



**DOUGLAS MARIANO DE SOUZA**

**ADUBAÇÃO MINERAL E ORGANOMINERAL FOSFATADA NO CULTIVO DO  
FEIJOEIRO NA REGIÃO DO SUL DE MINAS GERAIS - SAFRA VERÃO (2022/2023)**

**LAVRAS-MG**

**2023**

**DOUGLAS MARIANO DE SOUZA**

**ADUBAÇÃO MINERAL E ORGANOMINERAL FOSFATADA NO CULTIVO DO  
FEIJOEIRO NA REGIÃO DO SUL DE MINAS GERAIS - SAFRA VERÃO (2022/2023)**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Alexandre Alves de Carvalho  
Orientador

**LAVRAS-MG**  
**2023**

# **ADUBAÇÃO MINERAL E ORGANOMINERAL FOSFATADA NO CULTIVO DO FEIJOEIRO NA REGIÃO DO SUL DE MINAS GERAIS - SAFRA VERÃO (2022/2023)**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 14 de julho de 2023.

Prof. Dr. Alexandre Alves de Carvalho, UFLA

Prof.<sup>a</sup> Dr. Joyce Doria Rodrigues, UFLA

Gustavo Civitereza, Coordenador de Desenvolvimento de Mercado - Terra de Cultivo

Prof. Dr. Alexandre Alves de Carvalho

Orientador

**LAVRAS-MG**

**2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Souza, Douglas Mariano de.  
ADUBAÇÃO MINERAL E ORGANOMINERAL  
FOSFATADA NO CULTIVO DO FEIJOEIRO NA REGIÃO  
DO SUL DE MINAS GERAIS - SAFRA VERÃO (2022/2023) /  
Douglas Mariano de Souza. - 2023.  
31 p.: il.

Orientador(a): Alexandre Alves de Carvalho.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2023.  
Bibliografia.

1. Phaseolus vulgaris L. 2. nutrição de plantas. 3. fósforo. I.  
Carvalho, Alexandre Alves de. II. Título.

*Aos meus familiares, em especial a minha tia Angela Hartzell e  
amigos que tornaram a minha jornada até aqui mais leve.  
Aos meus pais por todos os valores ensinados.*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

“Quem fica de joelhos diante de Deus, permanece de pé diante de qualquer circunstância.” – ditado popular. Com a frase acima início meus agradecimentos:

Primeiramente a Deus pela certeza proporcionada em momentos incertos.

À minha família, por todo o apoio e carinho. Em especial, aos meus pais Delson e Elcimar pelos esforços despendidos em favor da minha educação.

Aos meus guias e ao meu anjo da guarda que não me deixaram nem se quer um dia mesmo sendo teimoso ao escutar seus conselhos.

Ao meu avô Luiz Mariano por ter me ensinado humildade e perseverança, valores que carrego em minha trajetória com tanto carinho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Agricultura (DAG) por ter me proporcionado um ambiente de intenso aprendizado.

A empresa Terra de cultivo pelo fornecimento de recursos que possibilitaram a implantação do meu TCC.

Ao meu orientador professor Alexandre por me conduzir neste trabalho e demais atividades, as quais foram fundamentais em minha formação acadêmica.

Aos demais membros da banca de defesa, Joyce Dória Rodrigues e Gustavo Civitereza, por terem aceitado o convite de prontidão e estarem dispostos a participar de um momento tão importante.

A todos os inúmeros amigos que fiz no decorrer da graduação por terem tornado a minha etapa pela UFLA mais leve e divertida.

Ao Grupo de Estudos em Sistema de Plantio Direto (N.E.S.P.D) por ter me proporcionado o maior desafio como líder até o presente momento.

A empresa Terra Júnior Consultoria Agropecuária pela experiência prática inigualável.

**MUITO OBRIGADO!!!**

*O êxito da vida não se mede pelo caminho que você conquistou, mas sim pelas dificuldades que superou no caminho.*

*(Abraham Lincoln)*

## RESUMO

Estudos utilizando fontes alternativas de disponibilização de nutrientes tornam-se uma estratégia sustentável para o aumento da produtividade das principais culturas agrícolas. Desta forma, objetivou-se estudar a influência de fontes e doses de adubos fosfatados em componentes de produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). O experimento foi conduzido em área experimental do Setor de Agrotecnologia/DAG/ESAL/UFLA. Três fontes de adubos fosfatados foram distribuídas no sulco de semeadura, sendo o fosfato monoamônico - MAP (10-50-00), organomineral Evolutions® (05-24-00) e organomineral Evolutions® (05-24-00) com aditivo biológico, em 100 e 70% da dose de adubação convencional recomendada. Além disso, utilizou-se um tratamento sem adubação (testemunha). Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com 7 tratamentos e 5 repetições. A unidade experimental foi representada por oito linhas de cinco metros, com o espaçamento de 50 cm entre linhas e 10 plantas por metro linear, sendo as quatro linhas centrais consideradas parcela útil. O comprimento de parte aérea, o diâmetro de caule, o peso seco de folha, de caule e de parte aérea foram avaliados no início do estágio reprodutivo (R5). A porcentagem de acamamento, número de vagens por planta, grãos por vagem, peso de mil grão e produtividade foram mensurados no estágio R9. As médias obtidas foram submetidas a análise de variância e testes de média (Scott-Knott, 5 %). As diferentes fontes e doses de adubos fosfatados afetaram as variáveis analisadas.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L; nutrição de plantas; fósforo; sustentabilidade.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Área utilizada para a realização do experimento, Lavras - MG .....	16
FIGURA 2 – Precipitação e temperatura média (mínima e máxima) referente ao período de implantação do experimento (26 de outubro de 2022 a 9 de fevereiro 2023), Lavras – MG...	17
FIGURA 3 – Operações de preparo do solo e calagem .....	18
FIGURA 4 – Operações de semeadura do feijoeiro .....	18
FIGURA 5 – Preparação dos tratamentos .....	19
FIGURA 6 – Croqui no experimento .....	20
FIGURA 7 – Manejo de plantas daninhas .....	21
FIGURA 8 – Avaliações .....	22
FIGURA 9 – Avaliações Comprimento da parte aérea (CPA) e diâmetro de caule (DC) do feijoeiro no estádio R5.....	23
FIGURA 10 – Peso seco de folha (PSF), Peso seco de caule (PSC) e Peso seco da parte aérea (PSPA) no estádio R5 .....	24
FIGURA 11 – Porcentagem de acamamento, número de vagens, peso de mil grãos, relação grãos por vagem e produtividade no estádio R9.....	26

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Tabela 1- Resultados de análise química de amostras do solo utilizado no experimento. ....	17
TABELA 2 – Quadrados médios dos dados relativos ao ensaio coletados no estádio R5. ....	23
TABELA 3 – Tabela 2 – Quadrados médios dos dados relativos ao ensaio coletados no estádio R5. ....	25

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	12
2.1	Cultura do feijão .....	12
2.2	Oganominerais fontes de Fósforo (vantagens) .....	12
2.3	Fósforo .....	13
2.4	Adubação fosfatada no feijoeiro .....	15
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	16
3.1	Área experimental.....	16
3.2	Implantação e condução do experimento .....	18
3.3	Características avaliadas.....	21
3.4	Análise estatística .....	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
5	CONCLUSÕES.....	27
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijão ocupou na última safra (21/22) uma área de 2.854,9 milhões  $\text{ha}^{-1}$  com produtividade média em torno de  $1.067 \text{ kg ha}^{-1}$ , totalizando uma produção de 3.046,8 mil t., aumento de 5,3% em relação a safra anterior (GOMES et al, 2022). Embora a produção de feijão no Brasil não ocupe uma posição de destaque comparada ao volume de milho e de soja, o feijão tem seu destaque na garantia da segurança alimentar de cada cidadão brasileiro (FAO, 2019). O consumo médio de feijão no Brasil é de aproximadamente  $16 \text{ kg hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (MEIRA; SOUSA, 2015).

O cultivo do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tem baixa produtividade na maioria das regiões. Esse fato ocorre devido ao baixo nível de tecnologia empregada, variações climáticas e esgotamento progressivo da fertilidade do solo sem reposição de nutrientes. Portanto, para obtenção de elevadas produtividades, faz-se necessário a utilização de sistemas de produção que adotem práticas sustentáveis, manejando adequadamente a fertilidade do solo com acréscimo constante de fontes de matéria orgânica no solo (Pessoa et al., 1996).

O fósforo é um nutriente que desempenha importante papel para a cultura do feijão, participando ativamente da constituição do ATP e de enzimas. Quando em baixos níveis no solo, o crescimento e a produtividade do feijoeiro são prejudicados. Desta forma é essencial o fornecimento do nutriente em níveis adequados (Kimani & Derera, 2009).

O uso dos organominerais conferem o aumento da produtividade das culturas devido a ação da matéria orgânica que possibilita melhor aproveitamento do  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Tendo em vista a importância da cultura do feijão na segurança alimentar brasileira e do fósforo como nutriente essencial para garantir a produtividade do feijoeiro, este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a influência de fontes e doses de fertilizantes minerais e organominerais fosfatados em componentes de produção do feijoeiro.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Cultura do feijão

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma cultura anual, pertencente à família Fabaceae. O gênero *Phaseolus* é composto por 55 espécies, porém apenas cinco apresentam expressividade em área de cultivo: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. e *P. polyanthus* (FREITAS, 2006). A cultura do feijão é tida como cultura de subsistência, possuindo maior importância para a saúde e segurança alimentar se comparado com a cultura da soja que possui maior importância comercial (FAO 2022).

Os cinco países maiores produtores mundiais de feijão são: Mianmar, Índia, Brasil, China, Tanzânia e Burundi. Além disso, os maiores produtores também são grandes consumidores, resultando produção insuficiente para abastecer o mercado interno o que os caracteriza como grandes importadores. Fato que se confirma quando comparado com os maiores importadores, como Índia, China, Bangladesh, Estados Unidos e Egito (FAOSTAT, 2021). No Brasil, os cinco maiores estados produtores são: Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e Bahia. O Nordeste tem maior área de cultivo em comparação ao sul, sudeste e centro-oeste, porém com baixa produtividade média (Conab 2023).

O Brasil tem três épocas de plantio, favorecendo o abastecimento do produto no mercado interno. O consumo de feijão tem grande correlação com a sazonalidade, apresentando queda entre dezembro e fevereiro, motivada pelas festas de fim de ano e das férias escolares. Geralmente, em abril, os preços se reduzem com a entrada da safra da seca na comercialização (CONAB, 2021). Os preços, atualmente caminhando para a estabilidade, obtiveram tendência de alta prolongada, até maio de 2020, muito por conta da pandemia (CONAB, 2023).

Na primeira safra de 2022/23, a área de cultivo foi de 2.807,1 mil ha, queda de 1,8% em relação com a safra anterior. Essa queda foi causada pela diminuição de espaço para outras culturas, sendo que a produtividade média está em 1.056 kg ha<sup>-1</sup>, gerando a produção de 2.964,5 mil t, 0,9% menor que o da última safra (Conab 2023).

### 2.2 Oganominerais fontes de Fósforo (vantagens)

Os fertilizantes organominerais, oriundo da combinação de fertilizantes minerais e orgânicos, são produtos sustentáveis e alternativos, podendo ter o menor custo se comparado aos fertilizantes de origem mineral. Geralmente, necessita-se de menores doses por ha, o que implica em um menor custo de transporte (Fernandes & Testezlaf, 2002).

A associação da matéria orgânica e adubo fosfatado permite a formação de compostos fosfoúmicos que são facilmente assimiláveis pelas plantas. Outra vantagem é que nessa mistura

ocorre a formação de revestimento nas partículas de sesquióxidos pelo húmus, formando uma cobertura protetora, o que reduz consideravelmente a capacidade do solo em fixar fosfato (Tisdale & Nelson, 1996).

Ourives et al. (2010), ao estudar os efeitos da matéria orgânica na disponibilidade de fósforo, constataram a elevação dos teores de fósforo disponível devido à associação da matéria orgânica com a adubação química convencional. Além disso, o fertilizante organomineral promoveu menor adsorção de fósforo e mineralização da matéria orgânica, disponibilizando o fósforo.

No geral, fertilizantes fontes de P apresentam baixo nível de eficiência, sendo que esse aproveitamento pela planta está entre 10 a 15% do P fornecido através de fontes minerais (ROSSETO et al., 2010). Já os nutrientes fornecidos via fertilizantes orgânicos são disponibilizados às raízes em quantidades muito superiores quando comparados aos fertilizantes minerais, especialmente o fósforo (Santos et al., 2010).

Com o objetivo de atender as necessidades nutricionais da cultura, reduzindo a perda de nutrientes e aumentando significativamente o residual dos fertilizantes, têm-se sugerido a aplicação de fertilizantes organominerais (BARON et al., 1995; GONZALEZ et al., 1992). Entre as vantagens do uso de organominerais está o “slow-release”. Desta forma, o fertilizante ao ser aplicado no solo sofre de imediato o início da biodegradação, disponibilizando os nutrientes de forma gradual e contínua, tornando a aplicação mais sustentável, evitando assim, perdas dos nutrientes por lixiviação. Com isso, a cultura poderá ter disponível o nutriente nas fases de maior demanda de forma equilibrada (Tejada et al., 2005).

Kiehl (1985) relata que a fração orgânica contida no fertilizante organomineral é um condicionador do solo que melhora as propriedades químicas e físicas do solo. Para a matéria orgânica agir como condicionador do solo deve ser empregada em grandes doses. Como o fertilizante organomineral possui proporções relativamente modestas de matéria orgânica, essa ação somente é possível a longo prazo, com o uso contínuo. No entanto, a fração orgânica do fertilizante organomineral é um condicionador imediato dos fertilizantes minerais possibilitando a obtenção de misturas que normalmente apresentariam incompatibilidade física dos adubos que a compõem.

O uso de fertilizantes de origem orgânica melhora as características químicas do solo, aumentando a estruturação e a CTC, o que potencializa a disponibilização dos nutrientes para a cultura do feijoeiro, aumentando a resistência das plantas às pragas, doenças e aos climas adversos, além de aumentar capacidade do solo em armazenar água (RODRIGUES et al., 2012).

### **2.3 Fósforo**

O fósforo é um nutriente envolvido na transferência de energia da célula, respiração e fotossíntese. O nutriente apresenta função estrutural de coenzimas, ácidos nucléicos dos

cromossomos, fosfoproteínas e de fosfolipídios. Quando em baixa disponibilidade, nos estádios fenológicos iniciais da cultura, resulta na diminuição do crescimento e desenvolvimento, sendo irreversível, mesmo aumentando a disponibilidade de P a níveis adequados. Desta forma, diferentemente dos demais nutrientes, recomenda-se a disponibilização do fósforo desde os estádios iniciais de desenvolvimento da cultura (Grant et al., 2001).

As fontes de P solúveis ao serem aplicadas no solo dissolvem-se e são incorporados na solução do solo. Porém, devido à baixa solubilidade dos compostos formados e da forte adsorção, grande parte do P fica retida na fase sólida como P lábil, transformando-se ao decorrer do tempo em P não lábil (RAIJ, 2011).

Além da grande demanda do P nas fases iniciais, a absorção máxima ocorre na pré-floração e enchimento dos grãos, advindo da redistribuição do P contido nas folhas e caules. Porém, é necessário que o nutriente esteja disponível durante a maturação, o que permite o funcionamento do mecanismo de translocação de carboidratos para que não haja redução na produção de grãos (GRANT et. al., 2001).

O P, ao ser comparado com o nitrogênio, possui a exigência de 10 vezes menor. No entanto, é importante na formação da semente e do fruto, no desenvolvimento vegetativo inicial e crescimento de raízes (GRANT et al, 2001). O P é o macronutriente em menor quantidade na solução do solo, sendo assim, é necessário elevar o nutriente na CTC a níveis adequados. Essa elevação só é possível através de aplicações de fertilizantes que contenham o P. A elevação dos teores é extremamente complexa devido a forte interação com a fração argila dos solos intemperizados brasileiros (MALAVOLTA, 2006).

No solo existem frações do fósforo que estão ligadas diretamente a disponibilidade do nutriente na solução do solo. A fração lábil, formada por compostos fosfatados, repõem de forma rápida o fósforo na solução do solo após o nutriente ser absorvido pelas plantas. Desta forma, as frações mais lábeis estão atreladas ao grau de intemperização do solo, mineralogia, matéria orgânica, características físico-químicas e da atividade biológica dos solos (WALKER & SYERS, 1976; CROSS & SCHLESINGER, 1995).

Devido a baixa disponibilidade do nutriente nos solos, é necessário que as plantas desenvolvam um eficiente mecanismo de absorção. As plantas captam P de forma ativa contra o elevado gradiente de concentração. A concentração P no interior das células das plantas chega a ser 100 vezes maior do que a concentração na solução do solo (RAGHOTHAMA, 2000). Esse fato, juntamente com a elevada carga negativa no interior da célula, é necessário para a geração de aumento do gradiente eletroquímico para que ocorra absorção de P (SMITH, 2002). O potencial criado pelas bombas de prótons localizadas nas membranas que são ativadas por ATP, geram um gradiente elétrico e um gradiente de pH, com interior negativo e exterior ácido. Maiores taxas de absorção do fósforo inorgânico ocorrem em pH 4,5 a 6,0. Nesse pH existe a predominância  $H_2PO_4^-$ , que por consequência se torna a forma mais absorvida pelas plantas.

Com a atuação do P na fotossíntese e no metabolismo do carbono, é possível estabelecer uma relação com o metabolismo do N. Os macronutrientes P e N tem ação sinérgica proporcionando aumento no fornecimento dos nutrientes, o que resulta em maior produção da cultura quando comparado ao fornecimento dos dois nutrientes isolados (Fernandes, 2006).

#### **2.4 Adubação fosfatada no feijoeiro**

Dentre os fatores que contribuem para aumentar a produtividade da cultura do feijoeiro destaca-se a adubação. Deve-se elevar o suprimento de nutrientes para níveis adequados, de forma balanceada, proporcionando assim, impacto positivo na produtividade de grãos (Fageria et al., 2010; Pagani & Mallarino, 2012; Crusciol et al., 2013).

Os nutrientes mais exigidos pelo feijoeiro são o nitrogênio, seguido pelo potássio, cálcio, enxofre, magnésio e fósforo, no entanto, quando se considera apenas a exigência do grão. Os nutrientes mais exigidos passam a ser o nitrogênio, seguido do fósforo, enxofre, potássio, magnésio e cálcio (ARF, 1994). O P no solo encontra-se em formas pouco disponíveis, devido suas características como a alta adsorção nos solos, fazendo com que a eficiência de fontes fosfatadas seja baixa, com índice de aproveitamento pela cultura entre 10 a 20 % no ano de aplicação com valor residual de no máximo 50 % (Bolland & Gilkes, 1998). O feijoeiro tem baixa eficiência na absorção de P, devido ao pequeno volume radicular e baixo influxo, juntamente com um menor requerimento de P para produção de biomassa (FOHSE et al., 1988).

Quando o solo não é capaz de fornecer os níveis adequados de fósforo, necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas, torna-se imprescindível o fornecimento do nutriente através de diversas fontes. No entanto, as características e quantidade de fertilizante, a necessidades da cultura, fertilidade do solo, forma de reação no solo e eficiência do fertilizante devem ser levados em conta (GATIBONI, 2003). Malavolta (1990) reportou que o principal fator a considerar na adubação fosfatada é o fenômeno da fixação, o que faz com que o nutriente no solo se desloque muito pouco por difusão até encontrar a raiz e ser absorvido. Segundo Fageria et al. (2003), a adubação fosfatada no feijoeiro resultou no aumento da produção de matéria seca da parte aérea, aumento do número de vagens e peso de mil grãos. Em experimento com diferentes cultivares de feijão, avaliando a eficiência no uso do fósforo, Oliveira et al. (1987) reportaram maior retorno em produtividade de grãos quando a dose P aplicado foi na faixa 30 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Apesar da importância do suprimento de P nas fases iniciais do desenvolvimento da cultura, é necessário que seu fornecimento continue também nas fases posteriores. A absorção máxima de P ocorre durante a prefloração e seu acúmulo nos grãos, ocorre principalmente devido a redistribuição do P contido nas folhas e caules. À medida que a planta se desenvolve, o P é removido das folhas e caules e direcionado para os grãos. Contudo, é preciso garantir também o suprimento contínuo de P até a fase de maturação permitindo o funcionamento do

mecanismo de translocação de carboidratos para que não haja redução na produção de grãos. O fósforo utilizado na formação dos grãos pode ser suprido pela absorção no solo, pós-antese, assim como pela redistribuição interna do P acumulado nas fases iniciais (GRANT et. al., 2001).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Área experimental

O experimento foi realizado na área experimental do Setor de Agro tecnologia, Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras - UFLA (Figura 1). Essa área é localizada no município de Lavras-MG, a 21°13'52'' de latitude Sul e 44°58'10'' de longitude Oeste, e a altitude 911 metros acima do nível do mar.

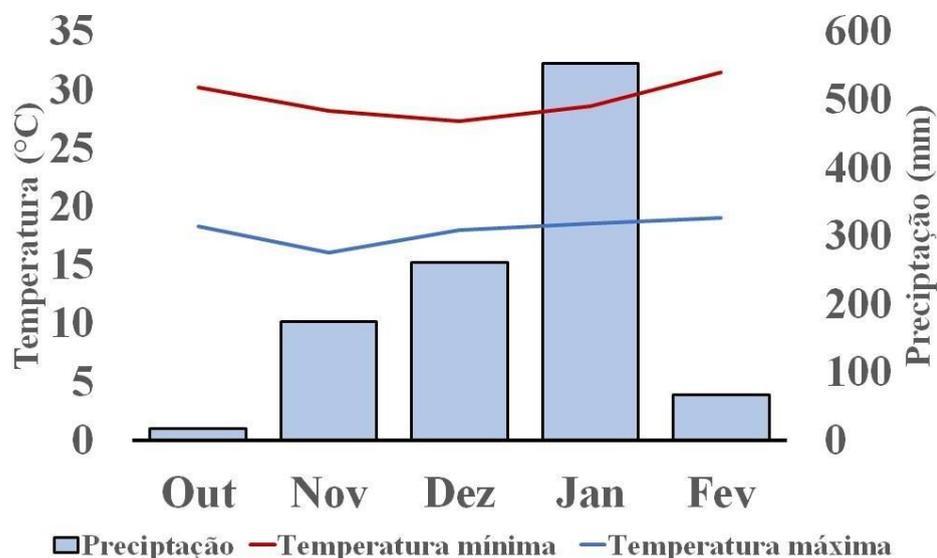
Figura 1 – Área utilizada para a realização do experimento, Lavras - MG



Fonte: Douglas Mariano

O clima da região de Lavras-MG é do tipo Cwa de acordo com o sistema de classificação de Köppen mesotérmico, com verões brandos e suaves e estiagens de inverno (MACHADO *et al.*, 2004). A temperatura média anual é de 19°C, sendo fevereiro o mês em que ocorre a temperatura média mais alta – 22,1 °C (DANTAS *et al.*, 2007), e as chuvas ocorrem concentradas nos meses de novembro a fevereiro, com uma precipitação média anual de 1.200 a 1.500 mm (SÁ JUNIOR, *et al.*, 2012). As temperaturas máximas e mínimas do período de realização do experimento, bem como as precipitações pluviométricas médias, estão representadas na Figura 2.

Figura 2- Precipitação e temperatura média (mínima e máxima) referente ao período de implantação do experimento (26 de outubro de 2022 a 9 de fevereiro 2023), Lavras – MG.



Fonte: INMET/BDMEP (2023).

O solo presente na área experimental foi classificado originalmente como Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa, contendo 56,8% de argila, 4,4% de silte e 38,8% areia. A amostragem foi realizada por ocasião do preparo inicial do solo e as análises de fertilidade foram preparadas no Laboratório do Departamento de Ciências do Solo (DCS) da UFLA. Resultados da análise química das amostras desse solo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Resultados de análise química de amostras do solo utilizado no experimento. UFLA, Lavras-MG.

Características	Valores
pH em água	5,70
P disponível (mg/dm <sup>3</sup> )	2,80
P remanescente (mg/L)	22,20
K (mg/dm <sup>3</sup> )	99,60
Ca (cmolc/dm <sup>3</sup> )	2,40
Mg (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,80
Al (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,00
H+Al (cmolc/dm <sup>3</sup> )	2,30
S (mg/dm <sup>3</sup> )	4,90
T (cmolc/dm <sup>3</sup> )	5,76
t (cmolc/dm <sup>3</sup> )	3,46
V (%)	60,07

### 3.2 Implantação e condução do experimento

O preparo do solo constituiu-se de uma aração e duas gradagens, sendo que na segunda gradagem foi incorporado 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário para elevação dos teores de Ca e Mg no solo (Figura 3).

Figura 3 – Operações de preparo do solo e calagem



Fonte: Douglas Mariano

Sementes de feijão do tipo comercial carioca, cultivar IAC 1850, foram semeadas manualmente com 50 cm de espaçamento entre linhas e 8 sementes por metro linear, resultando na densidade de semeadura de 160 mil plantas por hectare (Figura 4). A semeadura foi realizada no dia 26 de outubro de 2022, sendo a janela de plantio recomendada pelo Zoneamento de Risco Climático (ZARC - Plantio Certo), aplicativo desenvolvido pela Embrapa em conjunto com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2021).

Figura 4 – Operações de semeadura do feijoeiro



Fonte: Douglas Mariano

Os tratamentos utilizados foram: (T1) testemunha, sem aplicação de fertilizantes no plantio; (T2) 160 kg/ha MAP (10-50-00); (T3) 112 kg/ha MAP (10-50-00); (T4) 333 kg/ha Evolutions®(05-24-00); (T5) 233 kg/ha Evolutions®(05-24-00); (T6) 333 kg/ha Evolutions®(05-24-00)+bio; (T7) 233 kg/ha Evolutions®(05-24-00)+bio (Figura 5). O fertilizante organomineral Evolutions® peletizado foi produzido e cedido pela empresa Terra de Cultivo, cediada em Machado, MG. A estirpe utilizada no tratamento biológico (T6 e T7) não foi divulgada pela empresa, por se tratar de um produto em fase de testes, e o fertilizante Evolutions® continha originalmente 5% de enxofre na sua formulação.

Figura 5 – Preparação dos tratamentos



Fonte: Douglas Mariano

O delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) foi utilizado, com 7 tratamentos e 5 repetições (Figura 6). A unidade experimental foi representada por oito linhas de cinco metros, sendo as quatro linhas centrais consideradas parcela útil.

Figura 6 – Croqui no experimento



Descrição do ensaio	
Fatores	Quantidade dos fatores
Manejos	7
Número de tratamentos: 7 (Manejos) = 7 Tratamentos	
Número total de parcelas: 7 tratamentos x 5 repetições = 35 parcelas	
Tamanho das parcelas: 8 linhas x 5 m de comprimento	
Delineamento experimental: DBC	

Fonte: Douglas Mariano

A adubação de cobertura foi realizada com 100 kg/ha de KCl aplicado a lanço em dose única aos 17 dias DAE. O fornecimento de nitrogênio em cobertura foi dividido em dois momentos. No primeiro aplicou-se 50% da dose recomendada correspondente a 88 kg ureia (45% N) aos 17 dias DAE e os outros 50% restantes foram distribuídos no início da formação dos botões florais (estádio fenológico R7).

O controle de plantas daninhas foi realizado com 3 aplicações de herbicidas com 1% do volume de calda de adjuvante a base de óleo mineral Assist Ec<sup>®</sup> (Figura 7). A primeira aplicação foi feita em 19/11/22 com a associação de dois herbicidas basagram 600<sup>®</sup> (Bentazona) e Fusilade<sup>®</sup> 250 EW (Fluasifope-P-butílico) visando o controle de folhas largas e estreita nas respectivas dosagens 1 e 1,2 l p.c/ha. A segunda aplicação foi realizada no dia 30/11/2022 com o herbicida Basagram<sup>®</sup> 600 (Bentazona) na dosagem de 1,2 l p.c /ha visando o controle de folhas largas. Na terceira aplicação utilizou-se o herbicida Amplo<sup>®</sup> (Bentazona e Imazamoxi) na dosagem de 1 p.c/ha, visando o controle de daninhas com maior incidência (corda de viola e picão-branco).

Figura 7 – Manejo de plantas daninhas



Fonte: Douglas Mariano

O controle de pragas da cultura do feijão foi realizado em 3 aplicações. A primeira com associação de Engeo pleno<sup>®</sup> (Tiametoxam + Lambda-Cialotrina) + Pirate<sup>®</sup> (Clorfenapir) nas dosagens estabelecidas na bula para controle de sugadores e mastigadores. A segunda aplicação foi feita com Karate<sup>®</sup> zeon 50 cs na dosagem de bula (Lambda-Cialotrina) para o controle de mosca branca (*Bemisia tabaci* raça B) e vaquinha verde e amarela (*Diabrotica speciosa*). A terceira Engeo pleno<sup>®</sup> (Tiametoxam + Lambda-Cialotrina) em V6 na dosagem de bula para o controle de vaquinha verde e amarela (*Diabrotica speciosa*) e sugadores.

O manejo de doenças foi realizado com 3 aplicações Orkestra<sup>®</sup> (Piraclostrobina + Fluxaproxade) na dosagem de bula + foliar de yeldon valagro na dosagem de 1 l/ha + 0,5% do volume com o adjuvante a base de óleo mineral Assist EC nos estádios V4, R5 e R6.

A dessecação do feijão realizada com o Diquat<sup>®</sup> dosagem de bula no estádio R9.

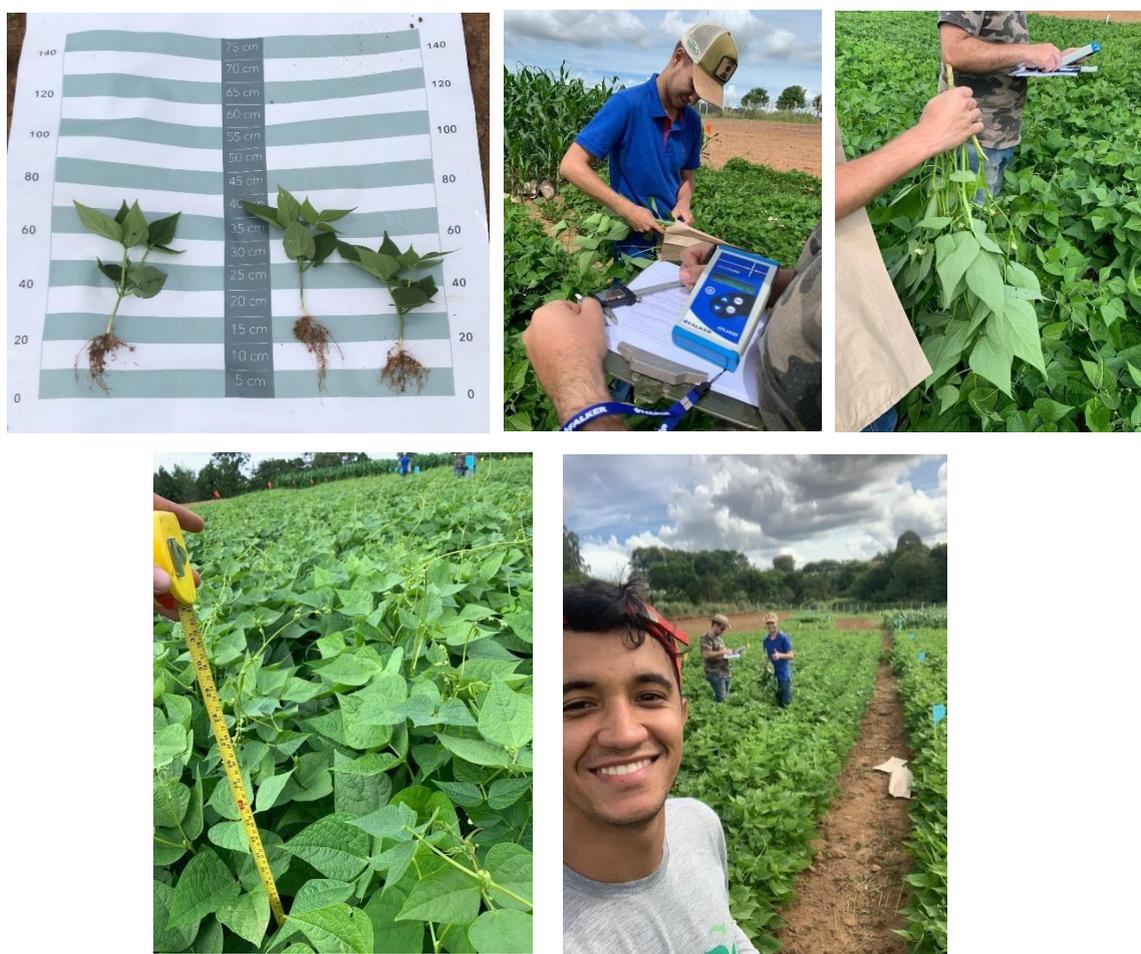
### 3.3 Características avaliadas

O comprimento de parte aérea (CPA), o diâmetro de caule (DC), o peso seco de folha (PSF), de caule (PSC) e de parte aérea (PSPA) foram avaliados no dia 26/12/2022, no início do estádio reprodutivo (R5) (Figura 8). O comprimento da parte aérea das plantas foi medido com o auxílio de fita métrica e o diâmetro de caule com paquímetro digital. Para a avaliação do peso seco, três plantas de cada unidade experimental foram cortadas rente ao solo e separadas em caules e folhas. O material coletado foi armazenado em sacos de papel Kraft, identificado individualmente, e em seguida colocado para secar em estufas de circulação de ar forçado, reguladas para a temperatura de 70 °C, correspondente, até o peso constante. Após a

secagem, o material foi pesado em balança analítica, determinando seu peso seco.

A porcentagem de acamamento, número de vagens por planta, grãos por vagem, peso de mil grãos (PMG) e produtividade foram mensurados, no dia 09/02/2023, ao final do estádio reprodutivo (R9). A determinação do número médio de vagens por planta foi realizada pela contagem do total de vagens de 10 plantas, determinando-se a seguir o número médio de grãos por vagem pela contagem do total de grãos. O peso de mil grãos foi determinado pela estimativa do peso médio de três amostras de 300 grãos por parcela, sendo o peso corrigido para 13% de umidade.

Figura 8 – Avaliações



Fonte: Douglas Mariano

### 3.4 Análise estatística

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste F ( $P < 0,05$ ), por meio do pacote estatístico ExpDes do R. Casos em que os efeitos dos tratamentos apresentaram diferenças significativas, as médias foram comparadas por meio do teste de médias Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Um resumo da análise de variância dos dados obtidos no início do estágio reprodutivo (R5) é apresentado no Tabela 2. Todas as variáveis analisadas foram influenciadas pelos efeitos dos tratamentos. Além disso, observa-se valores de coeficiente de variação (CV) compatíveis com a que se tem obtido em experimentação em campo, demonstrando boa precisão experimental.

Tabela 2 – Quadrados médios dos dados relativos ao ensaio coletados no estágio R5. UFLA, Lavras – MG, 2023.

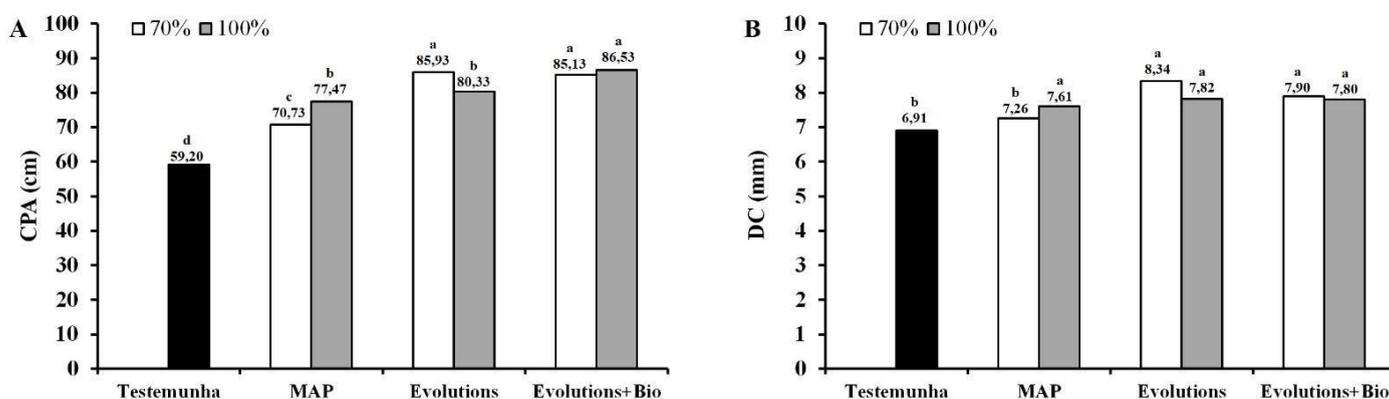
Fontes de variação	GL	CPA	DC	PSF	PSC	PSPA
Tratamento	6	1496,37**	3,21**	32,83**	24,88**	110,31**
Bloco	4	514,17**	1,32	21,55*	7,82	39,37
Resíduo	94	74,02	0,81	6,80	4,68	19,82
CV (%)		11,04	11,72	27,98	31,40	27,46

\* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade

Na Figura 9 são apresentados os valores médios das características avaliadas em função dos tratamentos. O tratamento sem adição de fertilizantes (testemunha) resultou em menores valores de crescimento de parte aérea (59,20 cm). Por outro lado, plantas adubadas com 70 e 100% da dose do fertilizante organomineral Evolutions®, com e sem a suplementação do agente biológico, possibilitaram o maior crescimento do feijoeiro em relação ao MAP 70%, nos primeiros 60 dias de cultivo. Observa-se ainda na Figura 9 que os menores valores de diâmetro de caule foram mensurados utilizando o MAP 70% e testemunha, sendo os demais tratamentos estatisticamente semelhantes.

Figure 9 – Comprimento da parte aérea (CPA) e diâmetro de caule (DC) do feijoeiro no estágio R5.

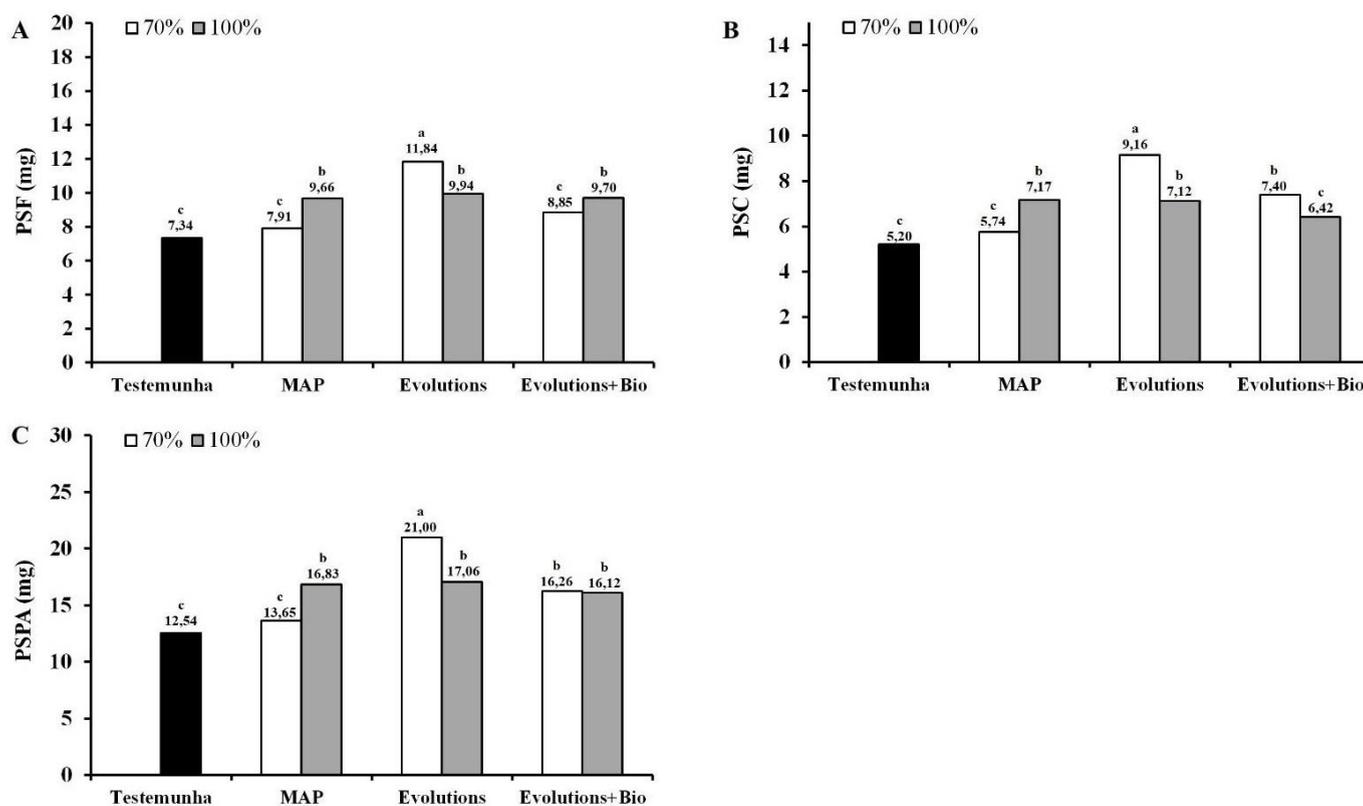


\*Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O fósforo é um elemento essencial relacionado com a transferência de energia das células (Malavolta, 2006). Além disso, de acordo com Grant et al. (2001) a disponibilização do fósforo desde os estádios iniciais de desenvolvimento da cultura é crucial, pois em baixa disponibilidade nos estádios fenológicos iniciais da cultura, resulta na diminuição do crescimento e desenvolvimento, sendo irreversível mesmo com acréscimos de altas doses. Ourives et al. (2010), ao estudar os efeitos da matéria orgânica na disponibilidade de fósforo, constataram a elevação dos teores de fósforo disponível devido à associação da matéria orgânica com a adubação química convencional. Além de que o fertilizante organomineral promoveu menor adsorção de fósforo e mineralização da matéria orgânica, disponibilizando o fósforo, contribuindo significativamente para um maior comprimento da parte aérea e diâmetro de caule.

Na Figura 10 são apresentados os valores médios de peso seco de folha, caule e parte aérea em relação as dose e fontes de adubos fosfatados. Plantas de feijão adubadas com Evolution® 70% resultaram em maior peso seco de folhas, caule parte aérea (11,84 mg planta<sup>-1</sup>). Observa-se ainda que a ausência de adubação fosfatada resultou em menores valores desses pesos secos, sendo estatisticamente semelhantes ao MAP 70%.

Figure 10 - Peso seco de folha (PSF), Peso seco de caule (PSC) e Peso seco da parte aérea (PSPA)



\*Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Segundo Fageria et al. (2003), a adubação fosfatada no feijoeiro resulta no aumento da produção de matéria seca da parte aérea, aumento do número de vagens e PMG de grãos, quando o P não é fornecido ou fornecido em doses insuficientes se observa-se menor crescimento da parte aérea. No geral, fertilizantes fontes de P apresentam baixo nível de eficiência no aproveitamento pela planta, sendo esse aproveitamento entre 10 a 15% do P (ROSSETO et al., 2010). O fornecimento através da fonte mineral ocasionou um menor crescimento da parte aérea, resultando em menores PSF, PSC e PSPA quando comparado ao organomineral. Os nutrientes fornecidos via fertilizantes orgânicos são disponibilizados às raízes em quantidades muito superiores quando comparados aos fertilizantes minerais, especialmente o fósforo, o que justifica as plantas de feijão adubadas com Evolution® 70% com maior peso seco de folhas, caule e parte aérea.

Os quadrados médios dos dados obtidos na avaliação final ao estágio reprodutivo (R9) são apresentados no Tabela 3. Observa-se que os valores de coeficiente de variação apresentaram boa precisão experimental (5,36 a 18,51%). Além disso, as variáveis acamamento, número de vagens e produtividade foram influenciadas pelos efeitos dos tratamentos. Por outro lado, não foram observados efeitos significativos dos tratamentos no peso de mil grãos e na relação de grãos por vagem.

**Tabela 3 – Quadrados médios dos dados relativos ao ensaio coletados no estágio R9. UFLA, Lavras – MG, 2023.**

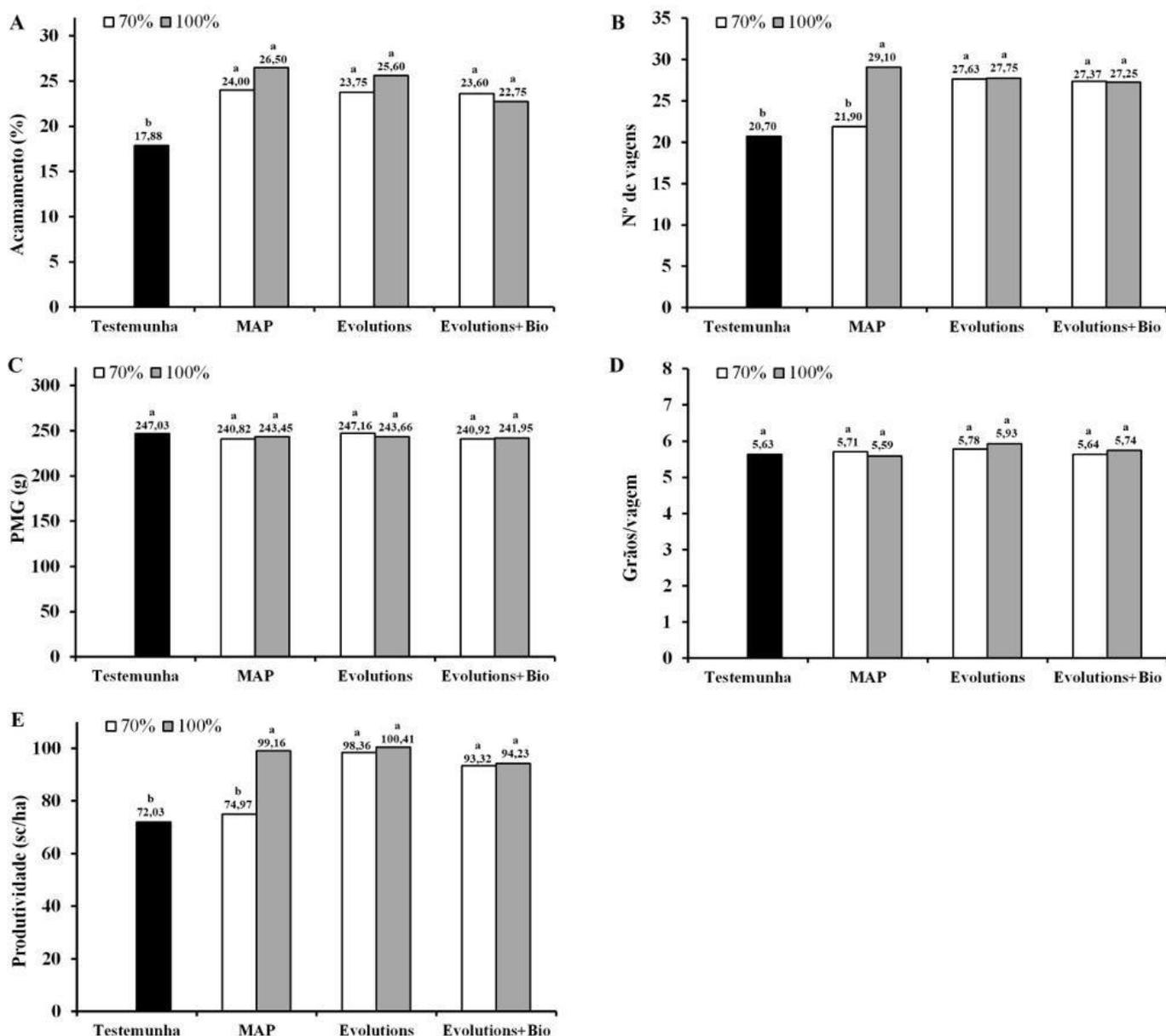
Fontes de variação	GL	Acamamento	Nº de vagens	PMG	Grão/vagem	Produtividade
Tratamento	6	38,25*	53,04**	35,02	0,06	1243,15**
Bloco	4	26,79	22,06	371,24	0,05	667,84
Resíduo	94	18,83	8,07	170,19	0,16	257,83
CV (%)		18,51	10,95	5,36	6,99	13,33

\* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade

Os valores médios de porcentagem de acamamento, número de vagens, peso de mil grãos, relação grãos por vagem e produtividade são demonstrados na Figura 11. Os resultados de porcentagem de acamamento mostraram que o tratamento testemunha proporcionou menor ocorrência desse fenômeno (17,88 %), sendo que os demais tratamentos com adubação fosfatada apresentaram valores entre 22,75 e 26,50%. Observa-se ainda que todos os tratamentos, com exceção da testemunha e o MAP 70 % resultaram em plantas com maior número de vagens. Já o peso de mil grãos (240,82 a 247,16 g) e a relação de grãos por vagem (5,59 a 5,93) foram estatisticamente semelhantes em relação as dose e fontes de adubos fosfatados. Em relação à produtividade, a utilização de MAP 100 % e organominerais, independente da dose, possibilitaram maiores ganhos, sendo superior à média brasileira.

Figure 11 - Porcentagem de acamamento, número de vagens, peso de mil grãos, relação grãos por vagem e produtividade



\*Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Apesar da importância do suprimento de P nas fases iniciais do desenvolvimento da cultura, é necessário que seu fornecimento continue também nas fases posteriores através de uma liberação gradual e constante do nutriente, o que é proporcionado pelo fertilizante organomineral. A absorção máxima de P ocorre durante a prefloração e seu acúmulo nos grãos ocorre principalmente devido a redistribuição do P contido nas folhas e caules. À medida que a planta se desenvolve, o P é removido das folhas e caules e direcionado para os grãos. Contudo, é preciso garantir também o suprimento contínuo de P até a fase de maturação, permitindo o funcionamento do mecanismo de translocação de carboidratos para que não haja redução na

produtividade e número de grãos, como aconteceu na figura 3 nos tratamentos testemunha e 70% da dose do MAP. Os tratamentos 70 e 100% da dose de evolutions e evolutions+bio obtiveram produtividades e número de vagens por planta estatisticamente iguais o que não se observou no tratamento com 70% da dose de MAP, demonstrando a capacidade da matéria orgânica em melhorar a disponibilidade do nutriente para a cultura. Além disso, evita-se processos de adsorção, sendo um indicativo para uma futura readequação das doses recomendadas para os dois fertilizantes (GRANT et. al., 2001).

## **5 CONCLUSÕES**

As fontes e doses de adubos fosfatados influenciaram os componentes de produção do feijoeiro. Plantas adubadas com 70 e 100% da dose do fertilizante organomineral Evolutions<sup>®</sup>, com e sem a suplementação do agente biológico, possibilitaram ganhos em variáveis de crescimento e de produção do feijoeiro em relação ao MAP 70% e à ausência de adubação fosfatada. Sendo assim, o fertilizante organomineral formulado Evolutions<sup>®</sup> demonstrou ser agronomicamente uma opção viável para cultivo do feijão, obtendo altas produtividades mesmo com redução da dose recomendada, podendo assim, substituir a adubação mineral tradicional.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo: Ícone, 1994. p.233-248.

BARON, R.; BENITEZ, I. C.; GONZALEZ, J. L. 1995. Influência de la Sci., Washington, dosis creciente de un abono orgánico en un cultivo de trigo. *Agrochimica*, v. 39, p.280–289.

BOLLAND, M.D.A. & GLIKES, R.J. The chemistry and agronomic effectiveness of phosphate fertilizers. *J. Crop Produc.*, 1:139-163, 1998.

CARVALHO, A.M.; FAGERIA, N.K.; OLIVEIRA, I.P. & KINJO, T. Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos cerrados. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:61-67, 1995.

Conab - acompanhamento da safra brasileira de grãos | v.10 – safra 2022/23, n 4 – quarto levantamento|janeiro2023.Disponível em:<CONAB-file:C:/Users/DOUGLAS/Downloads/E-book\_BoletimZdeZSafrasZ-Z4oZlevantamento.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2023.

DEBOUCK, D.G. Primary diversification of *Phaseolus* in the Americas: three centers? *Plant Genetic Resources Newsletter*, v.67, p.2-8, 1986.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; MOREIRA, A. Yield, nutrient uptake and changes in soil chemical properties as influenced by liming and iron application in common bean in a no-tillage system. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.41, n.14, p.1740-1749, 2010.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; STONE, L.F. Resposta do feijoeiro a adubação fosfatada. In: POTAFÓS. Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. *Informações Agrônomicas*, Piracicaba, n.102, p.1-9, 2003.

FAO. **Em Dia Mundial das Leguminosas, FAO destaca contribuição para a #FomeZero | ONU News**. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2019/02/1659181>>. Acesso em: 17 ago. 2022.

FAO. Em Dia Mundial das Leguminosas, FAO destaca contribuição para a #FomeZero | ONU News. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2019/02/1659181>>. Acesso em: 17 ago. 2022.

FAOSTAT. Crops. Disponível em:<<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>> Acesso em: 18 mar. 2023.

FERNANDES, A.L.T; TESTEZLAF, R. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.6, n.1, p.45-50, 2002.

FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

FOHSE, D.; CLAASSEN, N.; JUNGK, A. A phosphorus efficiency of plants. I. External and internal P requirement and P uptake efficiency of different species. *Plant Soil*, v.110, p.101-109, 1988.

FREITAS, Fabio de Oliveira. Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.41, n.7, p.1199-1203, jul. 2006.

GATIBONI, L. C. Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2003. 231p. (Tese de Doutorado)

GOMES, C. E. et al. **Equipe técnica da Geasa Equipe técnica da Geote Superintendências regionais**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <CONAB - file:///C:/Users/DOUGLAS/Downloads/E-book\_Boletim-de-Safras-11o-levantamento-compactado.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2022.

GRANT, C.A.; PLATEN, D.N.; TOMAZIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n.95, 2001.

KIEHL, E.J. Fertilizantes Organominerais. Piracicaba, São Paulo: Ed. Do autor, 1999.146p.

KIMANI, J.M. & DERERA, J. Combining ability analysis across environments for some traits in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under low and high soil phosphorus conditions. *Euphytica*, 166:1-13, 2009.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: ed. Agronômica Ceres. 1990. NOVAIS, R. F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; COUTO, C. Níveis críticos de fósforo no solo para o eucalipto. *Revista Árvore*, 6:29-37, 1982.

MEIRA, Carlos Renato Bastos; SOUSA, Matheus Rodrigues Alves. Conjuntura Agropecuária do feijão. In: CONAB – Superintendência Regional da Paraíba. Brasília: Conab, 2015. p. 1-66.

OLIVEIRA, I.P.; THUNG, M.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; CARVALHO, J.R. Avaliação de cultivares de feijão quanto a eficiência no uso de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.1, p.39-45, 1987.

OURIVES, O.E.A.; SOUZA, G.M.; TIRITAN, C.S.; SANTOS, D.H. Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.40, n.2, p.126-132, 2010.

PESSOA, A.C.S.; KELLING, C.R.S.; POZZEBON, E.J.; KONIG, O. Concentração e acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo feijoeiro cultivado sob diferentes níveis de irrigação. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.16, n.1, p.69-74, 1996.

RAGHOTHAMA, K. G. Phosphate transport and signaling. *Curr. Opin. Plant Biol.*, v. 3, p.182-187, 2000.

RAIJ, B. van; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CATARELLA, H.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).

RODRIGUES, T.R.D.; BROETTO, L.; OLIVEIRA, P.S.R.; RUBIO, F. Desenvolvimento da cultura do milho submetida a fertilizantes orgânicos e minerais. Bioscience Journal, Uberlândia, v.28, n.4, p.509-514, 2012

ROSSETO, R. R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C.; PRADO JUNIOR, J. P. Q. Fósforo. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 271-288, 2010.

SANTOS, D.H.; TIRITAN, C.S.; FOLONI, J.S.S; FABRIS, L.B. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.40, n.4, p.454-461, 2010.

SMITH, F. W. The phosphate uptake mechanism. Plant Soil, v. 245, p.105-114, 2002.

TEJADA, M.; BENITEZ, C.; GONZALEZ, J. L. Effects of Application of Two Organomineral Fertilizers on Nutrient Leaching Losses and Wheat Crop. Agronomy Journal, Madison, v. 97, p. 960-967, 2005.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers. Ed. New York: Macmillan, 1996. 694p.

WALKER, T.W.; SYERS, J.K. The fate of phosphorus during pedogenesis. Geoderma, v.15, p.01-19, 1976.