

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE SEMENTES DE FEIJÃO EM RESPOSTA A FERTILIZANTE MINERAL, BIOFERTILIZANTE E PÓ DE ROCHA

Jéssica Rodrigues de Mello Duarte^{1*}, Scarlet de Aguiar Basílio², Maryelle Barros da Silva³,
Valter Vaz⁴, José Paulo Duarte Pires⁵, Mariana Pina da Silva Bertí⁶

¹ Doutoranda, Agronomia, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, GO. E-mail: jessicamelloagro@gmail.com.

² Mestre, Produção Vegetal, Universidade Estadual de Goiás (UEG), Ipameri, GO.

³ Doutoranda, Agronomia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Jaboticabal, SP.

⁴ Mestrando, Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG.

⁵ Graduado, Agronomia, Universidade Estadual de Goiás (UEG), Ipameri, GO.

⁶ Docente, Fitotecnia, Universidade Estadual de Goiás (UEG), Ipameri, GO.

Recebido: 09/07/2020; Aceito: 21/04/2021

RESUMO: O feijão é um vegetal pertencente à família das fabáceas e de relevante importância alimentar. Objetivou-se com o trabalho avaliar a influência do fertilizante mineral, biofertilizante e pó de rocha e a interação entre os fertilizantes na produtividade e qualidade das sementes de feijão. Os tratamentos utilizados foram T1 (testemunha - controle); T2 (150 kg/ha de fertilizante mineral); T3 (4 ton/ha de fertilizante pó de rocha); T4 (120 litros/ha de biofertilizante); T5 (150 kg/ha de fertilizante mineral + 120 litros/ha de biofertilizante); T6 (4 ton/ha de fertilizante pó de rocha + 120 litros/ha de biofertilizante); T7 (150 kg/ha de fertilizante mineral + 4 ton/ha de fertilizante pó de rocha + 120 litros/ha de biofertilizante). Realizaram-se análises dos componentes de produção, produtividade e qualidade das sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Concluiu-se que a aplicação de diferentes fontes de fertilizantes não altera significativamente os componentes de produção altura, diâmetro do caule, inserção da primeira folha, número de vagens por planta, grãos por planta, produtividade e as variáveis da qualidade de sementes: germinação, massa seca de plântulas e condutividade elétrica na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).

Palavras-chave: Leguminosa. Adubação. Rochagem. Vigor. Resíduos.

EVALUATION OF PRODUCTIVITY AND QUALITY OF BEANS SEEDS IN RESPONSE TO MINERAL FERTILIZER, BIOFERTILIZER AND ROCK POWDER

ABSTRACT: The bean is a vegetable belonging to the Fabaceae family and of relevant food importance. The objective of this work was to evaluate the influence of mineral fertilizer, biofertilizer and rock powder and the interaction between fertilizers in the productivity and quality of bean seeds. The treatments used were T1 (control); T2 (150 kg/ha of mineral fertilizer); T3 (4 ton/ha of rock powder fertilizer); T4 (120 liters/ha of biofertilizer); T5 (150 kg/ha of mineral fertilizer + 120 liters/ha of biofertilizer); T6 (4 ton/ha of rock powder fertilizer + 120 liters/ha of biofertilizer); T7 (150 kg/ha of mineral fertilizer + 4 ton/ha of rock powder fertilizer + 120 liters/ha of biofertilizer). Analyzes of the components of production,

productivity and quality of seeds were carried out. The data were submitted to analysis of variance and the means compared by the Tukey test. It was concluded that the application of different sources of fertilizers does not significantly alter the components of production height, stem diameter, insertion of the first leaf, number of pods per plant, grains per plant, productivity and seed quality variables: germination, seedling dry mass and electrical conductivity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) culture.

Key words: Legume. Fertilizing. Rocking. Vigor. Waste.

INTRODUÇÃO

O feijão é um vegetal pertencente à classe Dicotyledoneae, ordem Rosales, família Fabaceae, sub-família Faboideae, tribo Phaseoleae, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris* L. (VILHORDO, 1996). As folhas do feijoeiro apresentam disposição alterna, são compostas e trifoliadas e a cor e a pilosidade variam de acordo com a cultivar, idade, posição na planta e ambiente (SILVA, 2005). É considerado um alimento rico nutricionalmente, fornecedor de carboidratos, nutrientes essenciais como proteínas ricas na concentração do aminoácido lisina, vitaminas principalmente as do complexo B, sais minerais como ferro, cálcio, potássio e fósforo e de fibras que ajudam no bom funcionamento do intestino e no controle dos níveis de colesterol e glicose do sangue (CHAVES; BASSINELLO, 2019; TURUKO; MOHAMMED, 2014).

Os principais limitantes ao aumento da produtividade no cultivo do feijoeiro comum, em sistemas orgânicos e convencionais, incluem o manejo do solo e do fertilizante, principalmente no que diz respeito à má distribuição de nutrientes no perfil do solo, bem como ao desequilíbrio entre os mesmos (PEREIRA *et al.*, 2015; SIMIDU *et al.*, 2010; AIDAR; KLUTHCOUSKI, 2009). É necessário o desenvolvimento de pesquisas visando aumentar a produtividade e qualidade de sementes do feijão e sua rentabilidade.

O fósforo destaca-se como um dos nutrientes mais exigidos pelas culturas e que influencia diretamente na produtividade (VIANA *et al.*, 2011). A deficiência deste nutriente resulta em diminuição da taxa de fotossíntese, relacionada diretamente com o aumento da concentração de amido na folha (OLIVEIRA *et al.*, 2012). O potássio é o nutriente mais abundante no tecido vegetal de praticamente todas as espécies vegetais em maior concentração no floema, seguido do fósforo, magnésio e enxofre. Apresenta-se predominantemente na forma iônica K^+ no tecido e seu retorno ao solo é muito rápido, ocorrendo logo após a senescência das plantas (NAIVERTH; SIMONETTI, 2015).

O nitrogênio é o macronutriente mais absorvido pelo feijoeiro, estando presente durante todo o ciclo da cultura, mas com maior exigência no florescimento e enchimento de grãos. O nutriente compõe a molécula de clorofila, sendo assim muito importante para a fotossíntese, transformando os nutrientes fotoassimilados em material de reserva da semente, refletindo no aumento da produção (GUIMARÃES *et al.*, 2017). Além disso, após a sua absorção através das raízes, o mesmo combina-se com compostos orgânicos para a formação de aminoácidos e esses dão origem às proteínas, que são acumuladas nos grãos (AMARAL *et al.*, 2016).

Estudos de Medina *et al.* (2016) ressaltaram que é possível fazer a substituição total ou parcial das fontes solúveis convencionais das formulações granuladas de NPK por agrominerais aplicados como a rochagem. Rochagem é o termo utilizado para indicar que houve a adição de determinados tipos de rocha ao solo, facilitando a recomposição de macro e micronutrientes. Além do fornecimento de nutrientes, a utilização de rochas também apresenta uma solubilização mais lenta e a possibilidade de dar um fim sustentável para resíduos.

Os biofertilizantes têm sido utilizados no manejo de adubação das culturas, pois conferem ao solo e às plantas uma quantidade variável de nutrientes, o que promove um melhor desenvolvimento da planta. O biofertilizante tem sua composição química variando de acordo com o método de preparo, material que o origina, tempo de decomposição, população de microorganismos, temperatura e pH do composto (MARROCOS *et al.*, 2012). Estudos de Bellini *et al.* (2013) mostraram que o uso de biofertilizante obtido a partir de compostagem líquida com a adição de esterco bovino, água e o produto comercial Microgeo® contribuiu para a disponibilidade de fósforo na cultura do arroz e incrementou também na matéria orgânica do solo.

Além de uma boa nutrição, sementes de alta qualidade também são imprescindíveis para uma boa produtividade. Estas devem apresentar características sanitárias, físicas, genéticas e fisiológicas adequadas, para assim expressar todo seu potencial e elevar o rendimento final da cultura (MAMBRIN *et al.*, 2015; ZUCARELI *et al.*, 2015). A qualidade de sementes do feijoeiro está intimamente ligada ao vigor das mesmas. O vigor é definido como a soma de todas as propriedades da semente que determinam o nível de atividade e o desempenho da semente durante a germinação e a emergência de plântulas, sendo assim, sementes que apresentam um bom desempenho são classificadas como vigorosas e as de baixo desempenho são chamadas de sementes de baixo vigor (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Uma nutrição adequada proporciona a produção de sementes de melhor qualidade (KIKUTI *et al.*, 2006). São raros trabalhos relacionando adubação e nutrição das plantas com a qualidade fisiológica das sementes, evidenciando a necessidade de maiores investigações quanto a influência de diferentes fontes de fertilizantes na qualidade e vigor de sementes. E devido à importância da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) como fonte alimentar, há necessidade de estudos e pesquisas para o aumento da produção, incluindo melhoramento genético de cultivares, manejo do solo e dos tratos culturais, manejo da adubação, época de semeadura, qualidade das sementes, dentre outros cuidados, de modo a aumentar a produtividade e melhorar a rentabilidade. O presente estudo teve como objetivo avaliar o uso de fertilizante mineral, biofertilizante e pó de rocha e a interação entre as adubações sobre a produtividade e qualidade de sementes do feijoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em campo e nos laboratórios localizados na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, município de Ipameri-GO, coordenadas 17° 43' de latitude sul e 48° 22' de longitude oeste e altitude de 800m, entre o período de 23 de janeiro a 18 de abril de 2019. O clima é definido como Tropical Úmido (Aw de acordo com a classificação de Köppen), constando temperaturas elevadas com chuvas no verão e seca no inverno (CARDOSO

et al., 2014). A temperatura máxima registrada durante o período do experimento no campo foi de 35,7°C e a mínima de 17,7°C, com média de 25,2°C. A umidade relativa do ar variou de 47,5 a 90%, com média de 75,2%. A precipitação total durante o período experimental foi de 472,7 mm. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico de acordo com os critérios definidos em Santos *et al.* (2013). Os atributos químicos foram determinados antes da instalação do experimento e apresentaram os seguintes valores na camada 0-20 cm: 6,7 mg dm⁻³ de P (Mehlich); 15g dm⁻³ de M.O.; 6,1 de pH (CaCl²); 0,33 K; 3,4 Ca; 1,8 Mg e 1,1 H+Al cmolc dm⁻³, respectivamente, 83,41% de saturação por bases.

O experimento consistiu na avaliação de diferentes fertilizantes, quanto à sua eficiência individual e a interação entre a associação destas, sendo um fertilizante mineral (Monoamônio fosfato - MAP 10-50-00), fertilizante pó de rocha e biofertilizante. O biofertilizante utilizado foi preparado conforme recomendação do fabricante. Em um tanque, foram misturados esterco bovino (15% do volume), produto a base de microrganismos Microgeo® START (2,5% do volume) e água limpa não clorada (87,5% do volume). A mistura foi colocada em local com luz solar direta e aguardou-se quinze dias. Posteriormente, o biofertilizante estava pronto para utilização. O Microgeo® START é constituído por microrganismos como bactérias, fungos e leveduras, e em média, 89% de bactérias são dos filos Actinobacteria, Bacteroidetes, Cyanobacterias, Firmicutes e Proteobacterias (MICROGEO, 2021). O fertilizante pó de rocha é constituído especialmente por silício, óxido de alumínio, ferro, magnésio. Cálcio, sódio, potássio e fósforo também aparecem, porém em menores quantidades.

Os tratamentos utilizados foram T1 (testemunha - controle); T2 (150 kg/ha de fertilizante mineral); T3 (4 ton/ha de fertilizante pó de rocha); T4 (120 litros/ha de biofertilizante); T5 (150 kg/ha de fertilizante mineral + 120 litros/ha de biofertilizante); T6 (4 ton/ha de fertilizante pó de rocha + 120 litros/ha de biofertilizante); T7 (150 kg/ha de fertilizante mineral + 4 ton/ha de fertilizante pó de rocha + 120 litros/ha de biofertilizante).

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com cinco repetições. Cada parcela foi constituída por 15 m² e seis linhas de cinco metros, sendo somente as duas linhas centrais consideradas úteis. Totalizaram trinta e cinco parcelas e 525 m² de área experimental. Foram semeadas quinze sementes por metro e distância de 0,5 metros entre linhas. A semente utilizada foi a BRS Estilo, uma cultivar de feijoeiro comum do grupo comercial carioca, moderadamente resistente a antracnose e ferrugem (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2010).

A adubação potássica foi aplicada de forma complementar, seguindo recomendação da cultura (SOUSA; LOBATO, 2004) e de análise de solo. O fertilizante mineral (Monoamônio fosfato - MAP 10-50-00) na dose de 15 kg de N e 75 kg de P₂O₅ e o fertilizante pó de rocha na dose de quatro toneladas por hectare foram aplicados a lanço, via adubação manual, na semeadura e o biofertilizante na dose de 120 litros por hectare foi aplicado em pós-emergência, via foliar, com auxílio de bomba costal, na fase reprodutiva (R6) do feijão. A dose de biofertilizante foi determinada segundo as recomendações do fabricante. Os tratos culturais e fitossanitários foram realizados de acordo com a necessidade e recomendação para a cultura.

A colheita foi realizada 85 dias após a semeadura. Posteriormente à colheita do experimento de campo, as plantas foram levadas para o laboratório localizado na Universidade

Estadual de Goiás, onde as vagens foram debulhadas para retirada das sementes. Após limpeza, estas foram armazenadas no laboratório, e posteriormente realizaram-se testes para avaliação da qualidade.

Para avaliação do desenvolvimento das plantas, na fase de colheita, foram analisados os seguintes componentes: altura da parte aérea (ALT), diâmetro do caule (DC), inserção da primeira folha (INS), número de vagens por planta (VAG), número de grãos por planta (GRA), massa de 100 grãos (MGR) e produtividade (PRO). Para avaliação da qualidade de sementes foram analisados: teste de germinação (GER), seguindo metodologia descrita em Brasil (2009), primeira contagem de germinação (GER1) (BRASIL, 2009), comprimento de plântulas (CMP) (NAKAGAWA, 1999), massa seca de plântulas (MSS) e condutividade elétrica (COE) de acordo com o método descrito por Oliveira e Novembre (2005).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados relativos à variável massa seca de plântulas (MSS) foram transformados por Box-Cox por não apresentarem normalidade. Os demais valores não foram transformados por atenderem os pressupostos metodológicos de distribuição e normalidade. As análises estatísticas foram processadas através do programa de análise estatística R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis analisadas altura de plantas (ALT), diâmetro (DC), inserção da primeira folha (INS), número de vagens por planta (VAG), número de grãos por planta (GRA), massa de 100 grãos (MGR) e produtividade (PRO) não apresentaram diferenças significativas na aplicação de diferentes fontes de fertilizantes (Tabela 1).

Os valores de altura de plantas encontrados nesse estudo estão dentro do padrão ideal da cultura, que é entre 40 e 55 centímetros e destaca-se ainda o fato de que plantas com comprimento da guia muito elevado podem interferir nas práticas de manipulação, dificultando a colheita do feijão (HIOLANDA *et al.*, 2018). O diâmetro do colmo, apesar de não diferir significativamente entre os tratamentos, está acima da média encontrada por Hiolanda *et al.* (2018) que foi de 5,0 mm. Essa característica é de relevante importância para a arquitetura da planta, de forma que caules mais espessos e rígidos proporcionam maior sustentação e resistência ao acamamento, menos vagens estarão em contato com o solo diminuindo assim a incidência de doenças via solo-planta, aumentando a qualidade do produto e acarretando também menor perda na colheita (VALE *et al.*, 2012).

Fancelli e Dourado Neto (2000) destacam que o diâmetro do colmo é uma característica geneticamente intrínseca ao cultivar, não sofrendo, portanto, muita influência de fatores do meio. Ressalta-se ainda que diversos autores observaram que a ação gênica foi predominante em relação à dominância dos caracteres altura de inserção da primeira vagem, comprimento da haste principal e número e comprimento médio de entrenós na haste principal (MOURA *et al.*, 2013; SANTOS; VENCOVSKY, 1986).

Tabela 1. Médias dos tratamentos das variáveis de produção e produtividade analisadas na cultura do feijoeiro em função da aplicação de diferentes fontes de fertilizantes. Ipameri - GO. *Treatment averages of the production and productivity variables analyzed in the bean crop as a function of the application of different fertilizer sources. Ipameri - GO.*

TRATAMENTO	ALT cm	DC mm	INS cm	VAG	GRA	MGR g	PRO kg ha ⁻¹
T1 (testemunha)	51,36	6,09	6,32	10,60	43,26	22,15	1951,49
T2 (fert. mineral)	51,56	6,18	7,60	10,62	43,08	22,33	1806,53
T3 (pó de rocha)	50,74	6,01	7,44	9,34	35,16	23,59	1742,54
T4 (biofertilizante)	47,92	6,19	7,42	9,06	34,16	22,27	1476,14
T5 (fert. mineral + biofertilizante)	50,88	6,57	6,90	12,28	49,46	20,83	1916,69
T6 (pó de rocha + biofertilizante)	48,40	6,25	7,46	11,20	45,80	21,67	2102,50
T7 (mineral + pó de rocha + biofertilizante)	45,90	6,72	6,62	10,80	42,76	23,19	1978,75
Média	49,54	6,29	7,11	10,56	41,95	22,29	1853,52
CV (%)	10,33	10,98	15,54	25,41	28,45	5,41	30,42

Altura de plantas (ALT), diâmetro (DC), inserção da primeira folha (INS), número de vagens por planta (VAG), número de grãos por planta (GRA), massa de 100 grãos (MGR) e produtividade (PRO). *Plant height (ALT), diameter (DC), insertion of the first leaf (INS), number of pods per plant (VAG), number of grains per plant (GRA), mass of 100 grains (MGR) and productivity (PRO).*

Fonte: Autoria própria. *Own authorship.*

Blanco *et al.* (2011) não observaram efeitos significativos das doses de fósforo (0, 87,5, 175, 262,5 e 350 kg ha⁻¹ de P₂O₅) na altura de plantas de feijão-caupi e milho, cultivadas em consórcio. Entretanto, Silva *et al.* (2010) em estudo com diferentes doses (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e formas de aplicação (a lanço, sulco simples e sulco duplo) de fósforo na cultura do feijão-caupi encontraram resultados contrários, sendo que a altura foi influenciada pela dose e pela forma de aplicação do fósforo.

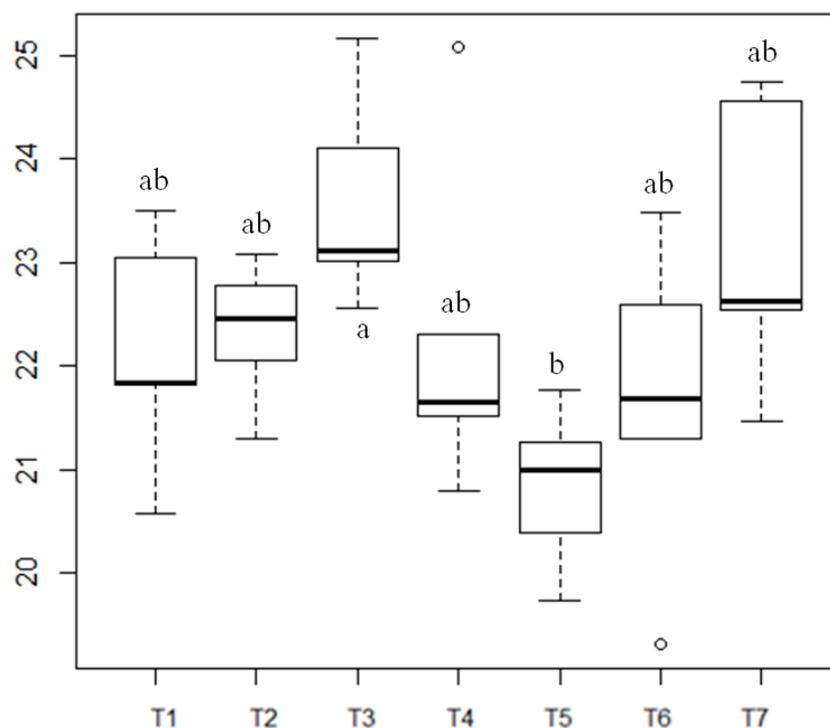
Quando analisada a variável número de grãos por planta, os tratamentos não apresentaram diferenças significativas. Silva *et al.* (2012) em estudo com o feijoeiro cultivar IPR Uirapuru e comparando adubação convencional com NPK, pó de basalto, esterco bovino, pó de granito e fosfato natural e a associação entre estes, não observaram diferenças significativas entre os tratamentos testados para a produtividade e altura de plantas do feijoeiro, resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo. A adubação fosfatada com 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aumentou o número de vagens/planta e o número de sementes/planta em estudo de Zucareli *et al.* (2006), entretanto, os demais componentes de produção e a produtividade de sementes não foram alterados pela aplicação de fósforo. Embora a produtividade encontrada entre os tratamentos não diferiu significativamente, a mesma ficou acima da produtividade média nacional que segundo a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2019) na safra 18/19 foi de 1.031 kg por hectare.

Turuko e Mohammed (2014) recomendam que a investigação da recomendação real para o nível ideal de fertilizante com P seja feita de acordo com a localidade, visto que é importante conhecer profundamente o conteúdo mineral do solo, fator esse que muitas vezes pode dificultar a absorção de fósforo pela planta. Margaret *et al.* (2014) destaca que o feijoeiro comum

desenvolveu várias estratégias para sobreviver sob baixos níveis de fósforo no solo, sendo os principais mecanismos de tolerância atribuídos a alta eficiência de aquisição e utilização do nutriente.

Alovisi *et al.* (2017) não observaram influência da adição de pó de basalto e de bioativo na produtividade das culturas de milho. Bertoldo *et al.* (2015) utilizando inoculação e complementação via sementes com extrato de alga, molibdênio e pó de rocha verificaram que o rendimento de grãos de feijão é mantido quando comparado ao método de cultivo convencional, porém com menor custo.

A variável massa de cem grãos mostrou diferenças significativas entre os tratamentos com diferentes fontes de fertilizantes (Figura 1).



Tratamentos: T1 (testemunha - controle); T2 (150 kg/ha de fertilizante mineral); T3 (4 ton/ha de fertilizante pó de rocha); T4 (120 litros/ha de biofertilizante); T5 (150 kg/ha de fertilizante mineral + 120 litros/ha de biofertilizante); T6 (4 ton/ha de fertilizante pó de rocha + 120 litros/ha de biofertilizante); T7 (150 kg/ha de fertilizante mineral + 4 ton/ha de fertilizante pó de rocha + 120 litros/ha de biofertilizante). *Treatments: T1 (control); T2 (150 kg/ha of mineral fertilizer); T3 (4 ton/ha of rock powder fertilizer); T4 (120 liters/ha of biofertilizer); T5 (150 kg/ha of mineral fertilizer + 120 liters/ha of biofertilizer); T6 (4 ton/ha of rock powder fertilizer + 120 liters/ha of biofertilizer); T7 (150 kg/ha of mineral fertilizer + 4 ton/ha of rock powder fertilizer + 120 liters/ha of biofertilizer).*

Figura 1. Massa de cem grãos do feijoeiro em função da aplicação de diferentes fontes de fertilizantes. Ipameri - GO. *Mass of one hundred grains of bean depending on the application of different sources of fertilizers. Ipameri - GO.*

Fonte: Autoria própria. *Own authorship.*

O tratamento pó de rocha mostrou as melhores médias, porém essas foram estatisticamente iguais as dos tratamentos controle, fertilizante mineral, biofertilizante, pó de rocha + biofertilizante e fertilizante mineral + pó de rocha + biofertilizante. O tratamento

fertilizante mineral + biofertilizante mostrou as menores médias, entretanto, estatisticamente iguais as dos tratamentos controle, fertilizante mineral, biofertilizante, pó de rocha + biofertilizante e fertilizante mineral + pó de rocha + biofertilizante. Não foi observada relação entre a massa de cem grãos e o aumento de produtividade.

Diferente do encontrado no presente estudo, Oliveira *et al.* (2011) não encontrou influência das diferentes doses de fósforo testadas (0, 70, 140 e 210 kg ha⁻¹ de P₂O₅) na massa de cem grãos na cultura do feijão-caupi, entretanto observou que a produtividade foi significativamente alterada, sendo a dose de máxima eficiência econômica a de 89,45 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

A concentração e a acumulação de nutrientes na cultura do feijão mostram-se variáveis, sendo dependente da cultivar, idade da planta, nível de adubação, parte da planta analisada, fertilidade do solo e manejo empregado na cultura. Sendo assim, as interpretações de níveis críticos podem ser variáveis de acordo com a condição da planta. O fósforo é um nutriente móvel, de fácil translocação das folhas e talos para os drenos, resultando em um maior teor de P nos grãos (PESSOA *et al.*, 1996).

Estudos identificaram que existe variabilidade quanto à eficiência e resposta de diferentes cultivares na aplicação de fósforo, dentre elas o feijão comum, sendo a eficiência definida como a produção relativa de um genótipo em solo deficiente em comparação com a produção no nível ótimo de nutriente (OLIVEIRA *et al.*, 2012; FIDELIS *et al.*, 2010). Sendo assim, a cultivar BRS Estilo, utilizada nesse trabalho, mostrou-se eficiente quanto à utilização do fósforo já existente no solo, porém, não se mostrou responsiva ao incremento do fósforo, visto que não apresentou resposta, nos parâmetros analisados, às diferentes fontes de fertilizantes testadas.

Tabela 2. Médias dos tratamentos das variáveis de qualidade e vigor de sementes, analisadas na cultura do feijoeiro em função da aplicação de diferentes fontes de fertilizantes. Ipameri - GO. *Treatment averages of seed quality and vigor variables, analyzed in common bean culture as a function of the application of different fertilizer sources. Ipameri - GO.*

TRATAMENTO	GER %	GER1 %	MSS g	COE μS cm ⁻¹ g ⁻¹
T1 (testemunha)	94,5	94,5	1,522	106,38
T2 (mineral)	94,0	94,0	2,215	76,11
T3 (pó de rocha)	98,0	98,0	1,297	94,54
T4 (biofertilizante)	95,5	95,0	1,791	76,39
T5 (mineral + biofertilizante)	96,0	95,5	1,317	86,58
T6 (pó de rocha + biofertilizante)	94,0	93,5	1,694	97,82
T7 (mineral + pó de rocha + biofertilizante)	98,0	98,0	1,358	83,22
Média	95,7	95,5	1,599	88,72
CV (%)	4,59	4,73	47,67	15,85

Teste de germinação (GER), primeira contagem de germinação (GER1), massa seca de plântulas (MSS) e condutividade elétrica (COE). *Germination test (GER), first germination count (GER1), seedling dry mass (MSS) and electrical conductivity (COE).*

Fonte: Autoria própria. *Own authorship.*

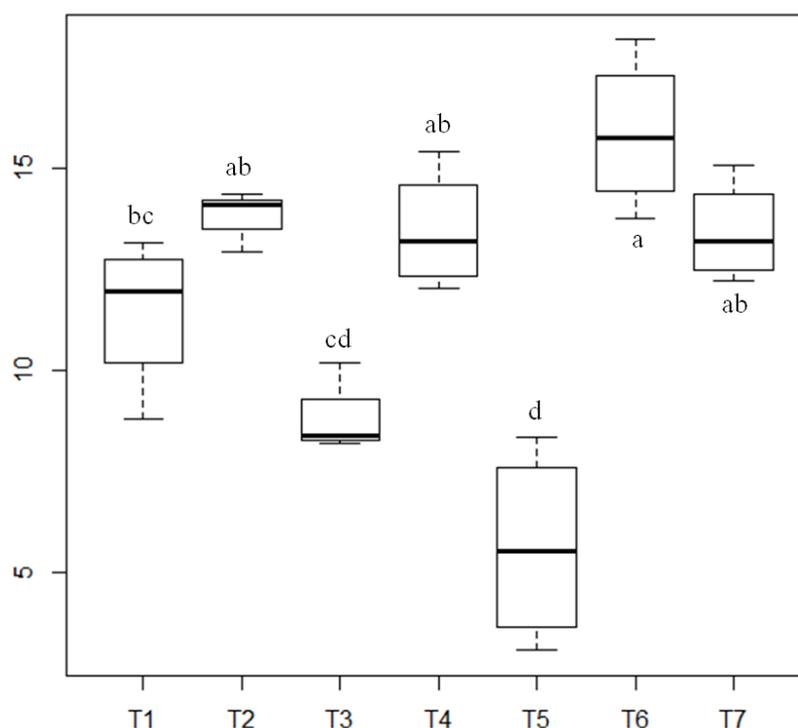
As variáveis das sementes analisadas: teste de germinação (GER), primeira contagem de germinação (GER1), massa seca de plântulas (MSS) e condutividade elétrica (COE) não apresentaram diferenças significativas (Tabela 2). O valor médio obtido no teste de germinação foi de 93,5%, acima do padrão exigido para produção e comercialização de sementes de feijão, visto que a porcentagem mínima deve ser de 70% para sementes básicas e 80% para as sementes certificadas (C1 e C2) ou não certificadas (S1 e S2) de primeira e de segunda geração (MINISTÉRIO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA, 2021).

Os resultados são semelhantes aos encontrados por Zucareli *et al.* (2011) e Zucareli *et al.* (2006) de modo que os autores avaliaram seis doses (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg) de P_2O_5 ha^{-1} aplicadas no sulco de semeadura na cultura do feijoeiro, e as mesmas não afetaram significativamente os testes de avaliação da qualidade fisiológica das sementes, massa seca de plântulas, primeira contagem e germinação total das sementes. Fato que pode ser explicado pela resposta típica de plantas em situações de baixa disponibilidade de nutrientes no solo, que é a redução na quantidade de sementes produzidas sem prejudicar a viabilidade e o vigor das mesmas, estratégia essa adotada visando garantir descendentes.

O feijoeiro, cultivares Carioca Precoce e IAC Carioca Tybatã, também não teve sua primeira contagem e germinação total afetada em função da aplicação de 0, 90 e 150 kg de P_2O_5 no sulco de semeadura, em estudo de Salum *et al.* (2008). Oliveira *et al.* (2014) testaram a influência do fósforo em diferentes cultivares de feijão comum, e concluíram que o incremento de fósforo não resultou em melhoria na qualidade fisiológica das sementes produzidas da maior parte dos genótipos. Bassan *et al.* (2001) testaram a influência da aplicação de nitrogênio na qualidade fisiológica de sementes de feijão e o mesmo não afetou significativamente a germinação das sementes.

O teste de condutividade elétrica baseia-se na premissa de que o vigor está diretamente relacionado com a integridade do sistema de membranas celulares. As sementes menos vigorosas apresentam maior dificuldade no restabelecimento da integridade das membranas celulares durante a hidratação e por consequência, liberam maiores quantidades de solutos citoplasmáticos para o meio líquido (SILVA *et al.*, 2014). Salum *et al.* (2008) em estudo com aplicação de 0, 90 e 150 kg de P_2O_5 no sulco de semeadura não encontraram diferenças significativas no valor de condutividade elétrica entre os tratamentos. O resultado encontrado por Zucareli *et al.* (2006), quando os autores testaram diferentes doses de fósforo (0, 30, 60, 90, 120 e 150kg ha^{-1} de P_2O_5) aplicadas no feijoeiro comum cultivar IAC Carioca, evidenciou menor valor de condutividade elétrica na ausência de aplicação de P no solo.

A variável comprimento de plântulas mostrou diferenças significativas entre os tratamentos com diferentes fontes de fertilizantes (Figura 2). Os tratamentos testemunha, adubação mineral, biofertilizante, pó de rocha + biofertilizante e mineral + pó de rocha + biofertilizante obtiveram as melhores médias, enquanto o tratamento mineral + biofertilizante mostrou as menores.



Tratamentos: T1 (testemunha - controle); T2 (150 kg/ha de fertilizante mineral); T3 (4 ton/ha de fertilizante pó de rocha); T4 (120 litros/ha de biofertilizante); T5 (150 kg/ha de fertilizante mineral + 120 litros/ha de biofertilizante); T6 (4 ton/ha de fertilizante pó de rocha + 120 litros/ha de biofertilizante); T7 (150 kg/ha de fertilizante mineral + 4 ton/ha de fertilizante pó de rocha + 120 litros/ha de biofertilizante). *Treatments: T1 (control); T2 (150 kg/ha of mineral fertilizer); T3 (4 ton/ha of rock powder fertilizer); T4 (120 liters/ha of biofertilizer); T5 (150 kg/ha of mineral fertilizer + 120 liters/ha of biofertilizer); T6 (4 ton/ha of rock powder fertilizer + 120 liters/ha of biofertilizer); T7 (150 kg/ha of mineral fertilizer + 4 ton/ha of rock powder fertilizer + 120 liters/ha of biofertilizer).*

Figura 2. Comprimento de plântulas de feijoeiro em função da aplicação de diferentes fontes de fertilizantes. Ipameri-GO. *Bean seedling length as a function of the application of different sources of fertilizers. Ipameri - GO.*

Fonte: Autoria própria. *Own authorship.*

Segundo Nakagawa (1999), a determinação do comprimento médio das plântulas normais é uma variável de extrema relevância, tendo em vista que as amostras que expressam os maiores valores são mais vigorosas. Esse fato acontece devido a sementes mais vigorosas originarem plântulas com maior taxa de crescimento, em função da maior translocação das reservas dos tecidos de armazenamento para o crescimento do eixo embrionário (DAN *et al.*, 1987).

Toledo *et al.* (2011) verificaram influência do potássio na cultura da soja, ao constatarem efeito significativo da aplicação de diferentes fontes do nutriente (KCl - 58% de K_2O , fertilizante obtido de rochas alcalinas - 11% de K_2O e fonolito moído - 8,42% de K_2O) em quatro doses crescentes (0, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹) sobre a variável comprimento de plântulas, e os estudos revelaram efeito das doses de K_2O independentemente da fonte. Andrade *et al.* (1999) não observaram efeito da adubação nitrogenada sobre a qualidade fisiológica das sementes de feijoeiro, pelos testes de comprimento da radícula e do hipocótilo.

Apesar da influência das fontes de fertilizantes sobre as variáveis massa de cem grãos e comprimento de plântulas, são necessários estudos complementares para o melhor

entendimento dos resultados. Entretanto, a similaridade dos resultados entre os tratamentos aponta para uma possível substituição da fonte de alguns fertilizantes, sobretudo o tradicional adubo mineral.

CONCLUSÃO

A aplicação de diferentes fontes de fertilizantes não altera significativamente os principais componentes de produção, a produtividade e a qualidade de sementes na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado que possibilitou a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Realidade versus sustentabilidade na produção do feijoeiro comum. *In*: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. Cap. 1, p. 23-33.

ALOVISI, A. M. T.; TAQUES, M. M.; ALOVISI, A. A.; TOKURA, L. K.; SILVA, R. S.; PIESANTI, G. H. L. M. Alterações nos atributos químicos do solo com aplicação de pó de basalto. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 6, n. 5, p.69-79, 2017.

AMARAL, C. B. D.; PINTO, C. C.; FLÔRES, J. D. A.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Produtividade e qualidade do feijoeiro cultivado sobre palhadas de gramíneas e adubado com nitrogênio em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p.1602-1609, 2016.

ANDRADE, W. D. B.; SOUZA-FILHO, B. D.; FERNANDES, G. M. B.; SANTOS, J. D. **Avaliação da produtividade e da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro submetidas à adubação NPK**. Niterói: Pesagro-Rio, 1999. 5 p. (Comunicado técnico, 248).

BASSAN, D. A. Z.; ARF, O.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M. A. C.; SANTOS, N. C. B.; SÁ, M. D.; GUERREIRO NETO, G. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 1, p.76-83, 2001.

BELLINI, G.; SCHMIDT FILHO, E.; MORESKI, H. M. Influência da aplicação de um fertilizante biológico sobre alguns atributos físicos e químicos de solo de uma área cultivada com arroz (*Oriza sativa*). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 6, n. 2, p.325-336, 2013.

BERTOLDO, J. G.; PELISSER, A.; SILVA, R. P. D.; FAVRETO, R.; OLIVEIRA, L. A. D. D. Alternativas na fertilização de feijão visando a reduzir a aplicação de N-ureia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 3, p.348-355, 2015.

BLANCO, F. F.; CARDOSO, M. J.; FREIRE FILHO, F. R.; VELOSO, M. E. D. C.; NOGUEIRA, C. C. P.; DIAS, N. D. S. Milho verde e feijão-caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 5, p.524-530, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análises de Sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, Boa vista, v. 8, n. 16, p.40-55, 2014.

CHAVES, M. O.; BASSINELLO, P. Z. **O feijão na alimentação humana**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/123450/1/p15.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2018/2019: 5º levantamento**: fevereiro de 2019. Brasília, DF: CONAB, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 06 mar. 2019.

DAN, E. L.; MELLO, V. D. C.; WETZEL, C. T.; POPINIGIS, F.; ZONTA, E. P. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 9, n. 3, p.45-55, 1987.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **BRS Estilo Feijão Carioca**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento / EMBRAPA Arroz e Feijão, 2010. 2 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; PELÚZIO, J. M.; GALVÃO, J. C. C. Classificação de populações de milho quanto à eficiência e resposta ao uso de fósforo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p.241-246, 2010.

GUIMARÃES, R. A. M.; BRAZ, A. J. B. P.; SIMON, G. A.; FERREIRA, C. J. B.; BRAZ, G. B. P.; SILVEIRA, P. M. Resposta de cultivares de feijoeiro a adubação nitrogenada em diferentes estádios fenológicos. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 10, n. 1, p.136-148, 2017.

HIOLANDA, R.; MACHADO, D. H.; CANDIDO, W. J.; FARIA, L. C. D.; DALCHIAVON, F. C. Desempenho de genótipos de feijão carioca no Cerrado Central do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 3, p.241-250, 2018.

KIKUTI, H.; ANDRADE, M. J.; KIKUTI, A. L. P.; PEREIRA, C. E. Qualidade de sementes de genótipos de feijão em função da adubação. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 1, p.37-43, 2006.

MAMBRIN, R. B.; RIBEIRO, N. D.; HENNING, L. M. M.; HENNING, F. A.; BARKERT, K. A. Seleção de linhagens de feijão com base no padrão e na qualidade de sementes. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p.147-156, 2015.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013**. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrode2013.pdf. Acesso em 18 abr. 2021.

MARGARET, N.; TENYWA, J. S.; OTABBONG, E.; MUBIRU, D. N.; ALI, T. Development of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production under low soil phosphorus and drought in Sub-Saharan Africa: a review. **Journal of Sustainable Development**, Ontario, v. 7, n. 5, p.128-139, 2014.

MARROCOS, S. D. T. P.; NOVO JÚNIOR, J.; GRANGEIRO, L. C.; ANBRÓSIO, M. M. Q.; CUNHA, A. P. A. Composição química e microbiológica de biofertilizantes em diferentes tempos de decomposição. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 4, p.34-43, 2012.

MEDINA, G.; RIBEIRO, G. G.; BRASIL, E. M. Participação do capital brasileiro na cadeia produtiva da soja: lições para o futuro do agronegócio nacional. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 13, n. 1, 2 e 3, p.3-38, 2016.

MICROGEO. **Manual Técnico - Microgeo®**. Disponível em: https://microgeo.com.br/site/front/img/manual_tecnico.pdf. Acesso em: 10 abr. 2021.

MOURA, M. M.; CARNEIRO, P. C. S.; CARNEIRO, J. E. S.; CRUZ, C. D. Potencial de caracteres na avaliação da arquitetura de plantas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 4, p.417-425, 2013.

NAIVERTH, L. E.; SIMONETTI, A. P. M. M. Incidência de pragas e produtividade da cultura do feijão submetida a adubação foliar com silício. **Revista Thêma et Scientia**, Cascavel, v. 5, n. 1, p.167-173, 2015.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. *In*: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. Cap. 2, p.49-85.

OLIVEIRA, A. C. S.; MARTINS, G. N.; SILVA, R. F.; VIEIRA, H. D. Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **InterSciencePlace**, Campos dos Goytacazes, v. 1, n. 4, p.1-21, 2009.

OLIVEIRA, G. A.; ARAÚJO, W. F.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M.; FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p.872-882, 2011.

OLIVEIRA, S. R. S.; NOVENBRE, A. D. L. C. Teste de condutividade elétrica para as sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 1, p.31-36, 2005.

OLIVEIRA, T. C.; SILVA, J.; SALGADO, F. H. M.; SOUSA, S. A.; FIDELIS, R. R. Eficiência e resposta à aplicação de fósforo em feijão comum em solos de Cerrado. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 1, p.16-24, 2012.

OLIVEIRA, T. C.; SILVA, J.; SALGADO, F. H. M.; BARROS, H. B.; FIDELIS, R. R. Influência do fósforo na qualidade fisiológica de sementes de feijão comum armazenadas sob condições naturais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p.303-310, 2014.

PEREIRA, L. B.; ARF, O.; SANTOS, N. C. B.; OLIVEIRA, A. E. Z.; KOMURO, L. K. Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 1, p.29-38, 2015.

PESSOA, A. C. S.; KELLING, C. R. S.; POZZEBON, E. J.; KÖNIG, O. Concentração e acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo feijoeiro cultivado sob diferentes níveis de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p.69-74, 1996.

SALUM, J. D.; ZUCARELI, C.; GAZOLA, E.; NAKAGAWA, J. Características químicas e fisiológicas de sementes de feijão em função do teor de fósforo na semente e doses de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p.140-149, 2008.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, J.B.; VENCOSKY, R. Controle genético de alguns componentes do porte da planta em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 9, p.957-963, 1986.

SILVA, A.; ALMEIDA, J. A.; SCHMITT, C.; AMARANTE, C. V. Fertilidade do solo e desenvolvimento de feijão comum em resposta adubação com pó de basalto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 4, p.548-554, 2012.

SILVA, A. J. D.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; LIMA, A. C. S.; SANTOS, C. S. V.; OLIVEIRA, J. M. F.; MELO, V. F. Resposta do feijão-caupi à doses e formas de aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo do Estado de Roraima. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 1, p.31-36, 2010.

SILVA, H. T. **Descritores mínimos indicados para caracterizar cultivares/variedades de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 32 p.

SILVA, V. N.; ZAMBIASI, C. A.; TILLMANN, M. A. A.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Condução do teste de condutividade elétrica utilizando partes de sementes de feijão. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 37, n. 2, p.206-213, 2014.

SIMIDU, H. M.; SÁ, M. E.; SOUZA, L. C. D.; ABRANTES, F. D. L.; SILVA, M. P.; ARF, O. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região de cerrado. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 32, n. 2, p.309-315, 2010.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Técnica, 2004. 416 p.

TOLEDO, M. Z.; CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Physiological quality of soybean and wheat seeds produced with alternative potassium sources. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 2, p.363-371, 2011.

TURUKO, M.; MOHAMMED, A. Effect of different phosphorus fertilizer rates on growth, dry matter yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **World Journal of Agricultural Research**, Newark, v. 2, n. 3, p.88-92, 2014.

VALE, N. M.; BARILI, L. D.; ROZZETO, D. S.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; KÖOP, M. M. Avaliação para tolerância ao estresse hídrico em feijão. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 25, n. 3, p.135-144, 2012.

VIANA, T. O.; VIEIRA, N. M. B.; MOREIRA, G. B. L.; BATISTA, R. O.; CARVALHO, S. J. P.; RODRIGUES, H. F. F. Adubação do feijoeiro cultivado no norte de Minas Gerais com nitrogênio e fósforo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 1, p.115-120, 2011.

VILHORDO, B. W. Morfologia. In: ARAUJO, R.S. (Coord). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. Cap. 4, p.71-99.

ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; WERNER, F.; RAMOS, E. U.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 8, p.803-809, 2015.

ZUCARELI, C.; PRANDO, A. M.; RAMOS JUNIOR, E. U.; 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.

ZUCARELI, C.; RAMOS JUNIOR, E. U.; BARREIRO, A. P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 1, p.9-15, 2006.