
PRODUTIVIDADE DE SOJA SUBMETIDA A DIFERENTES FONTES DE BORO VIA FOLIAR EM VÁRZEA IRRIGADA NO ESTADO DO TOCANTINS

VARANDA, Marco Antonio Ferreira¹
CAPONE, Aristoteles¹
MENEGON, Mateus Zatt¹
ALMEIDA, Marony Pereira¹
BARROS, Helio Bandeira¹

Recebido em: 2017.03.23

Aprovado em: 2017.02.28

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.2728

RESUMO: O boro é um elemento essencial em todas as fases do ciclo da cultura da soja, participando de vários processos fisiológicos. Objetivou-se com este trabalho verificar a influência de diferentes fontes de boro via foliar, aplicado em três estádios fenológicos da cultura da soja no período reprodutivo, sobre os componentes de rendimento, produtividade e germinação das sementes de soja. O trabalho foi conduzido em condições de várzea irrigada, no município de Formoso do Araguaia - TO, na entressafra do ano agrícola de 2016. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial triplo 2x3x5 (produtos x épocas x doses), com quatro repetições. As características avaliadas foram: número de vagens por planta (NVP), número de sementes por planta (NSP), massa de cem sementes (MCS), produtividade (PROD), porcentagem de germinação (G%) e índice de velocidade de emergência (IVE). Verificou-se que os tratamentos em que houve aplicação da fonte de boro, composto por ácido bórico e octaborato, obtiveram as melhores respostas para todas as características avaliadas. Nas condições edafoclimáticas de entressafra na várzea irrigada, aplicações de B em R2 e R4 obtiveram a melhor resposta. Maiores médias foram obtidas com a aplicação de 1,5 a 2 kg.ha⁻¹ de boro do produto A.

Palavras-chave: *Glycine max*. Subirrigação. Adubação. Micronutriente.

PRODUCTIVITY OF SOYBEAN SUBMITTED TO DIFFERENT SOURCES OF BORON WITH FOLIAR APPLICATION IN LOWLAND IRRIGATED IN THE STATE OF TOCANTINS

SUMMARY: Boron is an essential element in all phases of the soybean cycle, participating in several physiological processes. The objective of this work was to verify the influence of different sources of boron via leaf, applied in three stages of the soybean crop in the reproductive period, on the components of yield, yield and germination of soybean seeds. The work was carried out under lowland conditions, in the municipality of Formoso do Araguaia - TO, between the harvest of the agricultural year of 2016. The experimental design was a randomized complete block design in 2x3x5 triple factorial (products x seasons x doses), with four replications. The characteristics evaluated were: number of pods per plant (NVP), number of seeds per plant (NSP), mass hundred seeds (MCS), productivity (PROD), Percentage of germination (G%) and emergence speed index (EVI). It was verified that the treatments in which there was application of the source of boron, composed of boric acid and octaborate, obtained the best answers for all characteristics evaluated. In the soil and climatic conditions of irrigated lowland harvest, applications of B in R2 and R4 obtained the best response. Higher averages were obtained with the application of 1,5 to 2 kg.ha⁻¹ of boron from product A.

Keywords: *Glycine max*. Subirrigation. Fertilizing. Micronutrient.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais “commodities” do agronegócio mundial, o Brasil tem se configurado como o segundo maior produtor desta oleaginosa (CONAB, 2016).

¹ Universidade Federal do Tocantins

A expansão da produção da soja se deve em grande parte aos avanços das pesquisas científicas para o desenvolvimento de tecnologias capazes de aumentar o rendimento em campo, dentre estas, a utilização de fertilizantes minerais de aplicações foliar, principalmente com micronutrientes. O equilíbrio nutricional é fator chave para se obter melhoria na qualidade das sementes e consequentemente aumentos na produtividade na cultura da soja (SUZANA et al., 2012).

A adubação foliar não pode substituir a adubação via solo, ela pode ser usada como complemento numa resposta imediata a alguma deficiência detectada na cultura. No caso específico do micronutriente boro, além de estudos na cultura da soja (PEGORARO et al., 2008; MASCARENHAS et al., 2013; MASCARENHAS et al., 2014; DEUNER et al., 2015) existem vários outros estudos em diversas outras culturas como: a do arroz (*Oryza sativa* L.) (LEITE et al., 2011); do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), (LANA et al., 2008; REIS et al., 2008; LIMA et al., 2013) culturas importantes no consumo interno brasileiro; do girassol (*Helianthus annuus* L.) (MARTIN et al., 2014; CAPONE et al., 2016), do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (FOLONI et al., 2016); do teosinto (*Euchlaena mexicana* Schrad.) (AISENBERG et al 2014); e da mamona (*Ricinus communis* L.) (RODRIGUES et al., 2009).

A adubação foliar a partir de macro e micronutrientes está em crescente evolução, as indústrias desenvolvem formulações de diversas fontes de nutrientes, sendo estes isolados (um nutriente) ou o chamado “mix”, fonte de vários nutrientes na mesma solução. A evolução nos preparos de novas formulações com muitas opções de utilização no campo faz da adubação foliar uma ferramenta cada vez mais indispensável para o aumento das taxas de produtividade. Todo esse sucesso da adubação foliar é devido a algumas vantagens oferecidas por este método de aplicação, como: as doses são muito menores que a utilizada nas aplicações via solo; a distribuição é uniforme e fácil; as respostas aos nutrientes aplicados são quase que imediatas e, consequentemente, as deficiências podem ser corrigidas durante a estação de crescimento e as suspeitas de deficiência são diagnosticadas mais facilmente (CALONEGO et al., 2010).

Com isso formulações utilizando boro, que é um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas, visto que atua em diversos processos metabólicos considerados essenciais, como transporte de açúcares, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo de AIA, metabolismo fenólico, metabolismo de ascorbato e, ainda, participa da composição da parede celular e integridade da membrana plasmática (CAKMAK; RÖMHELD, 1997), fica indispensável estudos detalhados sobre seu uso para cada região produtora, culturas e tipos de solos.

Para Malavolta et al. (1997), o B influi na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, aumenta o pegamento de flores e a granação e causa menor esterilidade masculina e menor chochamento de grãos. A exigência nutricional das culturas, em geral, torna se mais intensa com o início da fase reprodutiva. Essa maior exigência deve-se ao fato de os nutrientes serem essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Além da melhor fecundação das flores e formação de grãos, o B interfere na retenção das vagens recém-formadas (canivetes), atua no crescimento do meristema, na diferenciação celular, maturação, divisão celular e crescimento das plantas (PRADO, 2008). Desse modo, pode-se afirmar que a exigência de B é maior no período reprodutivo.

Desta forma, objetivou-se com este trabalho, verificar a influência da adubação com diferentes fontes de boro via foliar, aplicado em três estádios fenológicos da cultura da soja no período reprodutivo, sobre os componentes de rendimento, produtividade e germinação das sementes de soja, em várzea irrigada, no Estado do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODO

O trabalho foi conduzido em condições de várzea irrigada, no município de Formoso do Araguaia - TO, na entressafra do ano agrícola de 2016, localizado a 11°45' S e 49°04' W e 170 m de altitude, em solo do tipo Gley, Pouco-Húmico (EMBRAPA, 2006). O clima, segundo o método de Thornthwaite, é do tipo Aw, úmido com moderada deficiência hídrica, com precipitação anual média de 1.400 mm e temperatura média anual com amplitude entre 22 a 32 °C.

A amostragem do solo foi realizada na profundidade de 0 a 20 cm, sendo que o solo apresentou as seguintes características químicas e físicas: pH CaCl₂= 5,2; Al= 0,0 cmol_c dm⁻³; H+Al= 3,4 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺= 3,5 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺= 0,7 cmol_c dm⁻³; K⁺= 72 mg.dm⁻³; P= 55,7 mg.dm⁻³; S= 24 mg.dm⁻³; Zn= 1,0 mg.dm⁻³; B= 0,2 mg.dm⁻³; Cu= 1,0 mg.dm⁻³; Fe= 71 mg.dm⁻³; Mn= 0,8 mg.dm⁻³; MO= 2,6 %; SB= 4,38 cmol_c dm⁻³; CTC(t)= 7,78 cmol_c dm⁻³; areia= 500 g.kg⁻¹; silte= 100 g.kg⁻¹; argila= 400 g.kg⁻¹.

O preparo do solo foi realizado com gradagem e rolagem (com auxílio de rolo compactador). No momento da semeadura inoculou-se as sementes com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* na dosagem de 500 g de inoculante para 500 kg de sementes e fungicida Carbendazim-Thiram 200 SC, na dosagem de 200 ml/100 kg de semente.

A adubação de plantio foi realizada segundo as exigências da cultura, com base na análise de solo e recomendações da cultura, correspondendo a 350 kg.ha⁻¹ da formulação NPK 02-25-25 + 50 kg/ton. de Br12 (0,1% B; 0,15% Cu; 0,45% Mn; 0,30% Zn). A irrigação realizada por meio da elevação do lençol freático, de forma a manter o solo com umidade adequada a cultura durante todo o ciclo (subirrigação). O controle de pragas e doenças foi executado conforme as exigências previstas em campo de produção de sementes.

O experimento foi implantado utilizando-se semeadora de parcelas experimentais, no dia 01 de maio de 2016, sendo que, no período entre o plantio e a colheita não houve precipitação, logo, a demanda hídrica da cultura foi atendida por meio da técnica de subirrigação e a colheita foi realizada em 12 de agosto de 2016.

A área utilizada foi de 3200 m² onde foram delimitadas unidades experimentais, denominadas parcelas, compostas por quatro linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,34 m, estande estimado em 230.000 plantas por hectare. A variedade de soja utilizada foi a Msoy 8808 IPRO.

A aplicação de boro via folha foi realizada com auxílio de uma bomba costal de vinte litros, utilizando-se uma barra de alumínio adaptada com quatro bicos equipados com pontas tipo cone para pulverização. Para a regulagem do equipamento foi medida a velocidade de caminamento (dada em m/s) do aplicador, e a vazão de acordo a pressão manual exercida pelo mesmo, estimada em 150 L.ha⁻¹. A água utilizada era oriunda dos canais de subirrigação do Projeto Rio Formoso, a mesma apresentava PH em torno da neutralidade. As pulverizações eram realizadas nos horários de temperaturas mais amenas, em condições de pouco vento.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial triplo 2x3x5 (produtos x épocas x doses), com 4 repetições. Os produtos utilizados foram fertilizantes foliares fluidos à base de boro. O produto A (PA = ¼ ácido bórico mais ¾ octaborato), com garantias de peso por peso (p/p) 1% N; 8,5% B; densidade (g/l) 1.220; pH 6 a 7 e o produto B (PB = boro a base de monoetanolamina), com (p/p) 11,53% B; peso por volume p/v 14,98% B.

As aplicações foram realizadas de acordo com as fases fenológicas da cultura, sendo a época um (E1) na data de 13/06/2016, quando a cultura estava em floração plena (R2- Florescimento pleno: uma flor aberta num dos 2 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida), a época dois (E2) na data

de 27/06/2016, ao final da floração (R4- Vagem completamente desenvolvida: Vagem com 2 cm de comprimento num dos 4 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida) e época três (E3) na data de 11/07/2016, em vagens plenas (R6- Grão cheio ou completo: vagem contendo grãos verdes preenchendo as cavidades da vagem de um dos 4 últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida), segundo classificação de (FARIAS et al., 2007).

Foram aplicadas cinco dosagens dos produtos A e B em cada uma das épocas, sendo a dose um (D1) 0 kg.ha⁻¹ (testemunha), dose dois (D2) 0,5 kg.ha⁻¹, dose três (D3) 1 kg.ha⁻¹, dose quatro (D4) 1,5 kg.ha⁻¹ e dose cinco (D5) 2 kg.ha⁻¹.

Para avaliação foram colhidas as duas linhas centrais de cada parcela, desprezando-se 1,5 m de cada extremidade da linha, totalizando 1,36 m² de área útil. Das plantas colhidas (estádio fenológico R9- ponto de maturação de colheita) foram selecionadas de forma aleatória cinco plantas para serem avaliadas as seguintes características agrônômicas: 1) número de vagens por planta (NVP): onde foram contadas o número de vagens em cada uma das cinco plantas e retirada a média geral; 2) Número de sementes por planta (NSP): onde foram realizadas a contagem do número de sementes de cada planta dentre as cinco separadas e retirada a média geral; 3) massa de cem sementes (MCS): onde foi realizado a contagem de cem sementes dentre as cinco plantas avaliadas e com o auxílio de uma balança analítica foram feitas as pesagens com resultados dados em gramas; 4) produtividade (PROD): as plantas coletadas dentro da área útil estipulada e colhidas foram trilhadas manualmente, as sementes foram pesadas com auxílio de balança analítica e os valores foram posteriormente corrigidos para quilogramas por hectare a 13% de umidade; 5) Porcentagem de Germinação: foram semeadas 100 sementes de cada tratamento em bandejas com areia, repetidos três vezes, e avaliadas após sete dias da semeadura, sendo a contadas as plântulas emergidas e, posteriormente os dados convertidos para porcentagem; 6) índice de velocidade de emergência (IVE): foram semeadas 100 sementes de cada tratamento em bandejas com areia, com três repetições e avaliadas diariamente após a semeadura a porcentagem de plântulas emergidas, sendo que, o índice de velocidade de germinação foi calculado de acordo com literatura sugerida por (MAGUIRE, 1962).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de regressão por meio do aplicativo computacional SIGMAPLOT 10.0 (2007).

RESULTADO E DISCUSSÃO

A funcionalidade do B nas plantas é dependente da disponibilidade de Ca nos tecidos, sendo de fundamental importância que ambos estejam disponíveis em quantidades suficientes para o desenvolvimento das plantas (BELIVAQUA et al., 2002). O solo da várzea irrigada apresentou em sua composição Ca²⁺ = 3,5 cmol_c dm⁻³ e B = 0,2 mg.dm⁻³, sendo classificado suas disponibilidades no solo como bom para cálcio e baixo para boro (RIBEIRO et al., 1999), desta forma a aplicação de fonte de boro se torna indispensável para o desenvolvimento da cultura da soja.

As respostas dos produtos compostos por boro quanto às doses crescentes em diferentes épocas de aplicação para as características avaliadas, ajustaram-se em sua grande maioria ao modelo de regressão polinomial (quadrático), (Figura 1A e B, 2A e B, 3A e B, 4A e B, 5A e B, 6A e B). A única exceção foi a época 1 da característica massa de cem sementes para o produtos A, que apresentou comportamento ajustado ao modelo linear (Figura 3A). Todavia, os coeficientes de determinação (R²) de todas essas características foram significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student).

O número de vagens por planta, que obteve resultados positivos para os dois produtos em todas as épocas de aplicação (Figura 1A e 1B). Na época 3 obteve os melhores resultados para ambos os produtos comerciais usados na pesquisa (Figura 1A e 1B), com destaque para o produto 2 (Figura 1B), que

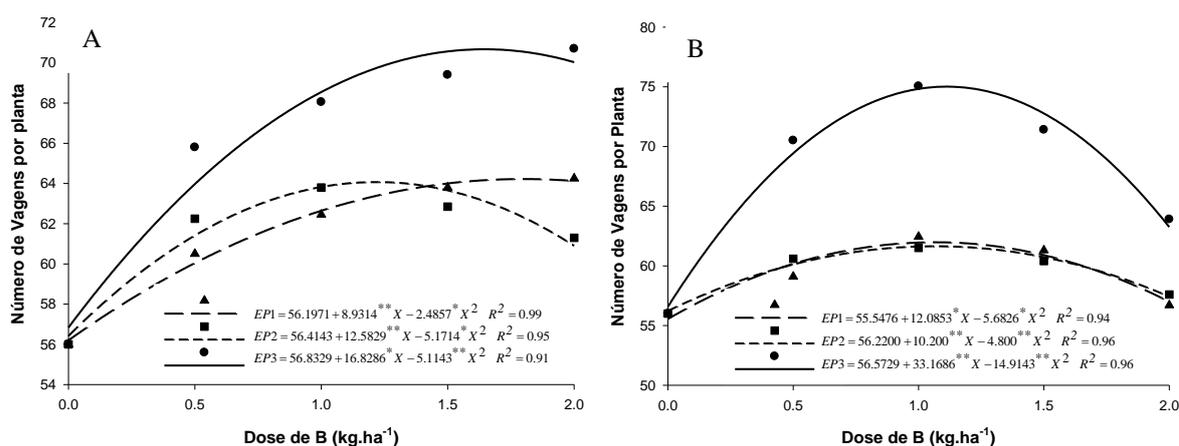
atingiu médias de aproximadamente 75 vagens por plantas com 1 kg.ha⁻¹, enquanto no produto 1 obteve seus maiores valores de médias entre 1,5 e 2 kg.ha⁻¹ (Figura 1A). As épocas 1 e 2 obtiveram resultados próximos entre as médias para ambos produtos, com ressalva para o produto 1 na época 1 (Figura 1A), que permaneceu com tendência crescente mesmo com a dose 5, demonstrando não sofrer fitotoxicidade.

Os resultados deste trabalho divergem quanto a melhor época de aplicação ao realizado por Kappes et al. (2008), o qual verificaram que a aplicação de B, quando responsiva, apresentou o melhor resultado no aumento do número de vagens por planta quando foi aplicado no estágio vegetativo V5, neste trabalho obteve no estágio fenológico reprodutivo R6. Também diverge quanto ao trabalho feito por Arantes et al. (2009), que obtiveram em condições de aplicação em diferentes fases de desenvolvimento da cultura, resultados não significativos para número de vagens, número de grãos por vagens, peso de 100 sementes, concluindo que não justifica o uso de produtos a base de cálcio e boro via foliar.

Mas corrobora com o trabalho realizado por Belivaqua et al. (2002), ao avaliarem os efeitos da aplicação de Ca e B via foliar nas fases vegetativa e reprodutiva da soja sobre os componentes de rendimento (número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de sementes por planta) e a qualidade fisiológica das sementes, concluíram que a aplicação foliar de Ca e B aumentou o número de vagens por planta, de grãos por vagem, peso de sementes por planta e não afetou a qualidade fisiológica das sementes. Além disso, os autores verificaram que as melhores respostas da aplicação de Ca e B sobre os componentes de rendimento foram verificadas nas fases de floração e pós-floração, corroborando com as épocas de aplicação deste trabalho, realizadas todas no período reprodutivo.

O boro influi na retenção das vagens recém-formadas, no crescimento do meristema, na diferenciação celular, maturação, divisão celular, síntese de aminoácidos e proteínas, transporte interno de açúcares, amido, nitrogênio, fósforo e crescimento da planta como um todo (PRADO, 2008), desta forma a sua presença na solução do solo ou complemento via aplicação foliar se torna essencial para esta característica agrônômica.

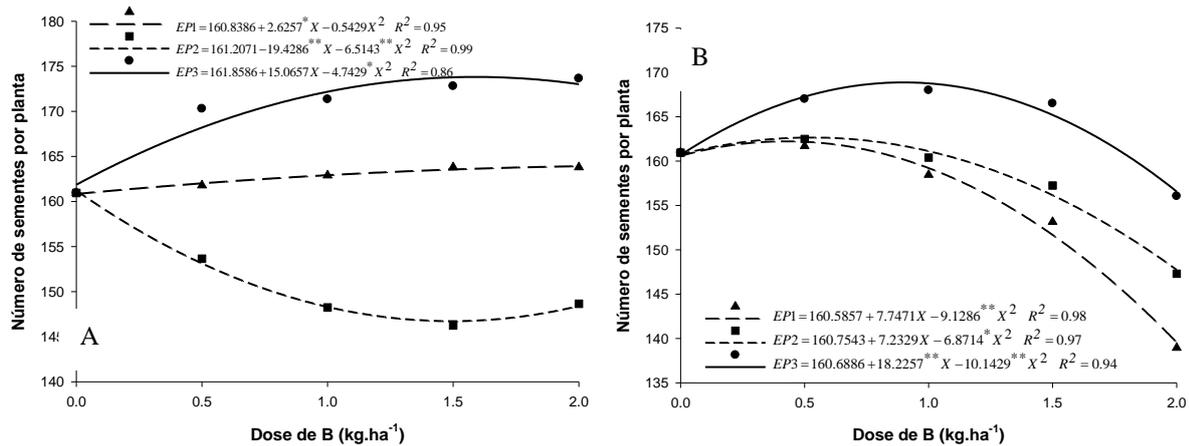
Figura 1. Número de vagens por planta em função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student).



O número de sementes por planta (Figuras 2A e 2B), corroboraram com número de vagens por planta em relação a época 3, que obteve as melhores médias para ambas características avaliadas, só que neste caso o maior valor atingido foi com o produto A (Figura 2A), mas com valores próximos dos obtidos no produto B (Figura 2B). Destaca-se também no produto A, a época 2, com curva inicial decrescente logo nas primeiras doses (Figura 2A), no produto B todas as épocas com curvas decrescente a partir da dose 1

kg.ha⁻¹, com as épocas 1 e 2 atingindo valores médios inferiores a testemunha (Figura 2B). Estes resultados indicam a época 3 (estádio fenológico R6) para as duas características apresentadas como a melhor época de aplicação, mas mostram-se divergentes aos trabalhos realizados por Kappes et al. (2008) e Arantes et al. (2009).

Figura 2. Número de sementes por planta em função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student).

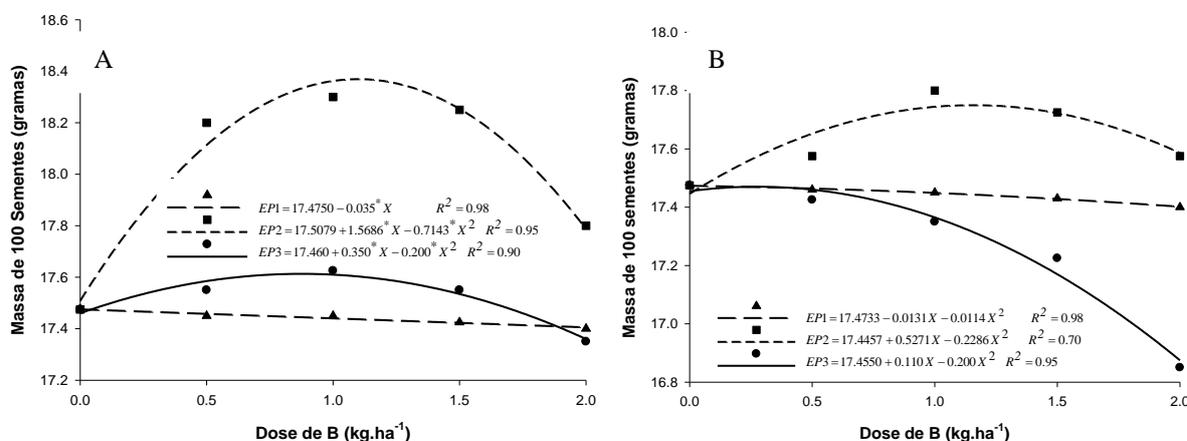


Na característica massa de cem sementes obteve-se maiores médias para época 2 (Figura 3A e 3B), com valores médios próximos, mas o produto A em destaque (Figura 3A), também observa-se a maior resposta para a época 2 com a dose 1 kg.ha⁻¹ (Figura 3A e 3B), com estes resultados a dose 1 kg.ha⁻¹ de ambos produtos usados apresenta-se como uma boa indicação para o estágio fenológico R4 de soja em várzea irrigada no projeto Rio Formoso.

Os resultados obtidos com a época 2 para os dois produtos utilizados (Figuras 3A e B), são diferentes aos obtidos por Calonego et al. (2010), onde concluíram que massa de cem grãos de soja não sofreram influência da adubação boratada foliar. Também em estudos realizados por Kappes et al. (2008) pesquisando efeito de doses e épocas da aplicação foliar de boro sobre características agrônômicas e a qualidade de sementes de soja não observaram resultados significativos em relação à massa de 100 sementes e por fim, Malavolta et al. (2002), que discorreu sobre boro como atuador na translocação de açúcares para os órgãos propagativos, mas não foram observados resultados significativos em relação à massa de 100 sementes.

As épocas 1 e 3 obtiveram resultados decrescentes para os produtos A e B (Figura 3A e B), de acordo com Favarin e Marini (2007) a atuação do boro nas plantas é diversa e complexa, como na participação do processo de fixação biológica de nitrogênio pela planta, embora não tenha uma participação direta, o mesmo torna-se importante por ser o precursor da ativação da enzima fosforilase do amido, responsável pela síntese de amido na planta. Com estas informações presume-se que houve alguma interferência no metabolismo destas plantas na época 1 (estádio fenológico R2), obtendo resultados decrescentes com o aumento das doses de boro, outro fato que poderia explicar seria a composição genética, mas automaticamente é descartado por haver apenas um cultivar na pesquisa, com isso fica claro a importância da época de aplicação de boro via foliar na soja em várzea irrigada.

Figura 3. Massa de cem sementes em função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student).



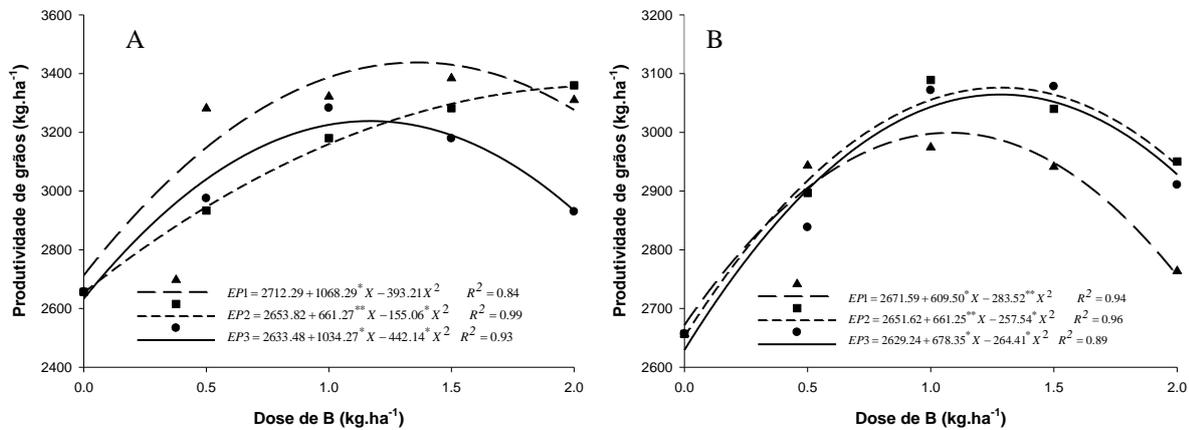
A produtividade de grãos é a resultante de todo o processo de condução, manejo, condições climáticas, intervenção biótica e abiótica de um sistema de produção, ao comparar os produtos utilizados, verifica-se as maiores produtividades para as três épocas consecutivas com o produto A (Figura 4A), indicando ser um produto mais eficiente e responsivo, com destaque para a época 1, que atingiu maior média entre todas, 3.429 kg. ha⁻¹ com dose 1,5 kg. ha⁻¹, outro fator de suma importância é o incremento no ganhos entre as crescentes doses, sendo de 435, 240 e 42 kg. ha⁻¹ de grãos, respectivamente entre as doses 0 - 0,5; 0,5 - 1; e 1 - 1,5, comprovando a total importância da aplicação de boro, onde se conseguiu o aumento de 7,25 sacas de soja com 0,5 kg. ha⁻¹ de boro foliar.

Outro ponto que chama a atenção é a época 2, com produtividade respondendo até a dose de 2 kg. ha⁻¹, atingindo 3.355 kg. ha⁻¹ (Figura 4A), demonstrou não haver qualquer problema de fitotoxicidade com o produto A, com ganhos entre as todas as doses aplicadas. A época 3 que obteve as maiores médias para característica número de vagens por planta (Figura 1A e 1B), também no número de sementes por planta (Figuras 2A e 2B) e na produtividade obteve resultados inferiores. Para o produto B (Figura 4B), a produtividade teve comportamento muito próximo para as três épocas, com melhores respostas a aplicação entre 1 e 1,5 kg. ha⁻¹ (Figura 4B), a época 2 foi a que atingiu as maiores médias com o produto B, com ganhos entre as doses 0 - 0,5; 0,5 - 1; 1 - 2 kg. ha⁻¹ de 266, 138 e 9 kg. ha⁻¹ de grãos de soja, também mostrou ser muito responsiva no produto A, com esses resultados uniformes faz da época 2 (R4), ótima fase fenológica de aplicação de boro foliar em várzea irrigada.

Em pesquisa realizada por Rosolem e Boaretto (1989) relatam que a época de maior demanda de nutrientes pelas plantas de soja é R1 a R5. Assim, na medida em que o boro não é retranslocado na planta, via floema, pode-se afirmar que a aplicação deste nutriente deva ser feita na fase de floração ou pós-floração para haver um efeito sobre o rendimento de grãos. Souza et al. (2008) concluíram em seu estudo que a aplicação da solução composta de Ca e B no estádio R3 proporcionou um maior nível de produtividade na soja.

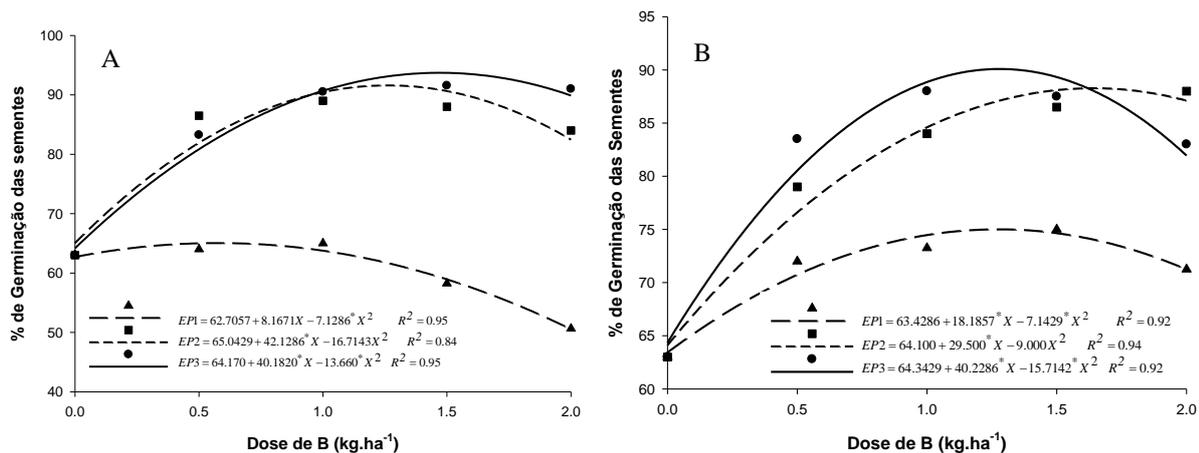
Estes resultados dos autores citados acima concordam com os obtidos neste trabalho e discordam com os obtidos por Rosolem et al. (2008), Kappes et al. (2008); Calonego et al. (2010).

Figura 4. Produtividade de grãos em função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student).



A germinação das sementes apresentou acréscimo com o aumento das doses (Figura 5A e 5B), as maiores porcentagens de germinação obtidas com o produto A foi nas épocas 2 (R4) e 3 (R6), na dose de 1,5 kg.ha⁻¹, com percentual de germinação em torno de 90%, já no produto B também foram as épocas 2 e 3, obtidas com a dose próxima a 1,5 kg.ha⁻¹ de boro e percentual de 85 a 91%, valores relativamente altos que demonstram a influencia do boro na germinação, estes resultados se assemelham com os obtidos por Mondo et al. (2012) e Gazolla-Neto et al. (2015).

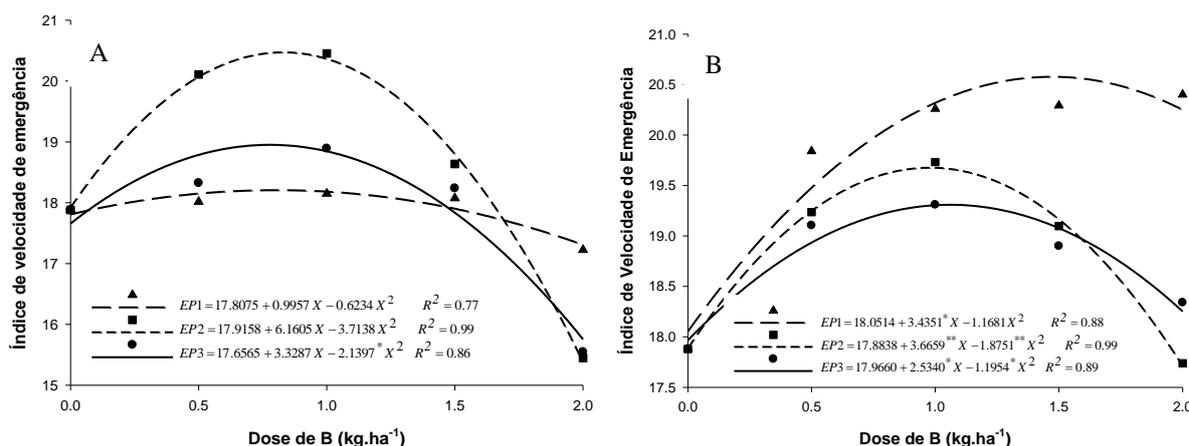
Figura 5. Porcentagem da germinação de sementes (G%) função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student).



O índice de velocidade de emergência foi afetado pelo uso da adubação foliar. Observa-se nas figuras 6A e 6B que os produtos agiram de forma diferente, onde no produto A destaca-se a época 2 (Figura 6A) e no produto B a época 1 (Figura 6B). Ao observar a época 2 para ambos os produtos (Figura 6A e 6B) encontra-se uma uniformidade no comportamento das curvas em respostas as doses, indicando que a adubação boratada influenciou de forma muito próxima entre os dois produtos para IVE.

Os resultados deste trabalho não seguem os resultados do trabalho de Kappes et al. (2008), os autores concluíram que a aplicação de boro foliar em diferentes doses e épocas não teve influência na qualidade fisiológica das sementes.

Figura 6. Índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) em função dos produtos compostos de boro A e B, submetidos a cinco doses e três épocas de aplicação foliar, na entressafra 2016, em Formoso do Araguaia-TO. **, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t” (Student).



O boro apresenta função vital em várias etapas relacionadas à fase reprodutiva das plantas (FAGERIA, 2009), também está relacionado com a absorção de potássio que aumenta com o boro e quase não ocorre na sua ausência (POWER; WOODS, 1997). O boro participa de vários processos fisiológicos, como transporte de P através das membranas, síntese e integridade da parede celular, podendo seus sintomas de deficiência ser confundido com os de fósforo (P) e de potássio (K) (YAMADA, 2000).

Os efeitos significativos positivos da aplicação de boro de ambos os produtos, estão relacionados ao bom suprimento de cálcio ($Ca^{2+} = 3,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$), de potássio ($K^+ = 72 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) e de fosforo ($P = 55,7 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) existentes no solo e também a quantidade adicionada via adubação NPK ($350 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), desta forma o boro pode desenvolver suas funções interligada a esses outros elementos com plena capacidade, também outro fator e a subirrigação em todo ciclo da cultura.

Os resultados obtidos nesta pesquisa, com destaque para característica produtividade de grãos, demonstram que o elemento boro aplicado via foliar na cultura da soja em condições hídricas e nutritivas ótimas durante todo o ciclo, é capaz de expressar toda sua essencialidade na conjuntura nutricional das plantas de soja.

CONCLUSÃO

Os tratamentos em que houve aplicação da fonte de boro, composto por ácido bórico e octaborato, obtiveram as melhores respostas para todas as características avaliadas;

Nas condições edafoclimáticas de entressafra na várzea irrigada, aplicações de B em R2 e R4 obtiveram a melhor resposta;

Maiores médias foram obtidas com a aplicação de $1,5 \text{ a } 2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de boro do produto A.

REFERÊNCIAS

- AISENBERG, G.R.et al. Aplicação foliar de cálcio e boro em diferentes populações de plantas de teosinto. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.8, n.4, p.1-5, out. 2014. <http://revistatca.pb.gov.br/edicoes/volume-08-2014/volume-8-numero-4-outubro-2014/tca8401.pdf> .
- ARANTES, R. P.et al. Aplicação foliar de cálcio e boro com produto industrializado para avaliação de rendimento e qualidade de semente de soja. **Nucleus**, Ituverava, v.6, n.2, 2009. <DOI: 10.3738/1982.2278.205> .
- BEVILAQUA, G. A. P.; SILVA FILHO, P. M.; POSSENTI, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, v.32, n.1, p.31-34, 2002. <DOI.org/10.1590/S010384782002000100006>.
- CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil**, The Hague, v.193, n.1/2, p.71-83, June 1997. <DOI.org/10.1023/A:1004259808322>.
- CALONEGO, J. C.et al. Adubação boratada foliar na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**. v.6. n.2. 2010. <DOI: 10.5747/ca.2010.v06. n2. a054>.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP-SP, 588p, 2000.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2015/16. **Décimo Segundo Levantamento, setembro 2016**. Brasília, 2016. p. 1-184. 2016.
- CAPONE, A.et al. Respostas de cultivares de girassol a doses crescentes de boro na entressafra do Cerrado Tocantinense. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Pombal, v.11, n.1, p.43-48, 2016. <DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v11i1.4004>> .
- DEUNER, C.et al. Rendimento e qualidade de sementes de soja produzidas sob diferentes manejos nutricionais. **Revista de Ciências Agrárias**, v.38, n.3, p.357-365, 2015. http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0871-018X2015000300010
- EMBRAPA- Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p. < <http://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>> .
- FAGERIA, N. K. **The use of nutrients in crop plants**. Boca Raton: CRC Press, 2009. 419 p.
- FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da Soja**. Circular técnica 48. Londrina, 2007. 9p.
- FAVARIN, J.L.; MARINI, J.P. Importância dos micronutrientes para a produção de grãos. In: **SOCIEDADE NACIONAL DA AGRICULTURA**, 2000. Disponível em: www.sna.com.br .
- FOLONI, J.S.S.et al. Efeitos da gessagem e da adubação boratada sobre os componentes de produção da cultura do amendoim. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.15, n.2, abr./jun., p.202-208, 2016. <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v15n2p202-208> .
- GAZOLLA-NETO, A.et al. Distribuição espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja em campo de produção. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 119 – 127, 2015. < https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/4342/pdf_283> .

- KAPPES, C.; et al. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agronômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.3, p.291-297, 2008.
<http://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/11563/8120>
- LANA, R.M.Q.et al. Utilização de micronutrientes na cultura do feijoeiro cultivado no sistema plantio direto. **Bioscience. Journal**, Uberlândia, v.24, n.4, p.58-63, Oct./Dec. 2008.
<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6768/4467>
- LEITE, R.F.C.et al. Rendimento e qualidade de sementes de arroz irrigado em função da adubação com boro. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.4 p.785-791, 2011.
<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v33n4/21.pdf> .
- LIMA, M.L.et al. Fontes e doses de boro na qualidade de sementes de feijão comum e mamona sob consórcio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.26, n.4, p.31–38, out.– dez, 2013.
<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/sistema/article/view/2604> .
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000085&pid=S14137054201100020001800010&lng=en .
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A., **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas**. 2 ed., Piracicaba, SP: Potafos, 1997, 319p.
- MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J.C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002, 200 p.
- MARTIN, T.N.et al. Utilização de cálcio e boro na produção de grãos e silagem de Girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.35, n.4, suplemento, p.2699-2710, 2014. <DOI: 10.5433/16790359.2014v35n4Suplp2699>
- MASCARENHAS, H. A. A.et al. Deficiência e toxicidade visuais de nutrientes em soja. **Nucleus**, Ituverava, v.10, n.2, p.281-306, 2013. <DOI: 10.3738/1982.2278.974> .
- MASCARENHAS, H. A. A.et al. Micronutrientes em soja no Estado de São Paulo. **Nucleus**, v.11, n.1, p.179-198, 2014. <DOI: 10.3738/1982.2278.1102>.
- MONDO, V. H. V.et al. Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production area. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 193-201, 2012. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222012000200002&script=sci_arttext&tlng=pt
- PEGORARO, R. F.et al. Crescimento de soja em solos em resposta a doses de boro, calagem e textura do solo. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v.32, p.1092-1098, 2008.
<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v32n4/a09v32n4.pdf> .
- POWER, P.P.; WOODS, W.G. The chemistry of boron and its speciation in plants. **Plant and Soil**, v.193, n.1, p.1- 13, 1997. <http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1004231922434?LI=true>
- PRADO, R.M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: UNESP, 2008, 408p.
- REIS, C.J.et al. Doses e modos de aplicação de boro na produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão em solo de cerrado. **Revista Ceres**. v.55, n.4, p.258-264, 2008.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305226703016> .

RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. 1999. 359p.

<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/5%20-%20Aproximacao%20Revisada.pdf> .

RODRIGUES, H.C.A.et al. Crescimento de cultivares de mamoneira em função da aplicação de boro, durante a formação de mudas. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.5, p.377-382, Sept./Oct. 2009. < DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v10i5.15193>> .

ROSOLEM, C.A.; BOARETTO, A.E. A adubação foliar em soja. In: BOARETTO, A.E.; ROSOLEM, C.A. **Adubação foliar**. Campinas: Fundação Cargill. 1989. 500p.

ROSOLEM, C. A.; ZANCANARO, L.; BISCARO, T. Boro disponível e resposta da soja em Latossolo Vermelho-Amarelo do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2375-2383, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000600016> .

SIGMAPLOT - **Scientific graphing software**. Version 10.0, 2007.

SOUZA, L.C.D.; SÁ, M.E.; CARVALHO, M.A.C.; SIMIDU, H.M. Produtividade de quatro cultivares de soja em função da aplicação de fertilizante mineral foliar a base de cálcio e boro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.8, n.2, 2008. <http://www.redalyc.org/pdf/500/50011254005.pdf> .

SUZANA, C.S.et al. Influência da adubação foliar sobre a qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, p.2385-2392, 2012. <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/influencia%20da%20adubacao%20foliar.pdf> .

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas. **Informações Agronômicas**, v.90, p.1-5, 2000. [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/501935EA5234F79C83257AA300699E8A/\\$FILE/Jornal%2090.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/501935EA5234F79C83257AA300699E8A/$FILE/Jornal%2090.pdf) .