17	0,15
CV (%)		38,42	13,95	21,03	21,65	52,3

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

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

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

A literatura indica que níveis de boro acima de  $0,6 \text{ mg dm}^{-3}$  são altos. Desta forma, todos os tratamentos se enquadraram nesta categoria, com variações entre 1,88 a  $3,03 \text{ mg dm}^{-3}$ . Já para o cobre, em todas as fontes de adubo utilizadas, o solo se manteve em teores considerados baixos (inferior à  $2,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Os níveis de ferro variaram entre 14,66 a  $19,33 \text{ mg dm}^{-3}$ . Para o manganês, os maiores teores foram detectados nos tratamentos Fosfato Monoamônico, Fosfato Natural e Fonte Comercial P, proporcionando um acréscimo de  $2,35 \text{ mg dm}^{-3}$  em relação às demais fontes de fósforo. Os níveis de zinco de todos os tratamentos estiveram abaixo do intervalo adequado entre 1,5 a  $3,0 \text{ mg dm}^{-3}$  (MATIELLO et al., 2020) (Tabela 7).

Tabela 7. Níveis médios de boro, cobre, ferro, manganês e zinco do solo, em 2021, em função de fontes de fósforo aplicadas em uma lavoura cafeeira no ano de 2018, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

Tratamento	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	(mg dm <sup>-3</sup> )				
Fonte Comercial T	3,03 a	1,20 a	14,66 a	3,63 b	0,80 a
Organomineral I	2,49 a	1,00 a	14,66 a	4,10 b	0,43 a
Fosfato Monoamônico	2,61 a	1,30 a	18,33 a	7,13 a	0,83 a
Superfosfato Simples	1,88 a	1,10 a	12,33 a	3,83 b	1,16 a
Fosfato Natural	2,40 a	1,36 a	15,33 a	5,50 a	0,80 a
Organomineral II	2,19 a	1,20 a	19,33 a	4,16 b	0,60 a
Fonte Comercial P	2,20 a	1,36 a	18,33 a	6,80 a	0,66 a
Termofosfato Magnesiano	2,78 a	1,33 a	16,33 a	4,93 b	0,66 a

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

## 5.2 Análise Foliar

Foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos para o teor de fósforo foliar de macronutrientes ao nível de 1% de probabilidade pelo Teste F (Tabela 8).

Tabela 8. Análise de variância para macronutrientes em folha de cafeeiros, no ano de 2021, em função de fontes de fósforo aplicadas em uma lavoura cafeeira no ano de 2018, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

FV	GL	QM					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Tratamento	7	0,35 <sup>Ns</sup>	0,064**	1,31 <sup>Ns</sup>	0,99 <sup>Ns</sup>	0,14 <sup>Ns</sup>	0,032 <sup>Ns</sup>
Bloco	2	4,80**	0,018 <sup>Ns</sup>	15,44**	4,26*	0,10 <sup>Ns</sup>	0,074*
<i>Erro</i>	23	0,41756	0,00836	2,26153	0,71487	0,24804	0,01264
CV (%)		1,95	5,94	6,74	8,63	13,52	5,14

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

De acordo com Raij et al. (1997) a faixa adequada de fósforo é entre 1,2 a 2,0 g kg<sup>-1</sup>, portanto, todos os tratamentos se enquadraram na faixa adequada. As fontes Termofosfato Magnesiano, Fosfato Monoamônico, Superfosfato Simples e as Fontes Comerciais T e P proporcionaram níveis superiores de fósforo foliar, representando um

incremento de 0,24 g kg<sup>-1</sup> em relação às fontes Organomineral I e II e Fosfato Natural (Tabela 9).

Tabela 9. Níveis médios de macronutrientes em folhas de cafeeiros em função de fontes de fósforo em 2021, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

Tratamento	Macronutrientes (g kg <sup>-1</sup> )					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Fonte Comercial T	33,68 a	1,64 a	21,11 a	9,96 a	4,14 a	2,26 a
Organomineral I	33,06 a	1,31 b	22,31 a	8,87 a	3,52 a	2,08 a
Fosfato Monoamônico	33,23 a	1,73 a	22,54 a	10,21 a	3,81 a	2,16 a
Superfosfato Simples	33,61 a	1,65 a	22,16 a	10,72 a	3,65 a	2,33 a
Fosfato Natural	32,68 a	1,36 b	22,02 a	9,73 a	3,56 a	2,14 a
Organomineral II	32,83 a	1,49 b	23,44 a	9,20 a	3,41 a	2,23 a
Fonte Comercial P	33,25 a	1,55 a	22,74 a	9,67 a	3,62 a	2,27 a
Termofosfato Magnesiano	33,28 a	1,56 a	22,21 a	9,97 a	3,73 a	2,01 a

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

Em relação aos teores de micronutrientes foliares, não houve diferença significativa entre as fontes de adubo fosfatado (Tabela 10).

Tabela 10. Análise de variância para micronutrientes em folha de cafeeiros em função de fontes de fósforo em 2021, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

FV	GL	QM				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Tratamento	7	39,092 <sup>Ns</sup>	20,59 <sup>Ns</sup>	2546,68 <sup>Ns</sup>	741,71 <sup>Ns</sup>	10,50 <sup>Ns</sup>
Bloco	2	519,64*	24,57 <sup>Ns</sup>	623,76 <sup>Ns</sup>	85,52 <sup>Ns</sup>	70,45* *
<i>Erro</i>	23	87,3744	14,9499	2295,41	498,508	4,43626
CV (%)		23,9	32,1	37,17	28,33	14,37

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

Para o boro, todos os tratamentos apresentaram baixos teores foliares (inferior a 60 mg kg<sup>-1</sup>). Já para o cobre, o teor foliar correspondente a Fonte Comercial T esteve abaixo da faixa adequada, entre 10 a 20 mg kg<sup>-1</sup>. Para ferro e manganês, todos os tratamentos mantiveram valores foliares na faixa adequada entre 50 a 200 mg kg<sup>-1</sup> para esses nutrientes. Para o zinco, os tratamentos tiveram valores abaixo de 20 mg kg<sup>-1</sup>, considerado ideal (CANTARELLA et al., 2022) (Tabela 11).

Tabela 11. Níveis médios de micronutrientes em folhas de cafeeiros em função de fontes de fósforo em 2021, na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

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

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

### 5.3 Parâmetros produtivos

Não houve diferença significativa para os parâmetros pontuação atribuída à bebida e produtividade pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 12).

Tabela 12. Análise de variância para pontuação atribuída à bebida e produtividade média de cafeeiros em função de fontes de fósforo na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

FV	GL	QM	
		Pontuação	Produtividade
Tratamento	7	91,73 <sup>Ns</sup>	46,84 <sup>Ns</sup>
Bloco	5	82,17 <sup>Ns</sup>	48,32 <sup>Ns</sup>
<i>Erro</i>	35	229,32	51,12
CV (%)		61,81	17,8

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

Em relação à bebida, todos os tratamentos se enquadraram na classificação *Premium*, maior que 80 pontos, o que enfatiza o adequado manejo pós-colheita, principalmente durante a secagem e revolvimento dos frutos, não ocorrendo fermentação por microrganismos maléficos no fruto na fase de maturação. Este fato está totalmente relacionado ao inverno seco e frio, desfavorecendo a atividade desses microrganismos (Tabela 13).

Tabela 13. Pontuação de bebida e produtividade média de cafeeiros em função de fontes de fósforo na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

Tratamento	Médias	
	Pontuação de bebida	Produtividade (sc café <sup>-1</sup> )
Fonte Comercial T	80,41 a	42,72 a
Organomineral I	80,41 a	36,38 a
Fosfato Monoamônico	80,50 a	39,20 a
Superfosfato Simples	80,50 a	40,25 a
Fosfato Natural	80,75 a	40,03 a
Organomineral II	80,29 a	36,75 a
Fonte Comercial P	80,25 a	44,58 a
Termofosfato Magnésiano	80,12 a	41,46 a

A produtividade média obtida na lavoura foi de 40,17 sacas por hectare, considerada satisfatória para a primeira safra da lavoura (Tabela 13). Em experimento conduzido por Reis et al. (2013) a produtividade do cafeeiro respondeu linearmente a doses de até 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. 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.

Quanto ao percentual de frutos de café em diferentes estádios de maturação, não foram verificadas diferenças significativas para frutos verde, verde cana, cereja, passa e seco entre os tratamentos pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 14).

Tabela 14. Análise de variância para percentual de frutos de café nos estádios verde, verde cana, cereja, passa e seco em função de fontes de fósforo na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

FV	GL	QM				
		Verde	Verde Cana	Cereja	Passa	Seco
Tratamento	7	7,54 <sup>Ns</sup>	19,73 <sup>Ns</sup>	0,00196 <sup>Ns</sup>	205,42 <sup>Ns</sup>	0,11 <sup>Ns</sup>
Bloco	5	4,73 <sup>Ns</sup>	3,67 <sup>Ns</sup>	0,0078**	315,18*	0,17 <sup>Ns</sup>
Erro	35	9,65	10,55	0,0019	108,39	0,077
CV (%)		58,48	58,85	2,29	40,17	49,61

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

O percentual de frutos no estágio cereja variou entre 63,02% a 71,59%, enquanto que em todos os tratamentos a porcentagem de frutos verdes foi inferior à 5,0%, o que reflete o momento ideal para colheita, afetando diretamente a bebida. O estágio de maturação cereja se caracteriza maior atividade da polifenoloxidase e baixa lixiviação de potássio, enquanto o contrário acontece quando os frutos são colhidos verdes ou secos (PIMENTA, CHAGAS e COSTA, 1997). Tal informação enfatiza os benefícios da colheita ser realizada com maior percentual de frutos maduros para agregar qualidade e, conseqüentemente, valor ao produto (FERNANDES et al., 2020).

Já para frutos no estágio passa, os tratamentos Organomineral I, Superfosfato Simples, Fosfato Natural, Fonte Comercial P e Termofosfato Magnesiano apresentaram maior percentual de frutos neste estágio em comparação aos demais tratamentos, o que pode indicar que estas fontes proporcionaram às plantas condições para precocidade de maturação (Tabela 15).

Tabela 15. Porcentagem média de frutos nos estádios, verde, verde cana, cereja, passa e seco de cafeeiros em função de fontes de fósforo na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

Tratamento	Verde	Verde Cana	Cereja	Passa	Seco
Fonte Comercial T	3,91 a	4,85 a	71,59 a	17,03 b	2,59 a
Organomineral I	3,62 a	2,34 b	66,59 a	24,63 a	2,79 a
Fosfato Monoamônico	6,07 a	6,74 a	70,92 a	13,75 b	2,49 a
Superfosfato Simples	3,93 a	3,45 b	63,02 a	22,48 a	7,09 a
Fosfato Natural	5,02 a	3,31 b	65,12 a	22,81 a	3,72 a
Organomineral II	4,18 a	5,77 a	71,52 a	15,43 b	3,07 a
Fonte Comercial P	3,62 a	2,34 b	66,59 a	24,63 a	2,79 a
Termofosfato Magnesiano	3,33 a	3,04 b	68,40 a	23,14 a	2,06 a

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

Em relação ao tamanho e formato dos frutos, apenas para a categoria chato médio houve diferença significativa em relação às fontes de fósforo testadas (Tabela 16).



Tabela 16. Análise de variância para porcentagem de grãos de café retidos nas peneiras em função de fontes de fósforo na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

FV	GL	QM		
		Chato Graúdo	Chato Médio	Chato Miúdo
Tratamento	7	70,15 <sup>Ns</sup>	67,88*	230,98 <sup>Ns</sup>
Bloco	5	61,15 <sup>Ns</sup>	19,59 <sup>Ns</sup>	167,61 <sup>Ns</sup>
Erro	35	46,62	25,8	193,04
CV (%)		12,81	20,98	56,71
FV	GL	Moca Graúdo	Moca Médio	Moca Miúdo
Tratamento	7	13,06 <sup>Ns</sup>	0,00086 <sup>Ns</sup>	226,89 <sup>Ns</sup>
Bloco	5	1,26 <sup>Ns</sup>	0,00164 <sup>Ns</sup>	126,06 <sup>Ns</sup>
Erro	35	8,46	0,00079	199,79
CV (%)		27,95	11,12	57,69

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

\*: significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de F.

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

Com relação ao percentual de chato médio, os tratamentos Organomineral I, Superfosfato Simples, Fonte Comercial P e o Termofosfato Magnésiano proporcionaram maiores valores de grãos nesta categoria, representando um incremento de 5,32% em relação às demais fontes de adubos testadas (Tabela 17).

Tabela 17. Porcentagem média de grãos de café retidos nas peneiras em função de fontes de fósforo na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

Tratamento	Chato graúdo	Chato médio	Chato miúdo
Fonte Comercial T	54,67 a	22,40 b	1,22 a
Organomineral I	53,18 a	24,58 a	1,93 a
Fosfato Monoamônico	58,38 a	18,65 b	2,08 a
Superfosfato Simples	55,29 a	26,43 a	1,20 a
Fosfato Natural	51,18 a	22,47 b	2,68 a
Organomineral II	55,54 a	22,65 b	1,10 a
Fonte Comercial P	47,59 a	29,22 a	2,74 a
Termofosfato Magnésiano	50,46 a	27,27 a	2,50 a
Tratamento	Moca graúdo	Moca médio	Moca miúdo
Fonte Comercial T	12,00 a	0,25 a	2,50 a
Organomineral I	10,68 a	0,25 a	3,09 a
Fosfato Monoamônico	10,85 a	0,24 a	3,58 a
Superfosfato Simples	8,79 a	0,24 a	1,71 a
Fosfato Natural	11,56 a	0,27 a	3,89 a
Organomineral II	11,93 a	0,24 a	1,82 a
Fonte Comercial P	8,30 a	0,27 a	4,27 a
Termofosfato Magnésiano	9,10 a	0,24 a	4,00 a

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

Verifica-se que as condições de manejo da área e estado nutricional foram eficientes para o adequado enchimento de grãos do café, refletindo diretamente no alto percentual de grãos nas peneiras 17 acima, visto que em todos os tratamentos esta porcentagem ficou acima de 47,5% (Tabela 17).

## 6. CONCLUSÃO

As fontes de adubo fosfatadas influenciam o teor de matéria orgânica do solo, capacidade de troca de cátions potencial e os níveis de potássio, magnésio e manganês.

Termofosfato Magnesiano, Fosfato Monoamônico, Superfosfato Simples e as Fontes Comerciais T e P proporcionam maiores teores de fósforo na folha.

As fontes de adubo fosfatado não influenciam a produtividade e qualidade de bebida do café.

A utilização das fontes Organomineral I, Superfosfato Simples, Fonte Comercial P e Termofosfato Magnesiano proporcionam um incremento de grãos na categoria chato graúdo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. F.; ALMEIDA, A. A.; BEGNINI, M. L. Produção de fertilizante organomineral a partir de resíduos orgânicos. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 12424-12432, mar. 2020.

ALMEIDA, R.C. et al. Produção acumulada do cafeeiro em três safras consecutivas para diferentes níveis de reposição de fósforo ( $P_2O_5$ ) via água de irrigação. In: **Anais...** 42º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Serra Negra – SP. 42, 2016.

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.

BÜLL, L. T.; LACERDA, S.; NAKAGAWA, J. Termofosfato: alterações em propriedades químicas em um Latossolo Vermelho-Escuro e eficiência agrônômica. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 169- 179, 1997.

CANTARELLA, H. et al. **Boletim 100**: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, 2022. 489p.

CARMO, C.A.F. de S. do. et al. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados pela Embrapa Solos**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos. 41p. 2000.

CARVALHO, A. M. X.; MENDES, F. Q. Speed Stat: a minimalist and intuitive spreadsheet program for classical experimental statistics. In: **Anais...** 62ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 24 – 28. Lavras, Minas Gerais: R.B.R.A.S., 333 p. 2017.

COMPANHIA NACIONAL de ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café – Segundo levantamento**. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/café>>. Acesso em: 12 junho de 2023.

FAVARIN, J. L.; TEZOTTO, T.; PAULA NETO, A. Balanço nutricional em café: estudo de caso. **Visão agrícola**, n. 12, p. 3, 2013.

FEDERAÇÃO DOS CAFEICULTORES DO CERRADO. Região do Cerrado Mineiro. **Denominação de origem do Cerrado Mineiro**. Disponível em: <<https://www.cafedocerrado.org/index.php?pg=denominacaodeorigem>>. Acesso em 08 de julho de 2022.

FERNANDES, M. I. S. et al. Parâmetros produtivos e de qualidade de cultivares de cafeeiros na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, 2020.

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, nov/dez, 2013.

GUIMARÃES, P.T. G. et al. In: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais – CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação**. Editores: RIBEIRO et al. Viçosa, MG, 1999, 359 p. 289-302.

LAL, R. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global. **Science**, v.304, p.1623-1627, 2004.

LOPES, A. S; SILVA, C. A. P; BASTOS, A. R. R. Reservas de fosfatos e produção de fertilizantes fosfatados no Brasil e no mundo. In: YAMADA, T; ABDALLA, S. R. S (ed.). **Simpósio sobre fósforo na agricultura brasileira, 2004**, São Pedro-SP. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do fosfato. 2004. p. 11-34.

MARWAHA, B. C. Rock phosphate holds the key to productivity in acid soils: a review. **Fertilizer News**, New Delhi, v. 34, n. 3, p. 23-29, 1989.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de Café no Brasil: Manual de Recomendações**. Fundação Procafé, 2020.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003. **Regulamento Técnico de**

**Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru.**

Disponível em < <http://www.ministerio.gov.br>>. Acesso em: 14 junho de 2022.

MOREIRA, F. L. M. et al. Adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.7-12, jan./mar., 2008.

NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de solos, 2007.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ – OIC. Disponível em <https://www.ico.org/Market-Report-21-22-e.asp>. Acesso em 2 de agosto de 2022.

PAIVA, C. R. **Fertilidade do solo, teores foliares de nutrientes e crescimento vegetativo de cafeeiro em função de fonte de fósforo**. 2022. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

PIMENTA, C. J.; CHAGAS, S. J. R.; COSTA, L. Polifenoloxidase, lixiviação de potássio e qualidade de bebida do café colhido em quatro estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 171-177, 1997.

PROCHNOW, L. I. et al. Caracterização e avaliação agronômica de superfosfatos simples variando em impurezas de fosfato de ferro. **Agronomy Journal**, v.95, p.293-302, 2003.

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

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.

SANTINATO, F. et al. Doses of phosphorus associated with nitrogen on development of coffee seedlings. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 419-426, 2014.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA- SCAA. Disponível em [http://coffeetraveler.net/wp-content/files/901-SCAA\\_CuppingProtocols\\_TSC\\_DocV\\_RevDec08\\_Portuguese.pdf/](http://coffeetraveler.net/wp-content/files/901-SCAA_CuppingProtocols_TSC_DocV_RevDec08_Portuguese.pdf/). Acesso em: 12 de julho de 2022.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017.573 p.: il. color. ISBN 978-85-7035-771-7.