

PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-COMUM FERTIRRIGADO COM ZINCO E BORO EM LATOSSOLO VERMELHO DE CERRADO

Wilker Alves Morais¹, Carlos Henrique Freitas da Silva², Frederico Antonio Loureiro Soares³, Marconi Batista Teixeira⁴, Nelmício Furtado da Silva⁵, Wendson Soares da Silva Cavalcante⁶

RESUMO

O cultivo do feijão encontra-se em plena expansão no Brasil, abrangendo áreas consideradas marginais, em especial no que diz respeito à fertilidade natural do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar os componentes do rendimento do feijão-comum fertirrigado com zinco e boro. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas 5 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em cinco doses de zinco (0, 5, 10, 15 e 20 kg ha⁻¹); e dois níveis de adubação com boro (Com e Sem Boro). A fertirrigação com zinco foi efetuada no estágio fenológico V4 do feijão e com o boro no momento do florescimento (R5). Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar BRS Estilo. Na colheita, foram mensuradas as características produtivas do feijão-comum: número de vagens por planta, número de grãos, número de grãos por vagem, massa de grãos, produtividade de grãos e número de sacas por hectare. Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F (p<0,05), e em casos de significância, foi realizada a análise de regressão para as doses de zinco e o teste de média Tukey (p<0,05) para o fator boro, utilizando o software estatístico SISVAR[®]. O aumento das doses de zinco associadas com a adição de boro proporcionou aumento linear nas variáveis de massa de grãos, produtividade e sacas por hectares.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, agricultura irrigada, fertilidade do solo

¹ Pós-Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil, Fone: (64) 3620-5600, E-mail: wilker.alves.morais@gmail.com.

² Graduando em Agronomia, Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil, Fone: (64) 3620-5600, E-mail: carloshenriquefreitas1307@gmail.com.

³ Professor, Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil, Fone: (64) 3620-5600, E-mail: frederico.soares@ifgoiano.edu.br.

⁴ Professor, Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil, Fone: (64) 3620-5600, E-mail: marconibt@gmail.com.

⁵ Pós-Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil, Fone: (64) 3620-5600, E-mail: nelmiciofurtado@gmail.com.

⁶ Graduando em Agronomia, UniBras, campus Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil, Fone: (64) 3624-2632, E-mail: wendsonbfsoarescv@gmail.com.

PRODUCTIVITY OF THE COMMON BEAN FERTIRRIGATED WITH ZINC AND BORON IN A CERRADO RED LATOSOL

ABSTRACT

The cultivation of beans is in full expansion in Brazil, covering areas considered marginal, especially with regard to the natural fertility of the soil. The aim of the study was to evaluate the yield components of common beans fertigated with zinc and boron. The experimental design used was in randomized blocks, analyzed in a 5 x 2 subdivided plot, with four replications. The treatments consisted of five doses of zinc (0, 5, 10, 15 and 20 kg ha⁻¹); and two levels of boron fertilization (with and without boron). Fertigation with zinc was carried out at the phenological stage V4 of beans and with boron at the time of flowering (R5). Bean seeds from the cultivar BRS Estilo were used. At harvest, common bean production characteristics were measured: number of pods per plant, number of grains, number of grains per pod, grain mass, grain yield and number of bags per hectare. The data were analyzed by analyzing the variance using the F test ($p < 0.05$), and in cases of significance, a regression analysis was performed for the zinc doses and the Tukey average test ($p < 0.05$) for the boron factor, using the SISVAR® statistical software. The increase in zinc doses associated with the addition of boron provided a linear increase in the variables of grain mass, productivity and bags per hectare.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, irrigated agriculture, soil fertility

INTRODUÇÃO

Devido ao grande crescimento populacional, se faz necessário o uso de tecnologias sustentáveis para suprir a necessidade de maior demanda de alimentos para sociedade. Uma dessas tecnologias difundida atualmente é a fertirrigação.

A fertirrigação é uma técnica de aplicação em conjunto de fertilizantes com a água ao solo via sistema de irrigação. Sendo considerada uma forma eficaz para promover o crescimento e desenvolvimento das plantas, no sistema de fertirrigação os nutrientes aplicados ficam prontamente disponíveis para as plantas. Esta técnica é considerada altamente eficiente, devido a mistura de nutrientes com a água de irrigação aliadas a luz solar serem fatores essenciais para o desenvolvimento e produção das culturas, como por exemplo, o feijão comum (SILVA et al., 2015).

De maneira geral, nos diferentes ambientes agrícolas, a produtividade do feijão tem sido limitada, principalmente, por restrições hídricas e pela disponibilidade de nutrientes nos solos, em especial o nitrogênio e potássio. As cultivares de feijão atualmente

plantados no país mostram-se potencialmente mais produtivos do que os de algumas décadas passadas, apresentando necessidades nutricionais alteradas em relação às avaliações feitas há mais de 30 anos e que se constituem, ainda hoje, a base para a elaboração de recomendações de adubações da cultura (OLIVEIRA et al., 2018).

Ao mesmo tempo, a expansão da cultura do feijão no Brasil, geralmente para solos de baixa fertilidade natural, é de fundamental importância manter um nível adequado de nutrientes no solo para sustentar produções econômicas. Estes fatos apontam para a necessidade de reavaliações das exigências nutricionais do feijão plantado na atualidade, assim como de doses de nutrientes nas adubações do feijão. Tais fatos, também são importantes devido à intensificação da utilização de novas tecnologias como o da irrigação e da fertirrigação com vinhaça que ao mesmo tempo, ameniza o problema do déficit hídrico e da deficiência nutricional (OLIVEIRA et al., 2018).

O feijão comum ou Carioca (*Phaseolus vulgaris*. var. BRS Estilo) é pertencente à família das Fabaceae, e possui a arquitetura de planta ereta, adaptada à colheita mecânica

PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-COMUM FERTIRRIGADO COM ZINCO E BORO EM LATOSSOLO VERMELHO DE CERRADO

direta, alto potencial produtivo e estabilidade de produção. Esta variedade é moderadamente resistente à antracnose e a ferrugem. Possui um ciclo reprodutivo de 85 a 95 dias podendo ser plantados em três épocas diferentes, primeira época safra das “águas”, segunda época safra da “seca” e terceira época a safra de “inverno” (EMBRAPA, 2017).

Em virtude do feijão fazer parte da culinária básica brasileira, esta leguminosa possui grande importância econômica. Moraes e Menelau (2017), destacam que no geral os grupos de alimentos consumidos em maior quantidade, independentemente do local de consumo, foram feijão e outras leguminosas e arroz, mostrando predominância dos hábitos alimentares tradicionais no Brasil.

O grão, típico da culinária do país, é fonte de proteína vegetal, vitaminas do complexo B e sais minerais, ferro, cálcio e fósforo o que o torna um dos principais alimentos da culinária brasileira (GANESAN; XU, 2017).

Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar os componentes do rendimento do feijão-comum fertirrigado com zinco e boro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo, na área experimental do

Instituto Federal Goiano – campus Rio Verde - GO.

As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro a maio, e com seca nos meses de junho a setembro.

A temperatura média anual possui pequena variação sazonal, apresentando média de 23,8°C, concentrando os maiores valores no mês de outubro, com 24,5°C, e os menores valores no mês de julho, com 20,8°C.

A precipitação pluvial média anual varia entre 1430 e 1650 mm, concentrados de outubro a maio, ocasião em que são registradas mais de 80% do total das chuvas e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), típico, textura média, fase cerrado (SANTOS et al., 2018).

Antes da instalação do experimento, foram realizadas amostragens do solo (Tabela 1), nas camadas de 0,00 a 0,20 m, para a caracterização química (pH (CaCl₂), pH (H₂O), N total, matéria orgânica, P (mehlich), Ca, Mg, K, H+Al; S, B, Cu, Fe, Mn e Zn), que foram analisadas, conforme metodologia descrita por Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico, na camada de 0,00–0,20 m de profundidade.

Prof. (cm)	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H+Al	K	K	S	P	CaCl ₂
	----- cmol _c dm ⁻³ -----						----- mg dm ⁻³ -----			pH
0-20	4,3	1,2	5,5	0,00	2,5	0,17	67	9,9	55,3	5,6
Prof. (cm)	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	CTC ^a	SB ^b	V% ^c	m% ^d
	----- Micronutrientes (mg dm ⁻³) -----						cmol _c dm ⁻³		Sat. B ^f	Sat. Al
0-20	0,0	19,9	9,3	2,95	1,65	0,06	8,2	5,7	69,1	0,00
Prof. (cm)	Textura (g kg ⁻¹)			M.O. ^e	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC
	Argila	Silte	Areia	g dm ⁻³		----- Relação entre bases -----				
0-20	502	49	449	27,6	3,6	25,3	7,1	0,5	0,2	0,02

P (Fósforo) = Mehlich 1, K (Potássio), Na (Sódio), Cu (Cobre), Fe (Ferro), Mn (Manganês) e Zn (Zinco) = Melich 1; Ca (Cálcio), Mg (magnésio), e Al (Alumínio) = KCl 1 mol.L⁻¹; S (Enxofre) = Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol.L⁻¹; M.O. = Método colorimétrico; B (Boro) = água quente.

^aCapacidade de troca catiônica; ^bsoma de bases; ^csaturação de bases; ^dsaturação de alumínio; ^eMatéria orgânica, ^fSat. B: Saturação das bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas sub-divididas 5 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em cinco doses de zinco (0, 5, 10, 15 e 20 kg ha⁻¹); e dois níveis de adubação com boro (Com e Sem Boro). A fertirrigação com zinco foi efetuado no estágio fenológico V4 do feijão e com o boro no momento do florescimento (R5), de acordo com os tratamentos (SOUSA; LOBATO, 2004). A fertirrigação foi realizada de forma manual.

A semente de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é da cultivar BRS ESTILO (ciclo de 92 dias).

A adubação nitrogenada na forma de ureia foi parcelada em dois momentos, no sulco de plantio e em cobertura aplicados aos 20 e 35 dias após a emergência (DAE). Todos os tratamentos foram adubados no sulco de plantio com fósforo (P₂O₅) na forma de superfosfato triplo, e micronutrientes, conforme resultados das análises de solo e segundo recomendações de Sousa e Lobato (2004).

As parcelas experimentais, foram constituídas 6 m x 3,15 m, cada parcela continha 7 linhas de feijão no espaçamento de 0,45 m entre linhas e densidade de plantio com 12 a 15 sementes por metro, de modo a obter um estande final segundo recomendado para a cultivar. Sendo as duas linhas de feijão externas da parcela considerada bordadura.

A semeadura ocorreu no dia 01 de abril de 2020. O processo foi de forma mecanizada e a adubação de base foi efetuada para todos os tratamentos, utilizando-se a dose de 300 kg ha⁻¹ do formulado 04:14:08 (N-P-K).

No momento da colheita, foram mensuradas as características produtivas do feijão-comum: número de vagens por planta (NVP), número de grãos (NG), número de grãos por vagem (NGV), massa de grãos (MG), através da pesagem das sementes em uma balança analítica, produtividade de grãos (PROD) e número de sacas por hectare (SCHA).

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F (p<0,05), e em casos de significância, foi realizado a análise de regressão para as doses de zinco e o teste de média Tukey (p<0,05) para o fator boro, utilizando o software estatístico SISVAR[®] (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a análise de variância apresentada na Tabela 2, ocorreu efeito significativo da interação entre as doses de zinco e a fertirrigação com boro na cultura do feijão, para as variáveis número de vagens por planta (NVP), massa de grãos (MG), produtividade de grãos (PROD) e número de sacas por hectare (SCHA).

Tabela 2. Análise de variância do número de vagens por planta (NVP), número de grãos (NG), número de grãos por vagem (NGV), massa de grãos (MG), produtividade de grãos (PROD) e número de sacas por hectare (SCHA) do feijão-comum, em função da fertirrigação com zinco e boro, Rio Verde – GO, 2020.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio					
		NVP	NG	NGV	MG	PROD	SCHA
Dose de zinco (DZN)	4	8,27 ^{ns}	213,56 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,01 ^{ns}	156532,71 ^{ns}	43,45 ^{ns}
Boro (B)	1	10,92 ^{ns}	763,07 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,01 ^{ns}	218946,83 ^{ns}	60,83 ^{ns}
Interação DZN x B	4	16,51 ^{**}	242,46 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,03 ^{**}	524406,50 ^{**}	145,67 ^{**}
Bloco	3	5,21 ^{ns}	36,19 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}	106649,98 ^{ns}	29,61 ^{ns}
Resíduo	27	5,42	187,77	0,18	0,01	82333,54	22,86
CV (%)		15,25	20,64	9,78	12,10	12,15	12,15

ns não significativo; ** e * significativo respectivamente a 1% e 5% de probabilidade segundo teste F.

PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-COMUM FERTIRRIGADO COM ZINCO E BORO EM LATOSSOLO VERMELHO DE CERRADO

Para o NVP, independente da dose de zinco utilizada, com ou sem a aplicação de boro houve diferença significativa, com médias de 15,87 e 14,66 vagens por planta, respectivamente (Figura 1A). Segundo Costa Júnior et al. (2015), altas doses de adubação á base de fósforo (como as que são necessárias empregar no cerrado) podem provocar falta de zinco. Ainda segundo o mesmo autor, a correção do pH do solo em solos do cerrado que é a operação chamada decalagem, faz diminuir a disponibilidade de zinco no solo. O

solo utilizado para este experimento possui $55,3 \text{ mg dm}^{-3}$ de fósforo e um pH de 5,6. Pode ser, que o fósforo do solo possa ter contribuído para não diferença significativa entre as doses de zinco. Quando utilizado o boro (B) na cultura do feijão, o aumento na dose de zinco (DZn) proporciona aumento na massa de grãos (MG), na ordem de $0,06 \text{ kg}$ (12,36%) a cada aumento de 5 kg ha^{-1} da DZn. Quando não foi efetuada a aplicação do B não há efeito das doses de zinco, em que o feijão produziu uma média de $0,54 \text{ kg}$ de MG (Figura 1B).

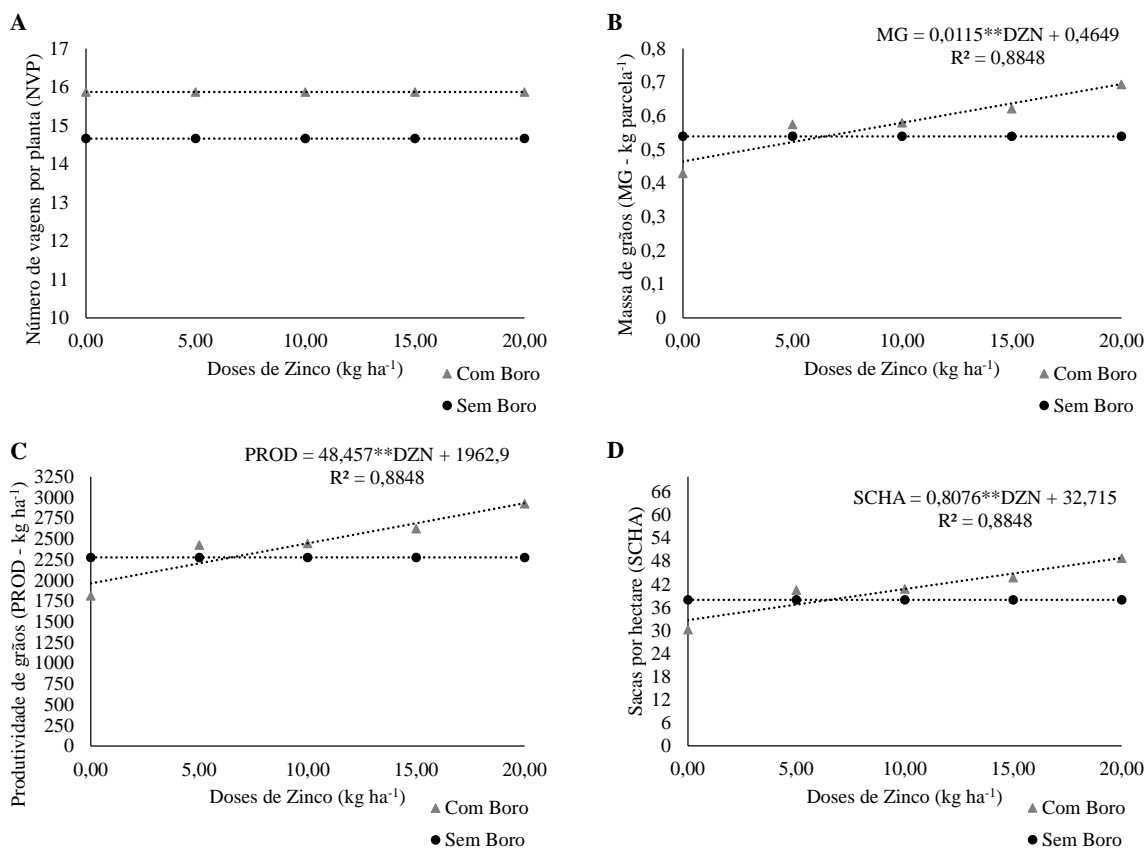


Figura 1. Número de vagens por planta (NVP - A), massa de grãos (MG - B), produtividade de grãos (PROD - C) e número de sacas por hectare (SCHA - D) do feijão-comum, em função da fertirrigação com zinco e boro, Rio Verde – GO, 2020.

Avaliando o rendimento de grãos de *Phaseolus vulgaris* em função da aplicação de boro no solo, Flores et al. (2018) verificaram que o boro proporcionou maior produtividade do feijão, onde a fonte mais solúvel (ácido bórico) promoveu a maior absorção de B pela cultura. Nesse sentido, El-Dahshouri et al. (2017) também verificaram maior produtividade do feijão em reposta da aplicação de boro.

Quando utilizado o boro (B) na cultura do feijão, o aumento na dose de zinco (DZn) proporciona aumento na produtividade de grãos (PROD) e no número de sacas por hectare (SCHA), na ordem de $242,29 \text{ kg ha}^{-1}$ (12,35%) e $4,03 \text{ sc ha}^{-1}$ (12,35%) a cada aumento de 5 kg ha^{-1} da DZn. Quando não foi efetuada a aplicação do B não há efeito das doses de zinco, em que o feijão produziu uma média de $2276,62 \text{ kg ha}^{-1}$ e $37,94 \text{ sc ha}^{-1}$

(Figura 1C e 1D). Isso pode ter ocorrido devido o zinco potencializar a produção da auxina (hormônio de crescimento) e o boro ser responsável pelo desenvolvimento de raízes e transporte de açúcares (TAIZ et al., 2017). A sinergia entre os elementos pode ter influenciado nesses resultados.

Portanto, observa-se efeito positivo da utilização do boro, em que, quando utilizado, potencializa o efeito da utilização do zinco, em que, nesta condição, a dose de 20 kg ha⁻¹ apresentou a maior MG, PROD e SCHA do feijão-comum, na ordem de 0,69 kg, 2926 kg ha⁻¹ e 48,77 sc ha⁻¹. Isso pode ser devido ao sinergismo entre tais elementos.

Avaliando a nutrição foliar com zinco no feijão comum, Salama et al. (2019) verificaram que o aumento da dosagem do zinco (30 ppm) aumenta a produtividade do feijoeiro.

Há efeito significativo positivo da utilização do boro na cultura do feijão-comum, quando na dose de 10 kg ha⁻¹ de Zn para o NVP, em que a planta de feijão-comum produziu 25,28% mais vagens. Nas doses de 15 e 20 kg ha⁻¹, quando aplicado o boro em R5 no feijão-comum, houve um aumento de 25,80% e 23,18% na MG, 26,48% e 23,32% na PROD e, 26,48% e 23,32% no SCHA, respectivamente.

Ambrosano et al. (1996) relatam que ocorre aumento na produtividade de grãos de feijão-comum, cultivado no sistema irrigado, quando adicionado na adubação fertilizantes que contenham micronutrientes, entre eles, estão o boro e o zinco. Jamal et al. (2018) verificaram que com a aplicação de taxa de 10 kg ha⁻¹ de Zn aumentaram significativamente os rendimentos dos grãos de feijão comum.

Segundo Gonçalves et al. (2019) apesar de requeridos em menores quantidades, os micronutrientes são extremamente importantes no desenvolvimento de plantas cultivadas, visto que o déficit de um micronutriente pode causar a deficiência de outros nutrientes em função do desarranjo metabólico. Sendo que, nos solos cultivados brasileiros, as deficiências de micronutrientes comumente encontradas são de boro e zinco (TOMICIOLI et al., 2021; GALINDO et al., 2018).

CONCLUSÕES

O aumento das doses de zinco associadas com a adição de boro proporcionou aumento linear nas variáveis de massa de grãos, produtividade e sacas por hectares.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos colaboradores do laboratório de hidráulica e irrigação e ao grupo de pesquisa AGRICE (Agricultura Irrigada em Área de Cerrado). Os autores também agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, pelo apoio financeiro e estrutural para a condução deste estudo.

REFERÊNCIAS

- AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; AMBROSANO, G. M. B.; BULISANI, E. A.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A. L. M.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; SORDI, G. Resposta da aplicação de micronutrientes no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agricola**. v. 53 n. 2-3, 1996. <https://doi.org/10.1590/S010390161996000200014>.
- COSTA JÚNIOR, J. A. da; SILVA, M. C. da; OLIVEIRA, I. P. de; COSTA, F. R. da; LIMA JÚNIOR, A. F. de. Respostas de aplicações de diferentes doses de zinco na cultura do arroz em solos do cerrado. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos (FMB)**, v. 8, n. 5, p. 59-139, 2015.
- EL-DAHSHOURI, M. F.; HAMOUDA, H. A.; ANANY, T. G. Improving seed production of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants as a response for Calcium and Boron. **Agricultural Engineering International:**

PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-COMUM FERTIRRIGADO COM ZINCO E BORO EM
LATOSSOLO VERMELHO DE CERRADO

CIGR Journal, ed. especial, p. 211-219, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Catálogo de cultivares de feijão comum**. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/154713/1/catalogoFeijao-safra2016-2017-web1.pdf>. Acesso em: 25 de jan. 2021.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

FLORES, R. A.; RODRIGUES, R. A.; CUNHA, P. P. da; DAMIN, V.; ARRUDA, E. M.; ABDALA, K. O.; DONEGÁ, M. C. Grain yield of *Phaseolus vulgaris* in a function of application of boron in soil. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 18, n. 1, p. 144-156, 2018. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162018005000701>.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, W. L.; BOLETA, E. H. M. Effects of Boron (B) doses and forms on boron use efficiency of wheat. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 9, p. 1536-1542, 2018.

GANESAN, K.; ZU, B. Polyphenol-Rich dry common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and their health benefits. **International Journal of Molecular Sciences**. n. 18, v. 11, 2017. <https://doi.org/10.3390/ijms18112331>.

GONÇALVES, A. S. F.; OLIVEIRA NETO, S. S. de; MACHADO, G. G. Uso de micronutrientes na agricultura: efeitos e aplicações. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 3, n.3, p. 1-4, 2019. <https://doi.org/10.29372/rab201912>.

JAMAL, A.; KHAN, M. I., TARIQ, M.; FAWAD, M. Response of mung bean crop to

different levels of applied iron and zinc. **Journal of Horticulture and Plant Research**, v. 3, p. 13-22, 2018. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/JHPR.3.13>.

MORAES, E. S.; MENELAU, A. S. Análise do mercado de feijão comum. **Revista Política Agrícola**, v.26, n. 1, p. 81-92, 2017.

OLIVEIRA, M. G. C.; OLIVEIRA, L. F. C. de; WENDLAND, A.; GUIMARÃES, C. M.; QUINTELA, E. D. BARBOSA, F. R.; CARVALHO, M. C. S.; LOBO JÚNIOR, M.; SILVEIRA, P. M. da. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SALAMA, D. M.; OSMAN, S. A.; EL-AZIZ, M. E. A.; ELWAHED, M. S. A. A.; SHAABANE, E. A. Effect of zinc oxide nanoparticles on the growth, genomic DNA, production and the quality of common dry bean (*Phaseolus vulgaris*). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 18, p. 1-11, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101083>.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 5 ed. ver. amp., 2018.

SILVA, A. O., KLAR, A. E. E SILVA, E. F. F. Manejo da fertirrigação e salinidade do solo no crescimento da cultura da beterraba. **Engenharia Agrícola**, v.35, n. 2, p. 230-241. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agríc.v35n2p230-241/2015>.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 6. ed., 2017.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA G. K.; WENCESLAU, A. F.; TEIXEIRA, G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3.

ed. Rio de Janeiro: Embrapa solo, 573 p. 2017.

TOMICIOLI, R. M.; LEAL, F. T.; COELHO, A. P. Limitação da produtividade pela deficiência de boro nas culturas da soja, milho, feijão e café. **South American Sciences**, v. 2, n. 1, p. 1-24, 2021.