

RESPOSTAS INICIAIS DE UMA CULTURA PERENE A DIFERENTES FONTES E DOSES DE ADUBAÇÃO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO

EARLY RESPONSES OF A PERENNIAL CROP TO DIFFERENT NUTRIENT INPUT SOURCES AND RATES IN A DYSTROPHIC RED LATOSOL

RESPUESTAS INICIALES DE UN CULTIVO PERENNE A DISTINTAS FUENTES Y DOSIS DE APOORTE NUTRICIONAL EN UN LATOSSOLO ROJO DISTRÓFICO

Mateus Henrique dos Santos Diniz¹, João Joaquim Assis Rezende², Igor Cruvinel Pena³, Isabel Rodrigues de Andrade⁴, Anna Julia Araujo Souza⁵, Emanuelle Neves da Silva⁶, Sheyla Barbosa Machado Oliveira⁷, Daniel Pereira dos Santos⁸, Raquel Pinheiro da Mota⁹, Ernane Miranda Lemes¹⁰, Reginaldo de Camargo de Camargo¹¹

DOI: 10.54899/dcs.v22i85.3898

Recibido: 27/11/2025 | Aceptado: 28/11/2025 | Publicación en línea: 11/12/2025.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes de fertilizantes de plantio e doses de fertilizante orgânico sobre características biométricas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em fase inicial de campo. O experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa, em Indianópolis-MG, utilizando a cultivar Acaiá IAC 474-19. Adotou-se delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 3×4 , com três fontes de fertilizantes de plantio (mineral 11-52-00, organomineral à base de esterco de frango 06-30-00 e organomineral à base de torta de filtro 06-30-00) e quatro doses de fertilizante orgânico à base de esterco de frango (2,

¹ Mestre em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

E-mail: mateussdiniz1@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7938-8885>

² Graduando em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: joao.joaquim@ufu.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-2197-8165>

³ Graduando em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: igor.pena@ufu.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-2453-0249>

⁴ Graduanda em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: isabel.andrade@ufu.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-0818-8282>

⁵ Graduanda em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: anna.araujos@ufu.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-0239-5142>

⁶ Graduanda em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: emanuelle.silva@ufu.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-3250-4438>

⁷ Graduanda em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: sheyla.oliveira@ufu.br

⁸ Graduando em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: dps.ufu@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-9628-8726>

⁹ Doutora em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: raquel.agrmota@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9761-3289>

¹⁰ Doutor em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: ernanefito@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6807-0644>

¹¹ Doutor em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: rcamargo@ufu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7893-6835>

4, 6 e 8 t ha⁻¹), com quatro repetições. Aos 90 dias e 12 meses após o plantio foram avaliadas altura de planta, diâmetro de caule, diâmetro de copa e número de pares de ramos plagiotrópicos. Os dados foram submetidos à análise de variância fatorial e, quando aplicável, ao teste de Tukey a 5%. Observou-se incremento das variáveis biométricas entre as épocas, porém sem efeito de fontes, doses ou interação. Conclui-se que, nas condições avaliadas, as combinações de fertilizantes testadas resultaram em padrão biométrico semelhante, permitindo que a escolha da fonte na implantação seja orientada por critérios operacionais, econômicos e ambientais.

Palavras-chave: Café Arábica. Fertilização Organomineral. Insumos Orgânicos. Caracterização Morfológica. Cerrado Brasileiro.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of planting fertilizer sources and rates of organic fertilizer on biometric traits of coffee (*Coffea arabica* L.) in the early field phase. The experiment was carried out on a dystrophic Red Latosol with clayey texture at Fazenda Furnas, in Indianópolis, Minas Gerais, Brazil, using the cultivar Acaiá IAC 474-19. A randomized complete block design was adopted in a 3 × 4 factorial scheme, with three planting fertilizer sources (mineral 11-52-00, organomineral based on poultry manure 06-30-00, and organomineral based on filter cake 06-30-00) and four rates of an organic fertilizer formulated with poultry manure (2, 4, 6 and 8 t ha⁻¹), with four replications. At 90 days and 12 months after planting, plant height, stem diameter, canopy diameter and number of pairs of plagiotropic branches were assessed. Data were subjected to factorial analysis of variance and, when appropriate, means were compared by Tukey's test at 5% probability. Biometric variables increased between evaluation times, but no effects of fertilizer sources, organic rates or their interaction were detected. Under the conditions of this study, the combinations of fertilizers tested produced a similar biometric pattern, indicating that the choice of planting fertilizer source may be guided by operational, economic and environmental criteria.

Keywords: Arabica Coffee. Organomineral Fertilization. Organic Fertilizers. Plant Morphometry. Brazilian Cerrado.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de fuentes de fertilizantes de plantación y dosis de fertilizante orgánico sobre características biométricas de cafeto (*Coffea arabica* L.) en fase inicial de campo. El experimento se llevó a cabo en un Latossolo Rojo distrófico de textura arcillosa, en Indianópolis-MG, utilizando la cultivar Acaiá IAC 474-19. Se adoptó un diseño en bloques al azar, en esquema factorial 3 × 4, con tres fuentes de fertilizantes de plantación (mineral 11-52-00, organomineral a base de estiércol de pollo 06-30-00 y organomineral a base de torta de filtro 06-30-00) y cuatro dosis de fertilizante orgánico a base de estiércol de pollo (2, 4, 6 y 8 t ha⁻¹), con cuatro repeticiones. A los 90 días y 12 meses después de la plantación se evaluaron la altura de planta, el diámetro del tallo, el diámetro de copa y el número de pares de ramas plagiotrópicas. Los datos se sometieron a análisis de varianza factorial y, cuando fue aplicable, a la prueba de Tukey al 5%. Se observó incremento de las variables biométricas entre épocas, pero sin efecto de fuentes, dosis ni interacción. Se concluye que, en las condiciones evaluadas, las combinaciones de fertilizantes probadas resultaron en un patrón biométrico similar, permitiendo

que la elección de la fuente en la implantación se oriente por criterios operativos, económicos y ambientales.

Palabras clave: Arabica Coffee. Organomineral Fertilization. Organic Fertilizers. Plant Morphometry. Brazilian Cerrado.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira é um dos principais segmentos do agronegócio e depende, em grande medida, do êxito da fase de implantação das lavouras, quando se definem arquitetura de planta, vigor inicial e teto produtivo de *Coffea arabica* L. Nessa etapa, o manejo nutricional deve estar ajustado ao desenvolvimento fenológico, pois o suprimento equilibrado de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) regula divisão e expansão celular, diferenciação de tecidos, formação de gemas e desenvolvimento do sistema radicular, condicionando o potencial produtivo futuro (Camargo & Camargo, 2001; Meireles et al., 2009).

Ao mesmo tempo, a agricultura moderna é pressionada a manter produtividade elevada, preservar a qualidade do solo e reduzir impactos ambientais, o que tem impulsionado estratégias de adubação que considerem não apenas a composição química, mas também a origem dos insumos, sua forma física e a interação com o ambiente edáfico. Fertilizantes que associam materiais orgânicos a fontes minerais vêm ganhando espaço por aliarem fornecimento de nutrientes à melhoria de propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, elevando matéria orgânica, atividade microbiana, retenção de água e capacidade de troca catiônica (CTC), com desempenho comparável ou superior ao de fertilizantes minerais convencionais em solos tropicais (Frazão et al., 2021; Oliveira et al., 2022; Rodrigues et al., 2023).

No cafeeiro, combinações de fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais, os formulados com resíduos como cama de frango e torta de filtro, têm mostrado potencial para conciliar produtividade elevada com melhoria gradual das condições do solo, sobretudo em Latossolos do bioma Cerrado (Benites et al., 2022; Moraes et al., 2022; Almeida et al., 2023). Entretanto, grande parte da literatura concentra-se em indicadores de rendimento e em alterações químicas do solo, havendo menos informações sobre como diferentes combinações de fontes e doses de fertilizantes modulam, em campo, características biométricas do crescimento vegetativo

inicial do cafeeiro. Essas variáveis refletem o balanço entre nutrição, condições ambientais e arquitetura de planta e relacionam-se diretamente à interceptação de luz, à formação de área foliar e à capacidade de suporte de carga produtiva em ciclos subsequentes.

O experimento conduzido em Latossolo Vermelho distrófico no município de Indianópolis, Minas Gerais, foi estruturado para avaliar o crescimento inicial de plantas de *C. arabica* L. sob aplicação de fertilizante mineral convencional, fertilizante organomineral à base de esterco de frango e fertilizante organomineral derivado de torta de filtro, combinados com doses de 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹ de fertilizante orgânico também à base de esterco de frango. Nesse contexto, a questão de pesquisa é se essas diferentes fontes de fertilizantes de plantio e doses de fertilizante orgânico, em sistema de Cerrado, modificam de forma mensurável a biometria inicial de plantas de cafeeiro em campo.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes e doses de fertilizantes sobre a altura de plantas, o diâmetro de caule, o diâmetro de copa e o número de ramos plagiotrópicos de *Coffea arabica* L., aos três e doze meses após o plantio, em Latossolo Vermelho distrófico sob condições de Cerrado.

REFERENCIAL TEÓRICO

A adubação na fase de implantação do cafeeiro deve considerar, de forma integrada, a idade das plantas e a fertilidade do solo, ajustando as doses de nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O), bem como de cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e micronutrientes, às condições edafoclimáticas e à expectativa de produtividade. Recomendações oficiais para Minas Gerais apresentam faixas anuais de nutrientes em função da idade da lavoura e da classe de fertilidade, servindo como referência para o dimensionamento das adubações de formação e produção (Ribeiro et al., 1999).

A Tabela 1 apresenta essa integração, combinando as faixas de exigência em solos empobrecidos e férteis, nas fases de formação e produção, com palavras-chave que descrevem o papel de cada nutriente no crescimento inicial da cultura.

Tabela 1

Recomendações anuais de adubação para cafeeiro por idade e classe de fertilidade do solo em Minas Gerais, associadas às principais funções fisiológicas dos nutrientes na fase de implantação.

Nutriente	Exigência em formação		Exigência em produção		Funções principais
	Solos empobrecidos	Solos férteis	Solos empobrecidos	Solos férteis	
N	180–250	50–180	250–300	180–250	Crescimento vegetativo; proteínas; clorofila; aminoácidos
P ₂ O ₅ (P)	100–150	50–100	60–100	40–60	ATP/energia; raízes; floração; frutificação
K ₂ O (K)	150–200	50–100	250–300	150–200	Osmorregulação; transporte de açúcares; abertura estomática
Ca	60–80	40–60	80–100	60–80	Parede celular; membranas; tecidos em crescimento
Mg	40–60	20–40	60–80	40–60	Clorofila; fotossíntese; ativação enzimática
S	30–50	10–30	60–100	30–60	Aminoácidos sulfurados; proteínas; compostos de defesa
Zn	15–25	5–15	20–40	10–20	Auxinas; crescimento de brotações; enzimas redox
B	1–2	0,5–1,5	2–3	1–2	Parede celular; meristemas; fecundação do pólen
Cu	5–10	1–5	10–15	3–7	Oxidases; lignificação; defesa contra patógenos

Fe	40–80	20–40	60–100	30–60	Transporte de elétrons; fotossíntese; síntese de clorofila
Mn	30–50	10–30	40–60	20–40	Fotólise da água; ativação enzimática; reações redox

Expressas em kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O; demais nutrientes em elemento. Conversões úteis: P = 0,436 × P₂O₅; K = 0,830 × K₂O. Fonte: Adaptado de Ribeiro, (1999) e de compilações fisiológicas em Fageria & Filho (1987), Marschner (2012), Taiz et al. (2017), Miller (2016), Pavinato et al. (2020), Barrow (2023) e Qu et al. (2023).

A Tabela 1 mostra que N, P₂O₅ e K₂O concentram as maiores faixas de exigência, refletindo seu papel central em crescimento vegetativo, metabolismo energético e redistribuição de fotoassimilados. Cálcio, magnésio e enxofre aparecem em doses intermediárias, associados à integridade de membranas, à estrutura da parede celular, à fotossíntese e à síntese proteica. Já Zn, B, Cu, Fe e Mn são requeridos em menores quantidades, mas exercem funções específicas em rotas de crescimento de meristemas, síntese de reguladores de crescimento, transporte de elétrons e reações redox.

Além das recomendações de adubação da Tabela 1, o uso de fertilizantes na cafeicultura brasileira é regulado pela Lei de Fertilizantes (Lei nº 6.894/1980), que trata da inspeção e fiscalização da produção e do comércio desses insumos, regulamentada pelo Decreto nº 4.954/2004, responsável por registro, padronização e classificação (Brasil, 1980; Brasil, 2004). Instruções Normativas como a IN nº 53/2013, para fertilizantes organominerais, e a IN nº 61/2020, para fertilizantes orgânicos e biofertilizantes, detalham critérios de composição, limites de contaminantes, teores mínimos de nutrientes e de carbono orgânico e regras de rotulagem (Brasil, 2013; Brasil, 2020).

Conceitualmente, fertilizantes minerais são insumos de natureza predominantemente mineral e alta solubilidade, como ureia, superfosfatos e cloreto de potássio, obtidos por síntese de amônia, acidulação de rochas fosfatadas ou beneficiamento de sais potássicos; fornecem N, P e K em formas prontamente absorvíveis, mas com maior risco de perdas quando o manejo é inadequado (Brasil, 2004; Brasil, 2017). Fertilizantes orgânicos utilizam matérias-primas vegetais ou animais (esterco de frango, esterco bovino, restos culturais, torta de filtro), submetidas à compostagem e estabilização, o que reduz patógenos e sementes de plantas daninhas e concentra matéria orgânica; nesses produtos, N, P e S permanecem em formas orgânicas e dependem da

mineralização microbiana para se tornarem disponíveis às plantas (Brasil, 2020). Fertilizantes organominerais resultam da mistura de fertilizantes minerais com matrizes orgânicas estabilizadas, gerando grânulos com teores mínimos de $N + P_2O_5 + K_2O$ e de carbono orgânico, que combinam liberação rápida de nutrientes com fornecimento gradual e efeito positivo sobre a matéria orgânica do solo (Brasil, 2013; Machado, 2024).

Sob a ótica do caminho até a planta, fontes minerais se dissolvem logo após a aplicação, liberando íons que alcançam a rizosfera por difusão e fluxo de massa. Em fontes orgânicas e organominerais, a fração orgânica é primeiro decomposta pela microbiota do solo, que mineraliza N, P e S em formas iônicas (NH_4^+ , NO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-}), resultando em fornecimento mais gradual. Em Latossolos intemperizados, a matriz orgânica associada ao fertilizante eleva o carbono orgânico total, a capacidade de troca catiônica e a retenção de água, além de reduzir a fixação de fósforo em óxidos de ferro e alumínio, aumentando a eficiência de uso de N, P e K quando doses, épocas e formas de aplicação são bem manejadas (Ribeiro et al., 1999; Pavinato et al., 2020; Noronha et al., 2024).

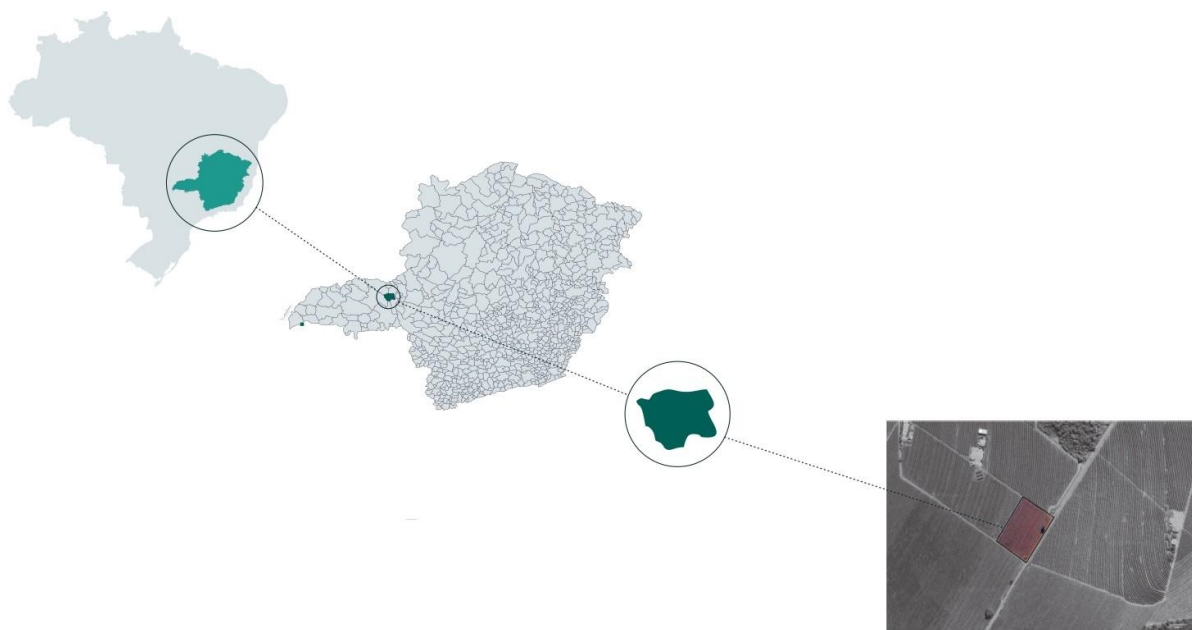
Neste estudo, altura de planta, diâmetro de caule, diâmetro de copa e número de ramos plagiotrópicos foram avaliados aos três e doze meses após o plantio. Esses descritores representam o vigor vegetativo e a arquitetura do cafeeiro, integrando efeitos de nutrição, solo e manejo, e são amplamente empregados em ensaios de genótipos, estudos de manejo nutricional e sistemas consorciados (Carvalho et al., 2022; de Carvalho et al., 2024; Noronha et al., 2024). Em geral, essas variáveis se correlacionam com área foliar, número de nós produtivos e rendimento nas primeiras safras, o que justifica seu uso como indicadores sensíveis para avaliar o efeito de fontes e doses de fertilizantes na fase de implantação.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido entre outubro de 2022 e dezembro de 2023, na Fazenda Furnas, em Indianópolis, Minas Gerais (18°56'08" S; 47°56'11" W; 911 m de altitude). O clima é Aw, tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, segundo Köppen. A localização da área experimental no município de Indianópolis é apresentada na Figura 1.

Figura 1

Local do experimento no município de Indianópolis, Minas Gerais.



O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 2018). As análises físicas e químicas, em 0–20 e 20–40 cm, indicaram teores de argila entre 368 e 488 g kg⁻¹, pH em água de 5,5 a 5,8, P Mehlich-1 de 9,5 a 17,1 mg dm⁻³, K de 90 a 131 mg dm⁻³, matéria orgânica de 0,9 a 3,2 dag kg⁻¹ e V de 54 a 58%, caracterizando fertilidade intermediária.

Utilizou-se *C. arabica* L. cv. Acaiá IAC 474-19, cultivar de porte alto, produtiva e vigorosa, com grãos grandes e boa qualidade de bebida, amplamente cultivada em Minas Gerais e no Cerrado por apresentar maturação relativamente precoce e uniforme, boa adaptação a plantios adensados e à colheita mecanizada, embora seja mais sensível a solos de baixa fertilidade e exija manejo nutricional mais criterioso na implantação (Fundação Procafé, 2020; Alberice, 2025). A lavoura foi implantada em outubro de 2022, em espaçamento de 3,8 × 0,6 m (4.385 plantas ha⁻¹), após gradagem até 25 cm e aplicação de 3 t ha⁻¹ de calcário e palha de café (4 L m⁻²), em doses compatíveis com recomendações para Latossolos do Cerrado.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 × 4, totalizando 12 tratamentos. Os fatores corresponderam a três fontes de fertilizantes de plantio: mineral 11-52-00, organomineral à base de esterco de frango 06-30-00 e organomineral à base de torta de filtro 06-30-00, combinadas a quatro doses de fertilizante

orgânico formulado com esterco de frango (2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹). Cada tratamento teve quatro repetições, perfazendo 48 parcelas, com oito plantas por parcela e quatro plantas úteis na área central.

Os fertilizantes foram aplicados em formas físicas distintas: mineral granulado, organomineral de esterco de frango farelado, organomineral de torta de filtro peletizado e orgânico de esterco de frango farelado. O plantio das mudas ocorreu 40 dias após a adubação, favorecendo a interação inicial dos fertilizantes com o solo e a estabilização do pH. Durante o experimento, mantiveram-se práticas usuais de manejo, irrigação por gotejamento, capinas, controle fitossanitário e adubações complementares para garantir boas condições de crescimento ao cafeeiro em formação.

A Tabela 2 apresenta os principais produtos empregados no plantio, suas formulações N–P₂O₅–K₂O, os atributos químicos das matrizes de cama de frango, torta de filtro e rejeitos de aves.

Tabela 2

Fertilizantes utilizados no experimento e principais características químicas das matrizes orgânicas associadas.

Fertilizante	Tipo / matriz	Formulação N–P ₂ O ₅ –K ₂ O (%)	Nutrientes adicionais declarados (%)	Atributos da matriz orgânica (classificação qualitativa)*
Mineral 11-52-00	Mineral, sem matriz orgânica	11–52–00	–	Sem matriz orgânica (produto puro mineral)
Organomineral (esterco de frango)	Organomineral, cama de frango	06–30–00	S: 3,0; B: 0,2; Zn: 0,1	pH alcalino; COT elevado; N moderado; P ₂ O ₅ elevado; K ₂ O baixo; C/N moderada (liberação intermediária)
Organomineral (torta de filtro)	Organomineral, torta de filtro	06–30–00	–	pH neutro–alcalino; COT moderado–elevado; N moderado; P ₂ O ₅ moderado; K ₂ O traços; C/N moderada (liberação intermediária)
Orgânico (esterco de frango)	Orgânico, rejeitos de aves	1,5–2,5–0,8	Ca: 4,0; Mg: 1,0; S: 1,0	pH neutro; COT moderado; N elevado; P ₂ O ₅ moderado; K ₂ O elevado; C/N baixa (liberação rápida)

*Classificação qualitativa com base nos valores analíticos das matrizes: pH ácido (< 6,5), neutro (6,5–7,5) e alcalino (> 7,5); carbono orgânico total (COT) baixo (< 200 g kg⁻¹), moderado (200–300 g kg⁻¹) e elevado (> 300 g kg⁻¹); N, P₂O₅ e K₂O: baixo (< 20 g kg⁻¹), moderado (20–35 g kg⁻¹) e elevado (> 35 g kg⁻¹); relação C/N baixa (< 8:1), moderada (8–12:1) e elevada (> 12:1). Metodologias analíticas: pH determinado em suspensão solo:água 1:2,5 (v/v); umidade por método gravimétrico (secagem em estufa a 65 °C até peso constante); COT por combustão seca; N total por digestão sulfúrica e espectrofotometria UV-Vis; P₂O₅ total por digestão nitroperclórica e espectrofotometria; K₂O solúvel por extração em água e leitura em espectrofotometria de emissão de chama, seguindo o Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos (MAPA, 2017) e método 993.13 da AOAC (2007).

A altura das plantas foi medida do nível do solo até a gema terminal, em cm, com régua graduada. O diâmetro do caule foi determinado com paquímetro a 2 cm da superfície do solo, em mm. O diâmetro da copa foi obtido a partir dos dois ramos mais longos no sentido das entrelinhas, em cm, e o número de ramos plagiotrópicos pela contagem dos pares desde a base até a gema terminal. As avaliações foram realizadas aos 3 e 12 meses após o plantio, seguindo Bravin et al. (2020), permitindo caracterizar o crescimento inicial e o desenvolvimento subsequente das plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados biométricos de *Coffea arabica* L., tanto aos 90 dias quanto aos 12 meses após o plantio, revelou um aumento esperado nas variáveis de altura, diâmetro do caule, diâmetro de copa e número de ramos plagiotrópicos, conforme o desenvolvimento natural da planta na fase inicial. No entanto, a análise de variância fatorial (3×4) não mostrou efeitos significativos das fontes de fertilizante, doses de fertilizante orgânico e da interação Fonte $\times$ Dose, com $p > 0,05$ em ambas as épocas de mensuração.

A Tabela 3 e Gráfico 1 abaixo apresentam as médias das variáveis biométricas para cada fonte de fertilizante e dose de fertilizante orgânico, aos 90 dias e aos 12 meses após o plantio. Neste estudo não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, conforme as análises realizadas.

Tabela 3

Médias das variáveis biométricas de cafeeiro aos 90 dias e 12 meses, sob diferentes fontes de fertilizante e doses de fertilizante orgânico.

Fonte de fertilizante	Dose org. (t ha ⁻¹)	Altura (cm)		Diâm. caule (mm)		Diâm. copa (cm)		Ramos (pares)	
		90 d	12 m	90 d	12 m	90 d	12 m	90 d	12 m
Mineral	2	42.81	134.50	5.64	34.20	26.25	99.94	2.19	22.94
	4	37.50	127.38	4.96	33.95	25.12	100.25	2.00	21.69
	6	36.94	112.00	4.98	32.12	25.31	94.88	1.81	19.88
	8	34.19	129.88	4.69	32.46	24.81	102.06	1.56	21.56

Fonte de fertilizante	Dose org.	Altura		Diâm. caule		Diâm. copa		Ramos	
	(t ha ⁻¹)	(cm)		(mm)		(cm)		(pares)	
		90 d	12 m	90 d	12 m	90 d	12 m	90 d	12 m
Organomineral (esterco de frango)	2	42.81	134.50	5.64	34.20	26.25	99.94	2.19	22.94
	2	43.44	137.88	6.15	36.39	27.25	93.19	2.69	22.56
	4	46.50	136.44	6.05	35.02	27.75	105.69	2.75	23.69
	6	40.56	133.31	5.49	35.69	26.69	101.56	2.19	22.56
	8	37.31	132.62	5.02	33.57	25.88	104.19	1.75	22.31
Organomineral (torta de filtro)	2	39.12	128.50	5.11	33.67	25.00	99.25	1.75	22.31
	4	36.56	125.88	5.24	32.04	25.56	97.25	1.94	23.00
	6	43.44	133.31	5.63	36.61	28.12	102.50	2.44	23.81
	8	46.19	139.31	6.09	37.11	27.75	99.88	2.56	24.12

Os gráficos abaixo ilustram a variação das medições de altura, diâmetro de caule, diâmetro de copa e número de ramos plagiotrópicos entre os diferentes tratamentos aos 90 dias e aos 12 meses, com destaque para a evolução do crescimento vegetativo do cafeeiro ao longo do período de avaliação.

Figura 2

Altura das plantas.

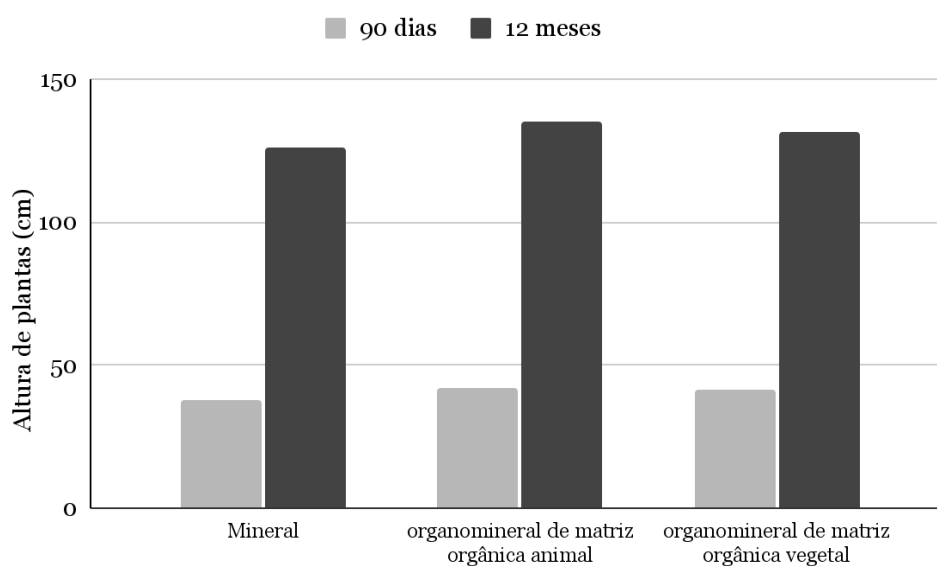


Figura 3

Diâmetro de caule.

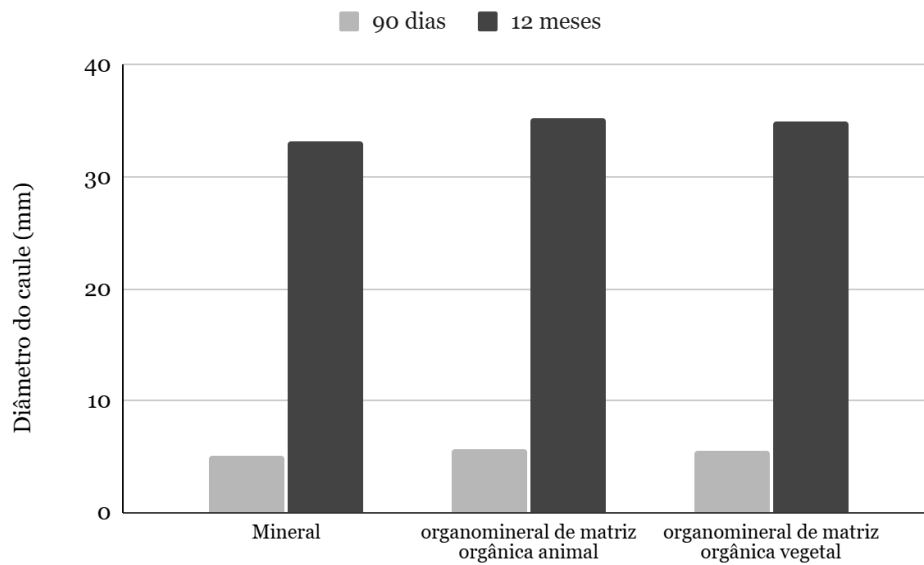


Figura 4

Diâmetro de copa.

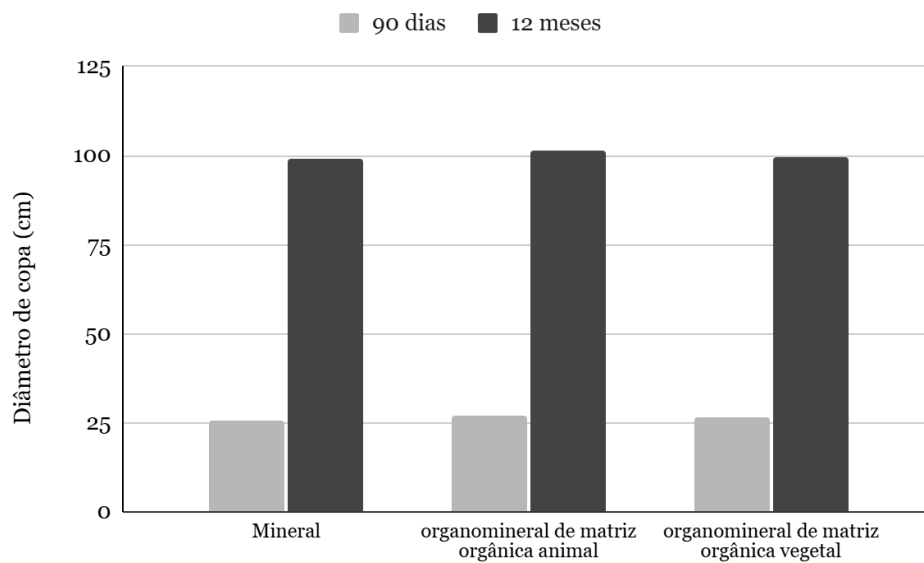
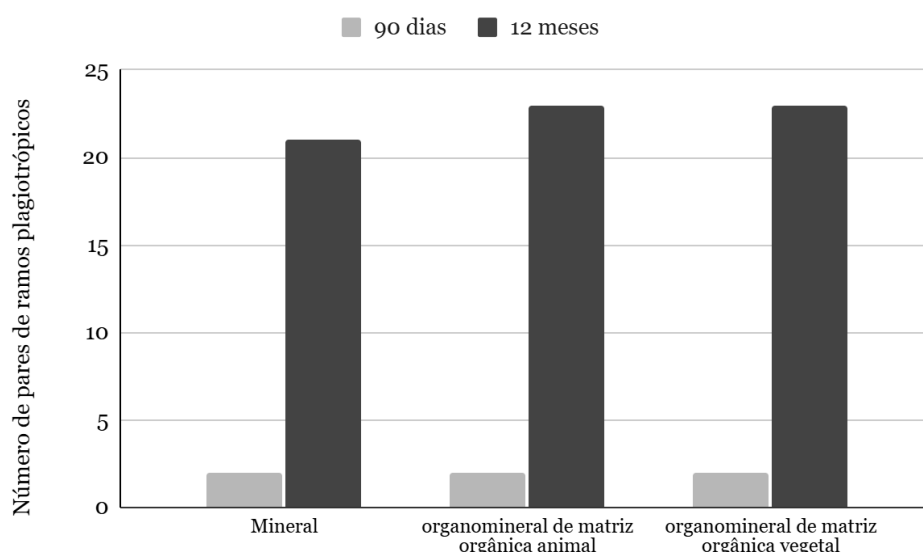


Figura 5

Número de ramos plagiotrópicos.



Os dados obtidos no presente experimento com *Coffea arabica* indicam que, aos 90 dias e aos 12 meses após o plantio, não houve diferenças estatisticamente significativas nas variáveis biométricas entre os tratamentos com fertilizante mineral convencional ou organominerais (matriz orgânica animal ou vegetal) combinados com diferentes doses de fertilizante orgânico. Esse achado mostra que, sob as condições da área com solo de fertilidade intermediária, manejo adequado e cultivar exigente, as diferentes fontes de adubação proporcionaram crescimento vegetativo comparável.

Para apoiar essa conclusão com a literatura, o estudo de Mota et al. (2023) realizado na mesma região de Minas Gerais utilizou um delineamento $4 \times 3 + 1$ com quatro níveis de fertilizante organomineral (75, 100, 125 e 150 % da recomendação de P_2O_5) e três formas de parcelamento (1, 2 ou 3 aplicações) mais um controle mineral (100 % mineral). Os autores observaram resposta quadrática para altura, diâmetro de caule e diâmetro de copa, com máximos estimados em ~127 % e ~140 % das doses, respectivamente; contudo, a produtividade não foi significativamente afetada.

Outro estudo, Ferraro et al. (2023), realizado em Diamantina/MG com mudas de café em viveiro, avaliou fontes de fósforo mineral (MAP, MAP revestido) e organomineral granulado, com ou sem bactérias promotoras de crescimento. Os resultados indicaram que a fonte organomineral granulado promoveu melhor altura, diâmetro e índice de qualidade das plantas em

relação às fontes convencionais. Isso sugere que em estágios iniciais ou ambientes controlados, fontes organominerais podem oferecer vantagem, mas o efeito em campo bem manejado nem sempre se manifesta com diferença estatística.

Essas comparações contribuem para a interpretação dos nossos resultados: em solos com fertilidade já moderada e manejo adequado, o efeito das fontes de fertilizantes pode ser de menor magnitude ou demorar mais para se manifestar de forma medida. A fertilidade intermediária da área, provavelmente favoreceu crescimento homogêneo independentemente da fonte.

Entretanto, cabe destacar que o acompanhamento limitado a 12 meses, dada a natureza mais longa do ciclo de café. Também, o fato de a cultivar utilizada ter exigência nutricional elevada pode ter reduzido o diferencial de resposta entre os tratamentos. Para investigações futuras, recomenda-se prolongar o período de avaliação (incluindo safras produtivas), mensurar produtividade e qualidade dos frutos, bem como avaliar parâmetros fisiológicos (taxa de fotossíntese, eficiência de uso de nutrientes) para verificar os efeitos das diferentes fontes de fertilizantes ao longo do tempo.

CONCLUSÃO

Este estudo avaliou o efeito de diferentes fontes de fertilizantes e doses de fertilizante orgânico em *Coffea arabica* L. durante a fase inicial. As variáveis de altura de planta, diâmetro de caule, diâmetro de copa e número de ramos plagiotrópicos aumentaram ao longo do tempo, mas sem variações entre os tratamentos, sugerindo que todos os fertilizantes aplicados tiveram impacto semelhante. O solo utilizado apresentou boas condições para o cultivo, o que pode ter contribuído para a uniformidade nos resultados. Assim, a escolha do tipo de fertilizante não alterou o desempenho das plantas. Futuras pesquisas poderiam expandir o tempo de acompanhamento para avaliar a produtividade e outros parâmetros.

REFERÊNCIAS

- Alberice, F. C. (2025). *Zoneamento e potencial produtivo de cultivares de Coffea arabica L. no Cerrado Mineiro* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia.
- Almeida, R. A., Figueiredo, F. C., & Benites, V. M. (2023). Organomineral fertilizers enhance nutrient availability and soil quality in coffee plantations. *Scientia Agricola*, 80(5), e20230091.
- AOAC. (2007). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (18th ed.). Method 993.13.

Gaithersburg, MD: AOAC International.

- Barrow, N. J. (2023). The effects of pH on phosphate uptake from soil. *European Journal of Soil Science*, 74(2), e13265.
- Benites, V. M., Santos, H. G., & Frazão, J. J. (2022). Fertilizantes organominerais no manejo sustentável do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 46(e0210099), 1–14.
- Brasil. (1980). *Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980*. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes. Diário Oficial da União.
- Brasil. (2004). *Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004*. Regulamenta a Lei nº 6.894/1980, dispondo sobre registro, classificação e inspeção de fertilizantes. Diário Oficial da União.
- Brasil. (2013). *Instrução Normativa nº 53, de 23 de outubro de 2013*. Estabelece normas sobre fertilizantes organominerais. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).
- Brasil. (2017). *Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Brasília, DF.
- Brasil. (2020). *Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020*. Dispõe sobre os critérios de registro e qualidade de fertilizantes orgânicos e biofertilizantes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).
- Bravin, L. N., Moraes, E. A., & Figueiredo, F. C. (2020). Avaliação de parâmetros biométricos em cafeeiro arábica sob diferentes manejos nutricionais. *Coffee Science*, 15(e151769), 1–10.
- Camargo, A. P., & Camargo, M. B. P. (2001). Definição e aptidão de áreas para o cultivo de café arábica no Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 9(1), 1–10.
- Carvalho, A. M., Carvalho, G. R., & Souza, D. P. (2022). Crescimento vegetativo e rendimento de *Coffea arabica* sob diferentes manejos nutricionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 57(e02169), 1–11.
- de Carvalho, G. R., Zaidan, D. F., & Noronha, R. H. F. (2024). Biometric growth and nutrient dynamics of *Coffea arabica* under shaded and full-sun systems. *Journal of Plant Nutrition*, 47(5), 897–909.
- EMBRAPA. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos* (5ª ed.). Embrapa Solos.
- Fageria, N. K., & Barbosa Filho, M. P. (1987). *Fertilidade do solo e produtividade das culturas*. Brasília: Embrapa CNPAF.
- Frazão, J. J., Benites, V. M., & Santos, H. G. (2021). Efeito de fertilizantes organominerais na dinâmica do fósforo e na produtividade de culturas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25(6), 415–423.

- Ferraro, A. C., França, A. C., Machado, C. M. M., Aguiar, F. R., Oliveira, L. L., Braga Neto, A. M., & Oliveira, R. G. (2023). Commercial characteristics of coffee seedlings produced with different sources of phosphorus and plant growth-promoting bacteria. *Brazilian Journal of Biology*, 83, e270262.
- Fundação Procafé. (2020). *Cultivares de café arábica recomendadas para Minas Gerais e Cerrado Mineiro*. Varginha: Fundação Procafé.
- Machado, C. T. T. (2024). *Adubação e sustentabilidade na cafeicultura moderna*. Viçosa: Editora UFV.
- Marschner, P. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). London: Academic Press.
- Meireles, L. D., Faria, M. A., & Silva, A. L. (2009). Relação entre nutrição e desenvolvimento inicial do cafeeiro arábica em diferentes condições edáficas. *Coffee Science*, 4(1), 33–40.
- Miller, R. O. (2016). Nutrient interactions and management in tropical crops. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(4), 902–915.
- Morais, E. A., Benites, V. M., & Almeida, R. A. (2022). Organomineral fertilizers improve coffee yield and soil biological activity. *Revista Ceres*, 69(5), 453–462.
- Noronha, R. H. F., Carvalho, G. R., & Rodrigues, D. P. (2024). Nutrient use efficiency and root growth of *Coffea arabica* under organomineral fertilization. *Agronomy Journal*, 116(3), 845–858.
- Oliveira, C. R., Frazão, J. J., & Benites, V. M. (2022). Uso de fertilizantes organominerais na recuperação da fertilidade de Latossolos do Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 46(e0210143), 1–12.
- Pavinato, P. S., Rodrigues, M., & Moreira, A. (2020). Dinâmica e eficiência de uso de nutrientes no sistema solo-planta. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24(3), 185–193.
- Qu, Y., Li, X., & Zhou, Y. (2023). Plant mineral nutrition and ion balance in stress tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1103421.
- Ribeiro, A. C., Guimarães, P. T. G., & Alvarez, V. H. (1999). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais* (5ª ed.). Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG).
- Rodrigues, M. A., Oliveira, C. R., & Moraes, E. A. (2023). Organomineral fertilizers: mechanisms, efficiency, and applications in tropical agriculture. *Soil Use and Management*, 39(4), 1152–1163.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal* (6ª ed.). Porto Alegre: Artmed.