

EFICIÊNCIA DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS DE CANA DE AÇUCAR, ADUBOS ORGÂNICOS, FERTILIZANTES MINERAIS E SUAS COMBINAÇÕES NO CRESCIMENTO DE PHASEOLUS VULGARIS EM ARGISSOLO DE TEXTURA ARENOSA DO NOROESTE PARANAENSE

Maria Luiza da Silva Freitas¹, Antonio Nolla¹, Adriely Vechiato Bordin¹, Everson Cezar¹

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agrônomicas, Campus de Umuarama, Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR. E-mail:

marialuizafreitas0810@gmail.com, anolla@uem.br, adrielyvechiato@hotmail.com, ecezar@uem.br

*autor correspondente: marialuizafreitas0810@gmail.com

RESUMO: O feijão carioca possui grande importância na produção brasileira, destacando-se na alimentação da população. Contudo, fatores como a baixa disponibilidade de fósforo no solo ainda limitam sua produtividade. Com isso, objetivou-se avaliar o efeito e combinações de fertilizantes minerais e orgânicos no desenvolvimento do feijão carioca em Argissolo de textura arenosa. Os tratamentos consistiram na aplicação de Vinhaça, Esterco de frango, SSP, Termofosfato, ½ Vinhaça + ½ SSP, ½ Vinhaça + ½ Termofosfato, ½ Esterco de frango + ½ SSP, ½ Esterco de frango + ½ Termofosfato, Testemunha + calcário e Testemunha. O feijão foi cultivado em vasos de 250 L e em delineamento experimental de blocos casualizados com 4 repetições. As combinações de fertilizantes melhoraram os parâmetros de crescimento do feijão, como altura, diâmetro do caule, massa fresca, massa seca e produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos ao teste Tukey a 5% de probabilidade. Concluiu-se que a aplicação de fertilizantes minerais e orgânicos favoreceu o desenvolvimento das plantas. A combinação de adubos fosfatados minerais e orgânicos mostrou-se mais eficiente do que a aplicação isolada desses fertilizantes para a cultura do feijão carioca.

PALAVRAS-CHAVE: Feijão carioca, fósforo, adubação.

EFFICIENCY OF INDUSTRIAL SUGARCANE WASTES, ORGANIC FERTILIZERS, MINERAL FERTILIZERS, AND THEIR COMBINATIONS ON THE GROWTH OF PHASEOLUS VULGARIS IN SANDY-TEXTURED ARGISOL FROM NORTHWEST PARANÁ

ABSTRACT: Carioca beans are of great importance in Brazilian production, standing out in the population's diet. However, factors such as low availability of phosphorus in the soil limit their productivity. Therefore, this study aimed to evaluate the effect and combinations of mineral and organic fertilizers on the development of carioca beans in a sandy Argisol. The treatments consisted of the application of vinasse, chicken manure, SSP (sugar-based plant fertilizer), thermophosphate, ½ vinasse + ½ SSP, ½ vinasse + ½ thermophosphate, ½ chicken manure + ½ SSP, ½ chicken manure + ½ thermophosphate, control + limestone, and control. The beans were cultivated in 250 L pots in a randomized block design with 4 replications. The fertilizer combinations improved the bean growth parameters, such as height, stem diameter, fresh mass, dry mass, and productivity. The data were subjected to analysis of variance and,

when significant, to Tukey's test at 5% probability. It was concluded that the application of mineral and organic fertilizers favored plant development. The combination of mineral and organic phosphate fertilizers proved to be more efficient than the isolated application of these fertilizers for the carioca bean crop.

KEY WORDS: Carioca beans, phosphorus, fertilization.

INTRODUÇÃO

Os grãos representam parte majoritária dos alimentos consumidos pela população. O feijão está entre os grãos mais empregados no suprimento energético na dieta dos brasileiros (Bevilaqua et al., 2010; Delfino et al., 2010; Brigide et al., 2011). Além da importância na alimentação humana, o feijoeiro tem se destacado em práticas de manejo de solo. De acordo com Teixeira et al. (2011), o feijão é uma cultura ideal para a consorciação, pois apresenta ciclo curto e hábito de crescimento pouco agressivo, contribuindo para o desenvolvimento vegetal, além de apresentar capacidade de fixação biológica de nitrogênio. Segundo dados da Conab (2025), as áreas de cultivo do feijão carioca foram reduzidas na 2ª e 3ª safra no ano de 2025, o que torna importante o estudo de métodos para aumentar a produtividade das áreas de feijão carioca devido ao impacto gerado pela menor produção de alimento no Brasil.

Fatores como a baixa fertilidade do solo e as reduzidas aplicações de fertilizantes limitam a produtividade (Aguiar et al., 2007). O feijoeiro é uma planta muito exigente por nutrientes, de forma que a baixa produtividade da cultura tem relação com o esgotamento progressivo da fertilidade do solo (Zucareli, 2006). Solos de textura arenosa, como presentes na região noroeste do Paraná, apresentam em sua condição natural elevada acidez e teores de alumínio trocável geralmente superiores a $0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Nolla et al., 2017). Esta condição reduz a capacidade de crescimento das plantas de interesse comercial, de forma que é desejável promover a correção da acidez do solo para otimizar a capacidade de desenvolvimento das plantas de interesse comercial.

A falta de fósforo é considerada como uma das principais limitações para que seja possível obter adequada produtividade para o feijão no Brasil (Pastorini et al., 2000). O fósforo é um elemento fundamental para o desenvolvimento da planta, desempenhando um papel importante na estrutura celular e no metabolismo energético (Malavolta, 2006).

O fósforo é o nutriente que mais interfere na produtividade do feijoeiro na grande maioria dos solos brasileiros. No entanto, a eficiência da adubação fosfatada é baixa, pois a maior parte se torna imóvel ou indisponível em virtude de reações de adsorção e fixação específica em coloides minerais como os óxidos de ferro e de alumínio. Além disso, ocorre a formação de compostos pouco solúveis com esses elementos (Novais et al., 2007; Novais e Smyth, 1999 e Silva et al., 2007), além da precipitação ou conversão em formas orgânicas (Holford, 1997), que reduzem a disponibilidade de P em solução no decorrer do tempo.

Esses fatores fazem com que os solos tenham baixa disponibilidade de fósforo, limitando a capacidade de produção das culturas (Fernandes et al., 2013), pois a maior parte do fósforo nesses solos se encontra na forma não lábil, sendo fundamental o aumento do fósforo disponível para as plantas (Neto et al., 2010). O suprimento do fósforo no solo pode ser feito através da adubação com aplicação de fertilizantes fosfatados minerais ou adubos orgânicos (Novais et al., 2007), de forma que é necessário testar fertilizantes fosfatados e suas respectivas combinações para otimizar o desenvolvimento de culturas como o feijoeiro.

Os fertilizantes fosfatados minerais são amplamente utilizados na agricultura devido à sua elevada concentração de fósforo e rápida disponibilidade para as plantas. Fontes como superfosfatos, fosfatos amoniacais e termofosfatos apresentam resposta agrônômica imediata, especialmente em culturas de ciclo curto como o feijoeiro, favorecendo o desenvolvimento inicial das plantas e o estabelecimento da lavoura. Entretanto, sua eficiência pode ser limitada em solos tropicais altamente intemperizados, uma vez que o fósforo liberado rapidamente tende a ser adsorvido especificamente por óxidos de ferro e alumínio ou precipitado em formas de baixa solubilidade, reduzindo sua disponibilidade ao longo do tempo e aumentando o potencial de perdas de eficiência da adubação (Novais et al., 2007; Raij, 2011).

Por outro lado, os fertilizantes fosfatados de origem orgânica, como esterco, compostos e resíduos vegetais, apresentam liberação mais gradual de fósforo, associada à decomposição da matéria orgânica. Esse processo contribui não apenas para o fornecimento de nutrientes, mas também para a melhoria das propriedades químicas e biológicas do solo, como aumento da capacidade de troca de cátions e maior atividade microbiana. Além disso, compostos orgânicos podem atuar na complexação de alumínio e na redução da fixação de fósforo, favorecendo sua permanência em formas mais disponíveis às plantas. Contudo, sua principal limitação está na menor concentração de fósforo e na liberação mais lenta, o que pode não suprir a demanda

inicial de culturas mais exigentes em estádios iniciais de crescimento (Santos et al., 2008; Oliveira et al., 2010).

A utilização combinada de fertilizantes fosfatados orgânicos e minerais tem sido considerada estratégia promissora para otimizar o aproveitamento do fósforo pelas plantas. Enquanto a fração mineral garante suprimento imediato do nutriente, a fração orgânica contribui para liberação gradual e melhoria da dinâmica do fósforo no solo, podendo reduzir perdas por fixação e aumentar o efeito residual da adubação. Essa interação pode resultar em maior eficiência agrônômica e sustentabilidade do manejo da fertilização fosfatada, especialmente em solos de baixa fertilidade natural, geralmente encontrados em regiões tropicais (Novais et al., 2007; Raij, 2011; Cassol et al., 2012).

O objetivo do ensaio foi avaliar o desenvolvimento do feijão carioca associado à aplicação de tipos e combinações de fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos para estabelecer o melhor tipo e/ou combinação para Argissolo Vermelho Distrófico típico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Grupo de Estudos em Sistemas Conservacionistas (GESC), na Universidade Estadual de Maringá (UEM), campus fazenda em Umuarama-PR. Cultivou-se *Phaseolus vulgaris* em vasos de 250 litros, preenchidos com Argissolo Vermelho Distrófico típico (Santos et al., 2025) de textura arenosa (teor de argila = 120 g dm^{-3}), que apresentava os seguintes atributos químicos: pH (CaCl₂) = 4,3; pH (H₂O) = 5,2; Al⁺³, Ca⁺² e Mg⁺², = 0,5; 0,48 e 0,23 cmol_c kg⁻¹, respectivamente; K⁺ e P = 19,16 e 2,4 mg kg⁻¹, respectivamente; V (%) = 19,28.

Em outubro de 2024 o solo dos vasos (exceto as parcelas testemunha sem calcário) recebeu aplicação de calcário, com o objetivo de elevar a saturação por bases à 70%, recomendado para a cultura do feijão (Pauletti e Motta, 2019) e após 20 dias foram realizadas as adubações nos mesmos vasos. A adubação do feijoeiro foi equivalente a 90 kg de N (ureia) e 80 Kg de K₂O (KCl) na semeadura do feijoeiro. Aplicou-se 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ sendo que os tratamentos consistiram de tipos e combinações de fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos: Testemunha, Testemunha + calcário, Esterco de frango, Vinhaça, Superfosfato simples (SSP), Termofosfato, ½ Vinhaça + ½ Superfosfato simples, ½ Vinhaça + ½

Termofosfato, $\frac{1}{2}$ Esterco de frango + $\frac{1}{2}$ Superfosfato simples e $\frac{1}{2}$ Esterco de frango + $\frac{1}{2}$ Termofosfato. O delineamento utilizado foi blocos casualizados com 4 repetições.

No mês de novembro do ano de 2024 foi realizado a semeadura de feijão carioca da cultivar IPR Águia por um ciclo. No mês de fevereiro de 2025 as plantas foram coletadas, avaliando-se a altura da parte aérea, diâmetro do caule, massa da matéria fresca, massa da matéria seca (através de secagem do material obtido em estufa de ventilação forçada a 65°C até atingir massa constante), a massa de grãos (13% de umidade), e estimou-se a produtividade.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e quando significativos, foram comparados por teste Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

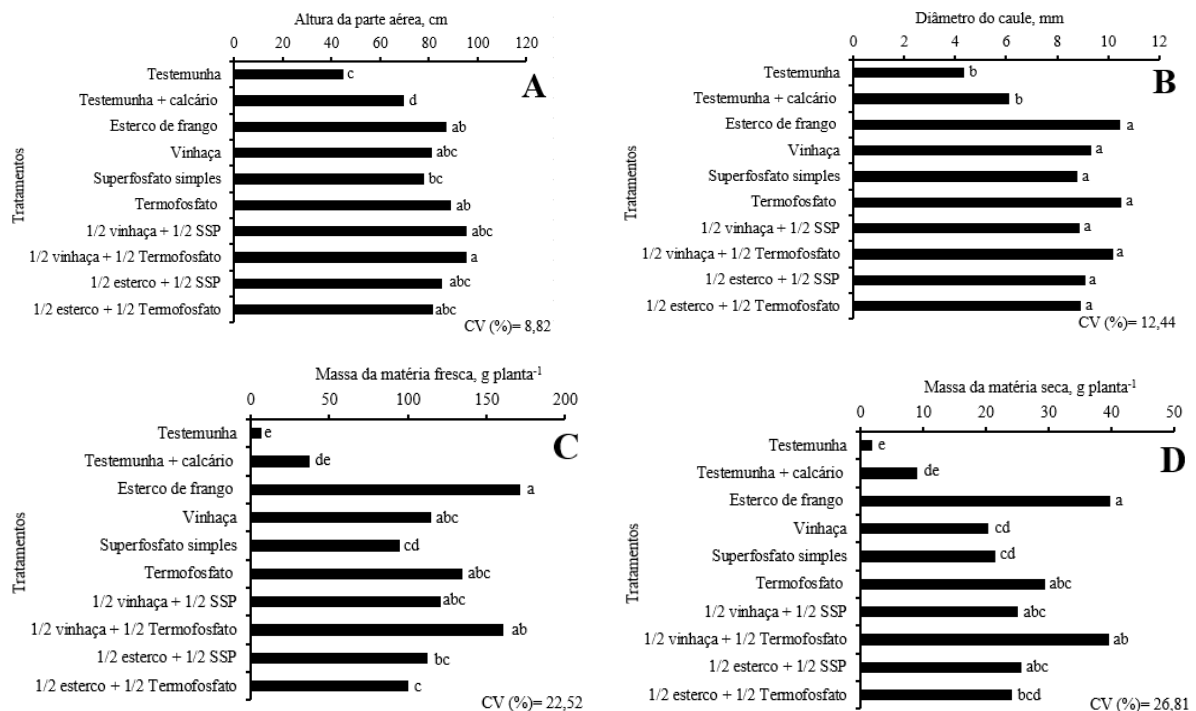
As aplicações de fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos, e suas respectivas combinações, foram fundamentais para impulsionar o desenvolvimento vegetal e a produtividade do feijoeiro, evidenciando a eficiência desses adubos em elevar a fertilidade do solo. É possível notar diferença entre os tratamentos testemunhas e os tratamentos que receberam adubação fosfatada, ressaltando que o fósforo aplicado elevou a performance todos os parâmetros avaliados (Figura 1).

Esses resultados comprovam que a adubação mineral e orgânica foi eficaz em fornecer nutrientes essenciais, promovendo o crescimento e desenvolvimento do feijão carioca. É válido destacar que o tratamento testemunha não recebeu aplicação de calcário. Com isso as plantas de feijão tiveram seu desenvolvimento afetado pela presença de íons tóxicos (Al^{+3} e H^{+}), ausência da elevação da saturação por bases ideal para a cultura e dos teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} que são nutrientes essenciais para o desenvolvimento adequado das plantas (Raij, 2011).

Os fertilizantes fosfatados foram eficazes em incrementar os atributos vegetais das plantas de feijão quando comparados com os tratamentos testemunha com e sem calcário (Figura 1). A altura da parte aérea do feijão (Figura 1A) foi maior em relação aos outros tratamentos quando submetido às combinações $\frac{1}{2}$ Vinhaça + $\frac{1}{2}$ Termofosfato, $\frac{1}{2}$ Vinhaça + $\frac{1}{2}$ Superfosfato simples, $\frac{1}{2}$ Esterco + $\frac{1}{2}$ Termofosfato, $\frac{1}{2}$ Esterco + $\frac{1}{2}$ Superfosfato simples, além dos tratamentos com aplicação exclusiva de vinhaça, esterco e termofosfato (95,66, 95,70, 81,5,

85,5, 81,25, 87, 89 cm, respetivamente). No diâmetro do caule (Figura 1B) todos os tipos e combinações de fertilizantes conferiram maior diâmetro, vendo que todos se diferem dos tratamentos testemunhas sem adubação fosfatada.

A utilização de Esterco, Vinhaça, Termofosfato, ½ Vinhaça + ½ Superfosfato simples, ½ Vinhaça + ½ Termofosfato (171,66, 114,85, 134,27, 120,70, 160,83 g, respetivamente) aumentou a quantidade de matéria fresca (Figura 1C). Isto demonstra o aumento da área foliar e vagens, de forma que a área foliar de uma cultura possibilita deduzir o potencial fotossintético, que vai interferir diretamente na produtividade dessa cultura (Alvin et al., 2010). Em relação ao acúmulo de massa da matéria seca (Figura 1D), o esterco, Termofosfato e as combinações de ½ Vinhaça + ½ Superfosfato simples, ½ Vinhaça + ½ Termofosfato e ½ Esterco + ½ Superfosfato simples (39,78, 29,36, 25,11, 39,58, 25,62 g, respetivamente) se mostraram eficientes em proporcionar maior acúmulo da matéria seca, quando comparado aos outros tratamentos, mas no geral, todos diferenciaram-se da testemunha.



Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. CV (%) = Coeficiente de variação.

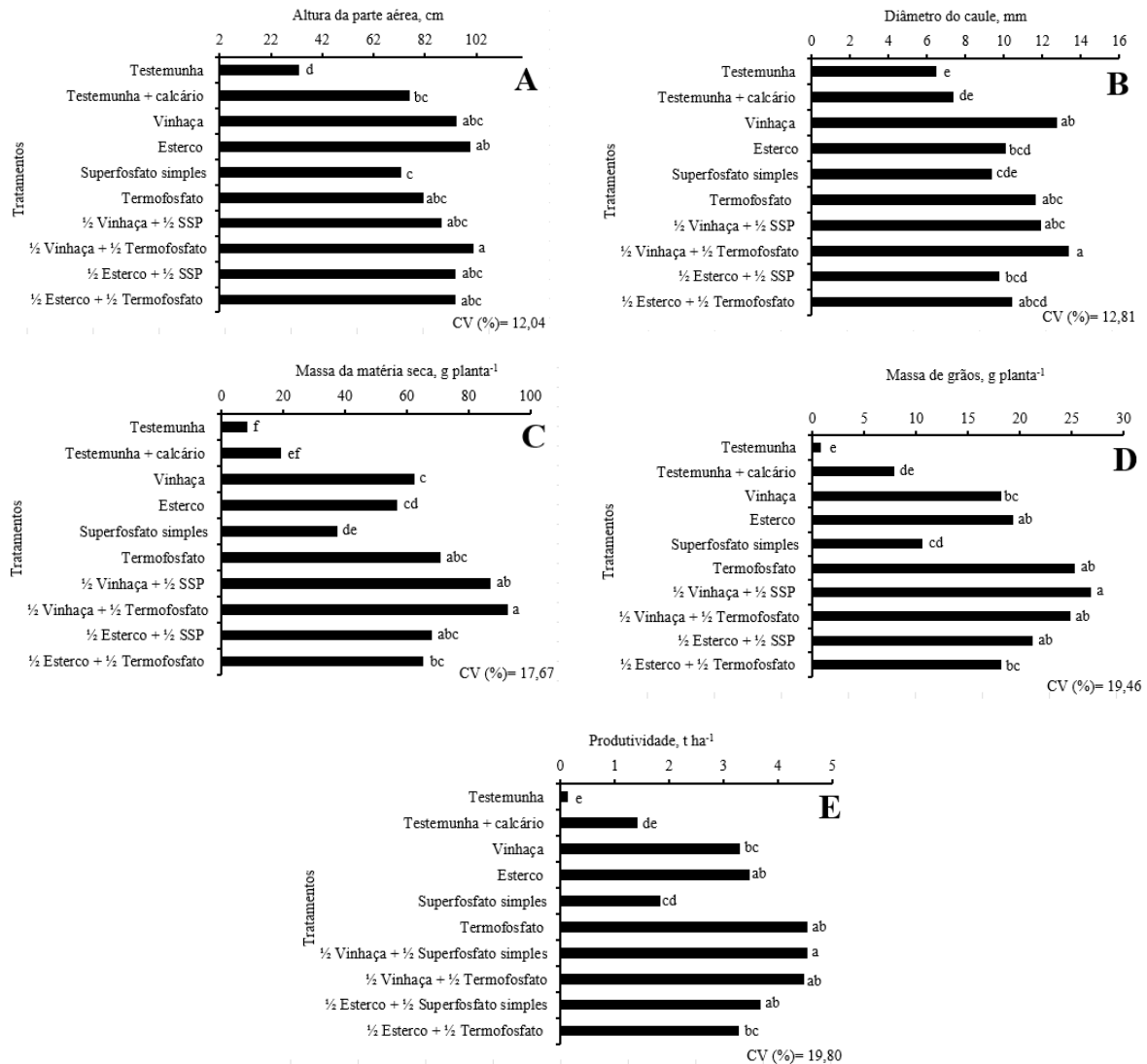
Figura 1- Altura de parte aérea (A), diâmetro do caule (B), massa da matéria fresca (C), massa da matéria seca (D) de *Phaseolus vulgaris* no início da fase reprodutiva, em função da aplicação de tipos e combinações de fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos em Argissolo Vermelho Distrófico típico.

Em relação à avaliação final do feijão realizada no fim do ciclo reprodutivo, observou-se que o uso exclusivo de calcário (tratamento sem adubação fosfatada) foi eficiente em promover maior desenvolvimento do feijoeiro quando comparado com o tratamento sem utilização do corretivo (Figura 2). A aplicação do calcário é imprescindível no cultivo de qualquer cultura, ainda mais em regiões tropicais, na qual o solo é originalmente ácido e com deficiência de nutrientes (Natale et al., 2012) prejudicando o desenvolvimento do feijoeiro (Embrapa, 2021). Esses fatores mostram a importância do uso do calcário, pois além de elevar pH e corrigir a acidez do solo, disponibiliza Ca e Mg, proporciona maior desenvolvimento vegetal e do sistema radicular das plantas, melhorando a eficiência de uso dos nutrientes e água que está no solo (Raij, 2011). Esse trabalho também evidencia a importância desse corretivo de acidez em todos os parâmetros avaliados (Figura 2).

Os fertilizantes foram eficientes em aumentar o desempenho dos parâmetros avaliados quando comparados com a testemunha (Figura 2). A aplicação de $\frac{1}{2}$ Vinhaça + $\frac{1}{2}$ Termofosfato, Esterco, Vinhaça, Termofosfato, $\frac{1}{2}$ Vinhaça + $\frac{1}{2}$ Superfosfato simples, $\frac{1}{2}$ Esterco + $\frac{1}{2}$ Superfosfato simples e $\frac{1}{2}$ Esterco + $\frac{1}{2}$ Termofosfato foram eficazes em aumentar a altura da parte aérea da planta de feijão carioca (101,07, 99,62, 94,24, 88,39, 93,79 e 93,90 cm, respectivamente), se destacando das demais adubações (Figura 2A) testadas.

Já para o diâmetro do caule, $\frac{1}{2}$ Vinhaça + $\frac{1}{2}$ Termofosfato, Vinhaça, Termofosfato, $\frac{1}{2}$ Vinhaça + $\frac{1}{2}$ Superfosfato simples e $\frac{1}{2}$ Esterco + $\frac{1}{2}$ Termofosfato promoveram incremento no diâmetro (13,36, 12,74, 11,62, 11,93, e 10,40 mm, respectivamente) do caule em relação aos demais tratamentos, sendo que todas as adubações foram geraram diâmetro caulinar superior à testemunha (Figura 2B). Em relação à matéria seca (Figura 2C), a testemunha apresentou menor acúmulo de material vegetal em relação aos demais tratamentos. As combinações de $\frac{1}{2}$ Vinhaça + $\frac{1}{2}$ Termofosfato, $\frac{1}{2}$ Vinhaça + $\frac{1}{2}$ Superfosfato simples, $\frac{1}{2}$ Esterco + $\frac{1}{2}$ Superfosfato simples e Termofosfato (92,69, 87,20, 68,25 e 71 g, respectivamente) apresentaram o maior acúmulo de matéria seca. A adubação combinada entre fontes orgânicas e minerais favorece o acúmulo de biomassa vegetal, provavelmente devido à maior disponibilidade e equilíbrio de nutrientes no solo, promovendo melhor desenvolvimento das plantas. Esse efeito já foi observado em estudos que destacam a eficiência da integração entre fertilizantes orgânicos e fosfatados no aumento da produtividade vegetal (Raij, 2011).

Em relação à massa seca de grãos (Figura 2D) os melhores resultados foram obtidos



Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. CV (%) = Coeficiente de variação.

Figura 2- Altura de parte aérea (A), diâmetro do caule (B), massa da matéria seca (C), massa de grãos (D), produtividade (E) de *Phaseolus vulgaris* no fim do ciclo de desenvolvimento, em função da aplicação de tipos e combinações de fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos em Argissolo Vermelho Distrófico típico.

com o uso das combinações ½ Vinhaça + ½ Superfosfato simples, ½ Vinhaça + ½ Termofosfato e ½ Esterco + ½ Superfosfato simples, esterco e Termofosfato. Em relação à produtividade do feijão (Figura 2E) pode-se observar que os tratamentos ½ Vinhaça + ½ Superfosfato simples, Esterco, Termofosfato, ½ Vinhaça + ½ Termofosfato e ½ Esterco + ½ Superfosfato simples,

variando entre (4,546, 3,483, 4,547, 4,483, 3,681 t ha⁻¹ respectivamente) foram mais eficientes que aos demais tratamentos testados.

A aplicação exclusiva de calcário não foi eficaz de aumentar os parâmetros de planta testados, quando comparado aos outros tratamentos com adubação fosfatada. Entretanto, o uso de calcário resultou em melhoria no desenvolvimento da cultura quando comparado ao tratamento testemunha sem calcário. De acordo com a Embrapa (2021), a correção da acidez do solo e o fornecimento adequado de nutrientes são necessários para obter o potencial produtivo do feijoeiro, confirmando os resultados obtidos nesse trabalho.

A combinação de adubos orgânicos com fertilizantes minerais promoveu maior aumento no desenvolvimento do feijão carioca quando comparados com os tratamentos em que utilizou-se exclusivamente fertilizantes minerais ou adubos orgânicos (Figura 2). Esse efeito positivo pode estar relacionado à ação conjunta desses insumos, em que o fertilizante mineral proporciona uma liberação imediata de nutrientes, enquanto o orgânico contribui com uma liberação mais lenta e contínua (Raij, 2011). Além disso, a integração entre fertilizantes fosfatados de origem mineral e orgânica se mostra uma alternativa viável e ambientalmente mais sustentável, se comparada ao uso isolado de adubação mineral. As maiores produtividades foram alcançadas com o uso combinado de adubos orgânicos e minerais, independentemente da dose aplicada, pois esses disponibilizam, por mais tempo e de forma mais eficiente, nutrientes essenciais como fósforo, nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e enxofre (Mueller et al., 2013) Essa combinação ainda promove o incremento da matéria orgânica no solo, o que melhora sua capacidade de adsorção e troca de nutrientes, e os fertilizantes minerais asseguram o fornecimento eficiente dos nutrientes necessários para o desenvolvimento do feijoeiro.

O uso exclusivo da vinhaça aumentou a altura (Figura 2A) e diâmetro (Figura 2B) das plantas de feijão. Isso ocorreu provavelmente porque a vinhaça é um resíduo agroindustrial rico em nutrientes como potássio, nitrogênio, cálcio, magnésio e cobre (Embrapa, 2022). No entanto, este fertilizante orgânico apresenta baixa concentração de fósforo (Figura 3 D), de forma que o maior desempenho da vinhaça ocorreu somente quando combinada a um fertilizante fosfatado mineral. Embora o P seja extraído em porções menores que o N, K, e Ca, o fósforo é o nutriente que o feijão mais responde na adubação (Embrapa, 2023), sendo um nutriente essencial no metabolismo das plantas desempenhando papel fundamental na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese (Zucareli et al., 2006).

Desta forma, a complementação na adubação orgânica com fertilizantes fosfatados minerais se mostra mais eficaz para todos os parâmetros testados (Figura 2), pois concilia a rápida oferta de nutrientes pelo fertilizante mineral e a disponibilização gradual fornecida pelo adubo orgânico (Raij, 2011). O fornecimento rápido de P pelos fertilizantes minerais faz com que a planta tenha acesso ao fósforo no seu estágio inicial, pois estudos mostram que a deficiência de P no início do ciclo vegetativo do feijoeiro pode causar restrições no desenvolvimento vegetal que não são recuperados posteriormente (Grant et al., 2001; Souto et al., 2009).

Esse fato justifica o desempenho do Termofosfato nos parâmetros avaliados, pois fornece P para a planta, fazendo com que o feijão tenha condições de atingir o seu potencial produtivo (Zucareli et al., 2011). Esse fornecimento rápido de nutrientes específicos pelos fertilizantes minerais ocorre pela sua alta solubilidade (Silva, 2019). No entanto, pode apresentar curto período residual no solo, de forma a ser indicada a combinação com os orgânicos para que seja possível obter maior efeito fertilizante residual.

O esterco de frango, isolado ou em combinação, foi eficiente em otimizar o desempenho das variáveis do feijão carioca analisadas (Figura 2), provavelmente em função da ampla disponibilidade de nutrientes presente nesse fertilizante. Segundo Santos et al. (2010), a relação C/N baixa do esterco de aves aumenta a disponibilidade de nutrientes para as plantas, especialmente o nitrogênio, além de ser rico em fósforo e potássio (Embrapa, 2022). O fósforo é considerado essencial na produção de ATP, que é a principal fonte de energia para a realização do processo de fotossíntese e essencial para o crescimento celular e desenvolvimento das raízes (Embrapa, 2010). Assim sendo, o esterco de frango apresenta em sua composição nutrientes (N, P e K) que desempenham funções vitais nos vegetais, mostrando-se eficaz no crescimento e desenvolvimento do feijão carioca.

CONCLUSÕES

Os fertilizantes minerais e orgânicos foram eficientes em promover melhor desenvolvimento das plantas e fornecimento de nutrientes. As combinações de adubos fosfatados minerais e orgânicos foram mais eficientes que o uso exclusivo de fertilizantes fosfatados para o desenvolvimento do feijão carioca.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. M. S.; MORAIS, A. V. C.; GUIMARÃES, D. P. **Cultivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 01 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/clima.htm>. Acesso em: 20 jun. 2024.

ALVIM, K. R. T.; BRITO, C. H.; BRANDÃO, A. M.; GOMES, L. S.; LOPES, M. T. G. Quantificação da área foliar e efeito da desfolha em componentes de produção de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.5, p.1017-1022, 2010.

BANG, T.C.; HUSTED, S.; LAURSEN, K.H.; PERSSON, D.P.; SCHOJOERRING, J.K. The molecular-physiological functions of mineral macronutrients and their consequences for deficiency symptoms in plants. **Tansley Review**, Lancaster, v. 229, p. 2446-2469, 2020.

BEVILAQUA, G. A. P.; ANTUNES, I. F.; MASTRANTONIO, J. J.; SILVEIRA, N. T. Panorama de 20 anos e perspectiva da cultura do feijão no Rio Grande do Sul. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v.27, n.1, p.58-104, 2010.

BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação dos efeitos da cocção e irradiação na composição do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.22, n.1, p.97-102, 2011.

CONAB. Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira: safra 2024/25**. Brasília: CONAB, 2025. 01 v., 142 p. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/10o-levantamento-safra-2024-25/e-book-boletim-de-safras-10o-levantamento-2025.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2025.

DELFINO, R. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade proteica de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n.2, p.308-312, 2010.

EMBRAPA. **Calagem no feijão**. Brasília:Embrapa arroz e feijão, 2021, 1p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/calagem>. Acesso em: 30 jul. 2025.

EMBRAPA. **Correção de acidez do solo**. Brasília: EMBRAPA, 2021, 1p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/producao/sistema-de-cultivo/arroz-de-terras-altas/correcao-da-acidez-do-solo>. Acesso em: 29 de jul. 2025.

EMBRAPA. **Adubação orgânica**. Brasília: EMBRAPA, 2022, 1p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/correcao>

e - adubacao / diagnose - das - necessidades - nutricionais / recomendacao - de - correcao -e- adubacao /adubacao-organica. Acesso em: 5 ago. 2025.

EMBRAPA. **Sistema de produção do feijoeiro comum**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão, 2020. 20p. Disponível em: '<https://www.embrapa.br/feijao>'. Acesso em: 23 abr. 2026.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529–535, 2019.

FERNANDES, A. R.; FONSECA, M. R.; BRAZ, A. M. S. Produtividade de feijão caupi em função da calagem e fósforo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.26, n.4, p.54-62, 2013.

FERNANDES, A.R.; BARRÓN, V.; TORRENT, J. Phosphorus dynamics in tropical soils under fertilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n.4, p.1023-1034, 2013.

GRANT, C. A. et al. The importance of early season phosphorus nutrition. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.81, p.211-224, 2001.

HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian Journal Soil Research**, Collingwood, v.35, p.227-239, 1997.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MUELLER, S.; WANSER, A. F.; SUZUKI, A.; BECKER, W. F. Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.31, n.1, p.86-92, 2013.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; PARENTI, S. É. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.4, p.1294-1306, 2012.

NETO, F. A.; GRAVINA, G. A.; SOUZA, N. O. S.; BEZERRA, A. A. C. Adubação fosfatada na cultura da soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.2, p.266-271, 2010.

NOLLA, A.; FUMAGALLI, G.; BRANDALISE, F. A.; ROSSATO, R. A.; CREPALDI, M. O. C.; CASTALDO, J. H.; SORACE, M. Desenvolvimento e Produção de Soja Submetido à Doses de Torta de Filtro em Latossolo Arenoso. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.6, n.1, p.1-11, 2017.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

OLIVEIRA, F.C.; SANTOS, G.A.; SILVA, I.R. Adubação orgânica e dinâmica de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.3, p.789-798, 2010.

PASTORINI, L. H. et al. Crescimento inicial de feijoeiro submetido a diferentes doses de fósforo em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 270, p. 219-228, 2000.

PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V. **Manual de calagem e adubação para o estado do Paraná**. 2 Ed. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – NEPAR-SBCS, 2019. 289p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

SANTOS, A. F.; MENEZES, R. S. C.; FRAGA, V. S.; PÉREZ-MARIN, A. M. Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, p.1267-1272, 2010.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LIMA, H. N.; MARQUES, F. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 6 Ed., Brasília, Embrapa, 2025. 426p.

SANTOS, GUSTAVO ADOLFO; SILVA, LUIZ SÉRGIO; CANELLAS, LUIZ PEDRO; CAMARGO, FERNANDO ADOLFO OLIVEIRA. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 654p.

SILVA, F.C.; NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Dinâmica do fósforo em solos tropicais. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-550.

SILVA, A. M. **Comparação de resultados do uso de fertilizantes minerais com fertilizantes organominerais biotecnológicos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2019. 36p.

SILVA, M. O.; DUDA, G. P.; MENDES, A. M. S.; OLIVEIRA, D. A. Desempenho da mucuna preta quando adubada com diferentes tipos de fosfato. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 07, n. 01, p. 127-132, 2007.

SOUTO, J. A. et al. Efeito da aplicação de fósforo no desenvolvimento de plantas de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) millsp). **Revista Verde**, Juazeiro, v. 04 n. 01, p. 135-140, 2009.

TEIXEIRA, I. R.; SILVA, G. C.; TIMOSSI, P. C.; SILVA, A. G. Desempenho Agronômico de cultivares de feijão-comum consorciado com mamona. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.4, p.55-61, 2011.

ZUCARELI, C.; JUNIOE, E. U. R.; BARREIRO, A. P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANE, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.28, n.1, p.09-15, 2006.

ZUCARELI, C.; PRANDO, A. M.; JUNIOR, E. U. R.; NAKAGAWA, J. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão Carioca Precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.32-38, 2011.