

APLICAÇÃO DE BORO EM FEIJOEIRO E ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO

BORON APPLICATION IN BEAN AND MICROBIOLOGICAL ASPECTS OF SOIL

LAYS FABIANA DOS SANTOS COSTA

Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia / GO
lays.fabiana@yahoo.com.br

ANANDA HELENA NUNES CUNHA

Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia / GO
analena23@gmail.com

EVALDO DE MELO FERREIRA

Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia / GO
evaldodemeloferreira@gmail.com

ELIANA PAULA FERNANDES BRASIL

Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia / GO
elianafernandesufg@gmail.com

ENDERSON PETRÔNIO DE BRITO FERREIRA

Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás / GO
enderson.ferreira@embrapa.br

Resumo: O feijoeiro é exigente em nutrientes em decorrência do seu sistema radicular reduzido e pouco profundo. O boro é um elemento essencial para o desenvolvimento participando de várias reações biológicas e sua ausência pode provocar grandes perdas de produtividade. Desta forma, o objetivo do trabalho foi verificar o efeito da aplicação de diferentes doses de boro, via foliar, em três estádios fenológicos de desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e também as características microbiológicas do solo de acordo com essas dosagens. O trabalho foi realizado entre outubro/2013 e janeiro/2014, na Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, em Anápolis, Goiás. O boro foi aplicado via foliar, em três estádios fenológicos do feijão: V2 (7 dias após a emergência - DAE), R5 (42 DAE) e R7 (63 DAE). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com doses: 0, 100, 200, 300 e 400 g ha⁻¹ de boro; com 3 repetições, cada tratamento com 1 vaso com 2 plantas cada (total 15 vasos e 30 plantas). Foram coletadas nos estádios V2 e R7 para os tratamentos T1, T3 e T5 amostras de solo na camada de 0-0,10 m para a realização de análises microbiológicas de nitrogênio e carbono da biomassa microbiana, atividade enzimática total e respiração basal do solo. Após a colheita foram analisados medida de crescimento das plantas (Comp); volume das raízes (Vol); nº de grãos/vagens (ngrão); nº de vagens/planta (nvagem); massa fresca e massa seca da planta e produtividade. Os dados obtidos no trabalho foram submetidos à análise de variância através do teste F e teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de significância de 5%. Não houve diferença significativa entre os valores de: Comp, nvagem, ngrão, para as análises microbiológicas do estádio R7 e no estádio V2 para respiração basal do solo. Para a produtividade houve diferenças significativas entre os tratamentos. A produção na dosagem de 300 g ha⁻¹ de boro foi a maior com valor médio de 2.857,60 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: Qualidade do solo. Nutrição de plantas. Fertilidade do solo.

Abstract: The bean is demanding in nutrients due to its small and shallow root system. Boron is an essential element for the development involved in various biological reactions and their absence can cause significant yield losses. Thus, the objective of this study was to investigate the effect of different doses of boron foliar in three phenological development stages of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and also the microbiological characteristics of the soil in accordance with these dosages. The study was conducted between October 2013 and January 2014 in Exact Sciences and Technology University Colleges in Anápolis, Goiás. Boron was applied as foliar application at three phenological stages Bean: V2 (7 days after emergence - DAE), R5 (42 DAE) and R7 (63 DAE). The experimental design was completely randomized with doses: 0, 100, 200, 300 and 400 g ha⁻¹ of boron; with 3 replications per treatment with 1 pot with 2 plants each (total 15 vessels and 30 plants). Were collected at stages V2 and R7 for T1, T3 and T5 soil samples in the 0-0.10 m layer for performing microbiological analyzes of nitrogen and microbial biomass carbon, the total enzyme activity and soil basal respiration treatments. After harvesting measure of plant growth (Comp) were evaluated; root volume (Vol); number of grains/beans (ngrão); number of pods/plant (nvagem); Fresh and dry weight of plant and yield. The data obtained in the study were subjected to analysis of variance by F test and comparison of means (Tukey test) at a significance level of 5% test. There was no significant difference between the values of: Comp, nvagem, ngrão, for microbiological analyzes of the R7 stage and stage V2 for soil basal respiration. For productivity significant differences between treatments. Production at the dosage of 300 g ha⁻¹ of boron was the largest with an average of 2.857,60 kg ha⁻¹.

Key words: Soil quality. Plant nutrition. Soil fertility.

INTRODUÇÃO

A cultura do feijão é uma das mais importantes para a economia brasileira. O Brasil é considerado o maior produtor mundial de feijão com produção média anual de 3,5 milhões de toneladas (BRASIL, 2014). O consumo médio é 12,7 kg per capita/ano. Parte das cultivares de feijão apresenta em torno de 25% de proteína, que é rica no aminoácido essencial lisina, mas pobre nos aminoácidos sulfurados (EMBRAPA, 2014).

O feijão necessita durante seu ciclo do suprimento adequado de nutrientes (GALON et al., 1996). Para a produção de feijão diversos fatores são importantes. O conceito de produção se aplica genericamente a relação que caracteriza a resposta da cultura a determinado fator, tal como água, fertilizante e energia (MANTOVANI et al., 2010).

As plantas têm a capacidade de absorver nutrientes pelas folhas por isso as adubações foliares de um ou mais nutrientes são viáveis. Em se tratando dos micronutrientes, esses podem satisfazer a necessidade da planta por meio de pulverizações com pequenas quantidades de micronutrientes. A baixa mobilidade desses nutrientes faz com que sejam necessárias várias aplicações durante o ciclo, especialmente de boro. Essa prática pode ser aliada aos tratamentos fitossanitários da cultura do feijoeiro, tornando-a muito mais econômica e viável (AMBROSANO et al., 1996).

O pleno conhecimento e a facilidade na identificação dos estádios fenológicos mencionados, favorecem o estabelecimento de estratégias efetivas de manejo, objetivando a obtenção de

rendimentos satisfatórios e lucrativos. Os solos do Cerrado são, por exemplo, naturalmente ácidos, podendo as práticas de manejo interferir nos aspectos biológicos, sendo as práticas agrícolas de manejo e uso das terras, cada vez mais estudados como fatores adicionais de variabilidade (ARTUR et al., 2014).

Neste contexto, a adubação foliar é um método no qual se busca o equilíbrio na nutrição mineral, sendo utilizada para aplicar os micronutrientes na quantidade necessária, que é pequena, e também para evitar a adsorção de elementos metálicos, o que reduz a disponibilidade para as plantas (PERUCHI, 2009). A exigência nutricional das culturas, em geral, torna-se mais intensa com o início da fase reprodutiva.

Essa maior exigência deve-se ao fato dos nutrientes serem essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva. Portanto, a quantidade de boro (B) requerida para a formação da semente geralmente é maior do que a necessária para o crescimento vegetativo (SILVA et al., 2006).

A carência de boro é comum no Brasil, particularmente em solos arenosos e pobres em matéria orgânica (MALAVOLTA, 1980). A quantidade de boro requerida para a formação da semente, geralmente, é maior do que a necessária para o crescimento vegetativo (PERUCHI et al., 2005). Dessa forma, mesmo em situações na qual a cultura se encontra em solo com boas características físicas e químicas, podem ser obtidos aumentos na produtividade com a adubação foliar (ROSOLEM, 1987).

Aplicações foliares de boro são as mais carentes de experimentação, embora existam recomendações em caso de deficiência diagnosticada em campo, como bórax a 0,2%, solubor a 0,1% ou ácido bórico na concentração de 0,1 a 0,2% (PERUCHI, 2009). No sulco de semeadura, as recomendações são de 0,5 a 1,0 kg ha⁻¹ de B, na forma de bórax ou de boratos (OLIVEIRA et al., 1996). E existem recomendações de empresas de fertilizantes, mas os resultados obtidos não são conclusivos (ROSOLEM, 1996).

O B é um elemento essencial ao crescimento das plantas, participando de vários processos, como transporte de açúcares, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismos de RNA, respiração, metabolismo de AIA, metabolismos fenólicos, metabolismos de ascorbato, além de ter função na síntese da parede celular e integridade da membrana plasmática (REIS et al., 2008).

Por ser de baixa mobilidade no floema e se redistribuir pouco na planta, a deficiência nutricional do boro pode apresentar-se nos grãos mais jovens (PERUCHI et al., 2005). As vantagens da aplicação de B via foliar, com relação à cobertura, seria o melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas e respostas mais rápidas, podendo-se assim corrigir deficiências já presentes na cultura com maior eficiência do que em aplicação em cobertura.

Dessa forma, esse trabalho teve como objetivo verificar o efeito da aplicação de diferentes doses de boro via foliar em feijoeiros e também as características microbiológicas do solo de acordo com essas dosagens. Foram utilizados três estádios de desenvolvimento da cultivar BRS Pérola onde analisou-se as características agrônômicas, os componentes de produção e produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado entre outubro de 2013 e janeiro de 2014, em área experimental pertencente à Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Goiás (UnUCET/UEG), localizada no município de Anápolis (GO), situado no Campus Henrique Santillo, BR 153, nº 3.105, apresentando como coordenadas geográficas 16°20'34"S e 48°52'51"W, e com altitude aproximada de 997 m.

Segundo a classificação de Köppen, o município de Anápolis (GO) tem clima Aw, com características climáticas quentes, úmidas a semiárido, sendo o clima tropical sazonal, com regime pluvial bem definido, ou seja, período chuvoso de outubro a março e período seco de abril a setembro. O solo utilizado no experimento foi coletado na Embrapa Arroz e Feijão, localizado em Santo Antônio de Goiás. Esse foi analisado e é considerado de acordo com a classificação da EMBRAPA (2006) como Latossolo Vermelho, Distrófico típico argiloso.

As características químicas do solo foram determinadas antes da instalação da cultura em vasos, por meio de análise química realizada no Laboratório de Análise de solo e Foliar da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG). Os dados estão contidos na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo na camada de 0–0,20 m.

| P. Resina mg dm ⁻³ | M.O. % | pH CaCl ₂ | K mg dm ⁻³ | Ca | Mg | H+Al | CTC | V (%) |
|----------------------------------|-----------|-------------------------|--------------------------|------------------------|-----|------|-----|----------|
| | | | | cmolc dm ⁻³ | | | | |
| 3,2 | 2,1 | 4,7 | 55 | 1,8 | 0,7 | 3,9 | 6,5 | 40,4 |

Fonte: Autores, 2014.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de boro (0, 100, 200, 300 e 400 g ha⁻¹), utilizando como fonte o Bortrac®, o qual contém 10,9 % de B em três estádios de desenvolvimento, aplicados via foliar:

- V2 – folhas primárias (7 dias após a emergência - DAE);
- R5 – pré-floração (42 DAE);
- R7- formação das vagens (63 DAE).

A cultura do feijoeiro foi instalada em vasos, utilizando sementes da cultivar BRS Pérola. A adubação de semeadura foi realizada de acordo com a análise de solo visando obter altos níveis de

produtividade. O controle de plantas invasoras foi feita manualmente e a irrigação realizada com auxílio de um regador. A análise foliar foi realizada durante o florescimento, R6 – 49 DAE. Após a colheita foi analisado:

- Crescimento das plantas;
- Volume das raízes;
- Número de vagens/planta;
- Número de grãos/vagens;
- Massa fresca e massa seca da planta;
- Produtividade (calculada com base na colheita das vagens de todas as plantas as quais estavam senescidas, a massa seca dos grãos foi convertida para um hectare e expressa na umidade padrão de 130 g kg⁻¹).

Foram coletadas nos estádios V2 e R7 para os tratamentos T1, T3 e T5 amostras de solo na camada de 0-0,10 m para a realização de análises microbiológicas: a determinação do nitrogênio foi feita por colorimetria, segundo Keeney e Nelson (1982); o carbono (CBM) da biomassa microbiana, determinado pelo método da fumigação-extração proposto por VANCE et al. (1987); a atividade enzimática total (AET) foi determinada pelo método de diacetato de fluoresceína proposto por GHINI et al., (1998); a respiração basal do solo (RBS), determinada pela quantificação do CO₂ liberado durante a incubação do solo em sistema fechado (JENKINSON; POWLSON, 1976).

Os testes laboratoriais foram feitos na Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás. Os dados obtidos no trabalho foram submetidos à análise de variância através do teste F e teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados das características agronômicas, os componentes de produção e produtividade do feijoeiro de inverno cv. BRS Pérola.

Tabela 2. Valores médios de comprimento das plantas (Comp), produtividade (Prod), volume da raiz (Vol), número de vagem/planta (nvagem) e número de grão/vagem (ngrão).

| Tratamento | Comp (m) | Prod (kg ha ⁻¹) | Vol (cm ³) | Nvagem | Ngrão |
|------------|----------|-----------------------------|------------------------|--------|-------|
| 1 | 1,01A | 2310,36B | 2,33AB | 4,00A | 6,33A |
| 2 | 0,64A | 2230,24B | 3,33A | 4,67A | 6,00A |
| 3 | 0,81A | 2207,14B | 2,00B | 4,33A | 5,33A |
| 4 | 1,02A | 2857,60A | 2,00B | 4,67A | 4,67A |
| 5 | 0,89A | 2332,48B | 2,33AB | 3,67A | 6,00A |
| CV (%) | 19,05 | 2,09 | 18,63 | 44,88 | 13,67 |

Valores seguidos da mesma letra na coluna não se diferenciam entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autores, 2014.

Pelos dados apresentados (Tabela 2), observa-se que não houve diferenças significativas entre os valores de comprimento das plantas (Comp), número de vagens/planta (Nvagem) e número de grãos/vagem (Ngrão). Para a produtividade, houve diferenças significativas entre os tratamentos indicando um aumento de produtividade quando aplicada a dose de 300g ha⁻¹. Os valores da produção de feijão detectada do presente trabalho são semelhantes aos valores encontrados por Silva et al., (2008), que observou valores de 2.208 a 2.916 kg ha⁻¹ para a cultivar BRS Embaixador produzidos em Santo Antônio de Goiás, nas safras de inverno de 2006 e 2007.

A recomendação do uso de boro na adubação não pode ser indiscriminada, uma vez que esse micronutriente pode tornar-se tóxico, se aplicado em excesso, razão pela qual é necessário se conhecer os níveis adequados deste elemento no solo e na planta, para se fazer uma recomendação correta. Silva et al (2006), não obtiveram diferença significativa para os componentes de produção e também para a produtividade referente às diferentes doses de boro aplicadas via foliar na cultura do feijoeiro cultivar IAC Carioca Eté, após aplicação foliar de boro e manganês no feijoeiro cv. BRS Pérola.

Para o componente volume das raízes foi observada uma maior produção na dose de 200 g ha⁻¹, não se sabe se esse incremento está ligado à dose do micronutriente aplicado, uma vez que as raízes são importantes parâmetros de crescimento, devido a sua importância na absorção de nutrientes e água e possuem relação com a produção de matéria seca (FAGERIA, 2000).

Na Tabela 3 encontram-se os valores médios da massa fresca e seca por planta, a massa seca total e o peso de 100 grãos (g). Nota-se que a massa fresca decresceu significativamente para as maiores doses (300 e 400 g ha⁻¹). Segundo Fageria (2000), em seu estudo sobre os níveis adequados e tóxicos de boro na produção de feijão em solo de Cerrado, concluiu que o boro influenciou a produção de matéria seca e de raízes e o comprimento das raízes de feijão, e ainda que os níveis tóxicos de B na parte aérea estão entre 0,02 e 0,153 g kg⁻¹.

Os valores de peso de 100 grãos (g) obtidos no presente estudo foram semelhantes aos observados por Silva et al., (2008), com valores de 44,2 a 46,6 g para a cultivar BRS Embaixador produzidos em Santo Antônio de Goiás, nas safras de inverno de 2006 e 2007.

Tabela 3. Valores médios da massa fresca e massa seca de uma planta, massa seca total e peso de 100 grãos (g).

| Tratamentos | Massa fresca (g)* | Massa seca (g)* | Massa seca total (kg ha ⁻¹) | Peso de 100 grãos (g) |
|-------------|-------------------|-----------------|---|-----------------------|
| 1 | 45,90 | 21,27 | 2552,40 | 33,67 |
| 2 | 39,96 | 13,85 | 1662,00 | 34,56 |
| 3 | 40,03 | 14,69 | 1762,80 | 35,41 |
| 4 | 27,78 | 14,70 | 1764,00 | 32,24 |
| 5 | 29,03 | 13,12 | 1574,40 | 35,11 |

*Valores de massa de uma planta.

Fonte: Autores, 2014.

Segundo Dallaqua et al. (1998) a deficiência de boro provoca a inibição do crescimento radicular, ocorre ausência ou anormalidade na diferenciação vascular, principalmente do floema, além de necrose do ápice radicular. Para Malavolta et al. (1997), o B tem importante função na assimilação de N (Tabela 4), já que é fundamental para a síntese de ácidos nucléicos e proteínas e para atividade fotossintética e metabolismo de carboidratos.

Tabela 4. Análise foliar realizada durante o florescimento do feijoeiro de inverno cv. BRS Pérola.

| Tratamentos | N | P | K | Ca | Mg | Cu | Fe | Mn | Zn |
|-------------|--------------------|-------|------|-----|-----|---------------------|--------|-------|-----|
| | g kg ⁻¹ | | | | | mg kg ⁻¹ | | | |
| 1 | 6,37 | 0,176 | 1,12 | 1,2 | 0,2 | 10,0 | 2160,0 | 60,0 | 2,1 |
| 2 | 5,18 | 0,255 | 1,12 | 2,8 | 0,3 | 9,0 | 1650,0 | 128,0 | 2,3 |
| 3 | 5,54 | 0,395 | 1,16 | 4,2 | 0,4 | 11,0 | 1290,0 | 106,0 | 2,2 |
| 4 | 5,48 | 0,545 | 1,28 | 3,7 | 0,4 | 10,0 | 850,0 | 107,0 | 2,5 |
| 5 | 4,44 | 0,368 | 1,34 | 2,2 | 0,4 | 7,0 | 769,0 | 49,0 | 2,0 |

*Valores de massa de uma planta.

Fonte: Autores, 2014.

Por ser uma leguminosa com elevado potencial de fixação simbiótica de N, a deficiência de B pode afetar a atividade dos microrganismos fixadores de N, levando à deficiência de N no feijoeiro. No entanto, Calonego et al. (2011) não observaram incremento no teor de N nas folhas de soja, em função de doses crescentes de B aplicadas por via foliar.

Algo observado foi que após a adubação com o B houve nas folhas aumento no teor de K e P (Tabela 4), isso devido à maior absorção de K com o fornecimento de B e com o maior transporte de P nas membranas. Cakmak et al. (1995) comprovaram que por causa do B garantir a integridade da membrana plasmática, houve fluxo 45 vezes maior de K em folhas de girassol deficientes de B em relação às folhas bem nutridas.

Segundo Dechen e Nachtigall (2006) o B interfere na absorção e no metabolismo dos cátions, com aumento no teor de Mg na parte aérea do feijão em função do aumento da dose de B. A deficiência do B pode em alguns casos ser corrigida com a aplicação de um a três quilogramas de B ha⁻¹ para as culturas anuais (FAGERIA et al., 1997).

Após a análise estatística realizada com os resultados das amostras de solo coletadas, observou-se que houve diferença significativa entre os diferentes tratamentos (Tabelas 5 e 6). Os dados seguidos de mesma letra na coluna são para os tratamentos que diferiram significativamente. O tratamento 3 (200 g ha⁻¹) para o estágio V2 obteve as maiores médias de nitrogênio, carbono, AET e RBS. A AET não diferiu nem no V2 (exceção do T5) nem no R7. Para o estágio R7 não

houve diferença em nenhum parâmetro realizado, apresentando estabilidade em relação aos tratamentos e a resposta microbiológica.

Tabela 5. Análise microbiológica de solo na camada de 0-0,10 m de profundidade realizada no estádio V2.

| Tratamento | Nitrogênio (mg N kg solo seco ⁻¹) | CBM (mg kg ⁻¹ solo) | AET ([FDA hid]/[FDA total] %) | RBS (mg de C-CO ₂ kg ⁻¹ hora ⁻¹) |
|------------|--|-----------------------------------|-------------------------------------|--|
| 1 | 14,754 B | 69,167 B | 47,223 A | 0,324 A |
| 3 | 29,723 A | 150,739 A | 50,693 A | 0,386 A |
| 5 | 17,405 B | 81,049 B | 25,357 B | 0,306 A |
| CV (%) | 23,988 | 47,82 | 21,35 | 30,97 |

Valores seguidos da mesma letra na coluna não se diferenciam entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autores, 2014.

Tabela 6. Análise microbiológica do solo na camada de 0-0,10 m de profundidade realizada no estádio R7.

| Tratamento | Nitrogênio mg (N kg solo seco ⁻¹) | CBM (mg kg ⁻¹ solo) | AET ([FDA hid]/[FDA total] %) | RBS (mg de C-CO ₂ kg ⁻¹ hora ⁻¹) |
|------------|--|-----------------------------------|----------------------------------|---|
| 1 | 15,021 A | 104,013 A | 9,921 A | 0,349 A |
| 3 | 17,253 A | 86,224 A | 15,116 A | 0,364 A |
| 5 | 17,978 A | 103,681 A | 23,674 A | 0,322 A |
| CV (%) | 19,22 | 12,91 | 51,06 | 17,39 |

Valores seguidos da mesma letra na coluna não se diferenciam entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autores, 2014.

Os valores de nitrogênio e carbono da biomassa microbiana encontrados no trabalho foram semelhantes aos observados por Balota et al., (1998) para plantio convencional na camada de 0-0,15 m de profundidade em Latossolo Roxo distrófico em Londrina (PR).

A fertilidade do solo é um fator decisivo para o rendimento satisfatório das culturas agrícolas, essa é determinada não só pelas características químicas, mas também pelos microrganismos presentes na área (LIMA et al., 2013). A biomassa microbiana é a fração viva da matéria orgânica do solo, sendo que essa contém entre 1% a 4% de C e de 3% a 5% de N, representando reservatório de nutrientes para as plantas (PAVANELLI; ARAÚJO, 2010).

O crescimento de fungos, bactérias e nematoides fitos patogênicos, podem ser inibidos por microrganismos benéficos habitantes da rizosfera (MOREIRA; ARAÚJO, 2013), porém alguns organismos são essenciais no cultivo do feijão. Nas espécies de feijoeiro, os microrganismos do gênero rhizobium são essenciais para o sucesso do cultivo. De acordo com Vinhal-Freitas et al (2010, p. 758) “a atividade microbiana é de grande importância para os processos biológicos e bioquímicos do solo porque influencia diretamente a transformação de nutrientes e de composto orgânico.”

A emissão de CO₂ é resultante de processos físico-bioquímicos que afetam sua produção e transporte no interior do solo, isso varia com o tempo e espaço dependendo das condições ambientais, características do solo e manejo agrícola (BRITO et al., 2010).

As plantas similares a outros seres vivos possuem necessidades para a manutenção de seu sistema, produção de frutos e também reprodução. Os macro e micro nutrientes são essenciais para que isso ocorra, sendo que quando existentes em quantidades inadequadas, podem trazer sérios danos, causando à morte vegetal.

CONCLUSÃO

Não houve diferença significativa entre os valores de Comp, ntagem, ngrão, já a produtividade apresentou diferenças significativas entre os tratamentos indicando produtividade maior quando aplicada a dose de 300g ha⁻¹ em comparação com as outras doses. Nas análises microbiológicas do estádio R7 e no estádio V2 para respiração basal do solo não houve diferença significativa. O tratamento 3 (200 g ha⁻¹) para o estágio V2 obteve as maiores médias de nitrogênio, carbono, AET e RBS. Para o estádio R7 não houve diferença em nenhum parâmetro realizado, apresentando estabilidade em relação aos tratamentos e a resposta microbiológica.

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, mai. / dez. 1996.
- ARTUR, A. G; OLIVEIRA, D. P; COSTA, M. C. G; ROMERO, R. E; SILVA, M. V. C; FERREIRA, T. O. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 2, p. 141-149, fev. 2014.
- BALOTA, E. L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 641-649, 1998.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, ABASTECIMENTO E PECUÁRIA. **Feijão**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao>>. Acesso em: 20 jan. 2014.
- BRITO, L. F; MARQUES JÚNIOR, J; PEREIRA, G. T; SCALA JUNIOR, N. L. Spatial variability of soil CO₂ emission in different topographic positions. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 19-27, 2010.
- CAKMAK, I; KURZ, H; MARSCHNER, H. Short-term effects of boron, germanium and high light intensity on membrane permeability in boron deficient leaves of sunflower. **Physiologia Antiarum**, n. 95, p. 11-18, 1995.
- CALONEGO, J. C.; OCANI, K. P.; OCANI, M. P.; SANTOS, C. H. Adubação boratada foliar na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**, v. 6, p. 20-26. 2011.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactado por sistema de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n 1, p. 56-63. 2012.

DALLAQUA, M. A. M; BELTRATI, C. M.; PEDRAS, J. F. Alterações morfológicas no caule de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca) causadas por diferentes níveis de boro, na solução nutritiva. **Revista de Agricultura**, Cuiabá, v. 73, p.183-200, 1998.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 327-354.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA. **Cultivo do feijão da primeira e segunda safras na região sul de Minas Gerais - introdução e importância econômica**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSegSafraFeija/>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. New York: Marcel Dekker, 1997. 656 p.

FAGERIA, N. K. Níveis tóxicos de boro na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vl. 4, n.1, p. 57-62, 2000.

GALON, J. A; BELLINGIERI, P. A; ALCARDE, J. C. Efeito de modos e épocas de aplicação de gesso e calcário sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca-80. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 438-447, Jan./Abr. 1996.

GHINI, R.; MENDES, M. D. L.; BETTIOL, W. Métodos de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) como indicador da atividade microbiana no solo e supressividade a *Rhizoctonia solani*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 24, n. 3/4, p. 239-242, 1998.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology & Biochemistry**, v.8, p. 209-213, 1976.

KEENEY, D. R.; NELSON, D. W. Nitrogen inorganic forms. In: PAGE, A.L. **Method of soil analysis chemical and microbiological**. Madison: American Society of Agronom, 1982. p. 643-693.

LIMA, J. S. S; SILVA, S. A; SILVA, J. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado em plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 16-23, jan./mar. 2013.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 308 p.

MANTOVANI, E. C; FACCIOLI, G. G; LEAL, B. G; COSTA, L. C; SOARES, A. A; FREITAS, P. S. L. Determining the deficit coefficient as a function of irrigation depth and distribution

uniformity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 253-260, mar. 2010.

MOREIRA, A. L. L.; ARAÚJO, F. F. Bioprospecção de isolados de *Bacillus* spp. como potenciais promotores de crescimento de *Eucalyptus urograndis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 933-943, set./out. 2013.

OLIVEIRA, I. P. ; ARAÚJO, R. S. ; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R. S. ; RAVA, C. A. ; STONE, L. F. ; ZIMMERMANN, M. J. O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 169-221.

PAVANELLI, L. E.; ARAÚJO, F. F. Parâmetros químicos e biológicos indicadores de qualidade de solo sob cultivo de braquiárias e soja no oeste paulista. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 1, p. 118-124, jan./fev. 2010.

PERUCHI, M.; BUZETTI, S.; ARF, O.; SÁ, M. E. Aplicação de boro e zinco via foliar em feijoeiro de inverno. CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, VIII, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CNPF, 2005, p. 941-944.

PERUCHI, M. **Aplicação de fontes de boro e zinco via foliar em culturas anuais**. 2009. 78 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2009.

REIS, C. J.; SORATTO, R. P.; BISCARO, G. A.; KULCZYNSKI, S. M.; FERNANDES, D. S. Doses e modos de aplicação de boro na produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão em solo de cerrado. **Agronômica Ceres**. Viçosa, v. 55, n.4, p. 258-264, Jul./Ago. 2008.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. 93 p. (Boletim Técnico, 8.)

ROSOLEM, C. A. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R. S.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 353-390.

SILVA, T. R. B; SORATTO, R. P. BISCARATO, T.; LEMOS, L. B. Aplicação foliar de boro e cálcio no feijoeiro. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n.1, p. 46 - 52, 2006.

SILVA, C. C.; MELO, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. Feijão comum cultivar BRS Embaixador: espaçamento e densidade de semeadura. **Circular técnica nº 80**. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás. p. 1-4. 2008.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, v.19, p. 703-707, 1987.

VINHAL-FREITAS, I. C; WANGEN, D. R. B; FERREIRA, A. S; CORRÊA, G. F; WENDLING, B. Microbial and enzymatic activity in soil after organic composting. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 757-764, mai./jun. 2010.