



Revista
Técnico-Científica



ADUBAÇÃO FOLIAR COM BORO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NA CULTURA DA SOJA

Marcio dos Santos¹; Paulo Henrique Cerutti¹, Cleiton Luiz Wille².

¹Engenheiro Agrônomo, discente do Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina, ² Graduando do curso de agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina.

RESUMO: A cultura da soja é extremamente importante para a economia brasileira, por isso formas para aumentar o rendimento de grãos devem ser consideradas. Uma proposta para aumentar produtividade pode ser a aplicação de micronutriente via foliar. O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta da cultura da soja sob diferentes concentrações de boro (B), aplicadas via pulverização foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento sob sistema de plantio direto. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com parcelas subdivididas. Os tratamentos constituíram de quatro doses de B (0, 150, 300 e 450 g ha⁻¹) aplicadas no estágio vegetativo (V6) e no reprodutivo (R2). Foi avaliado o número de legumes por planta, número de grãos por legumes, massa de mil grãos e a produtividade em kg ha⁻¹. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste Tukey a 5% de significância e análise de regressão. A adubação foliar com B promoveu aumento na massa média de grãos quando aplicado em R2 e no número de grãos por legumes (2,43 grãos para dose ajustada de 320 g ha⁻¹ de B). No entanto, a produtividade (3200 kg ha⁻¹) não apresentou comportamento diferenciado independentemente da dose e do estágio fenológico de aplicação.

Palavras-chave: *Glycine max* (L), Absorção de nutrientes, Micronutriente.

SOYBEAN FOLIAR FERTILIZATION WITH BORON IN A NO-TILL SYSTEM

ABSTRACT

The soybean crop plays a very important role in the Brazilian economy, thus, finding ways to increase its yield should be studied. A proposed approach to increment yield is to apply micronutrients by foliar feeding. The goal of this study was to evaluate soybean response under different concentrations of boron (B), applied by foliar feeding, at different stages of development in a no-tillage system. The experiment was carried out in split-plot on a randomized complete block design. The treatments consisted of four doses of B (0, 150, 300 and 450 g ha⁻¹) applied at the vegetative (V6) and reproductive (R2) stages. The number of pods per plant, number of grains per

pod, 1000 kernel weight and yield (kg ha^{-1}) were evaluated. Data were submitted to the analysis of variance followed by regression analysis and the means compared by Tukey's test at 5% significance. Foliar fertilization with B increased grain weight at the R2 stage and number of grains per pod (2.43 grains for the estimated dose of 320 g ha^{-1} of B). However, the yield (3200 kg ha^{-1}) not showed differentiated behavior independently of the dose or the stage of application.

Key-words: Glycine max (L.), Nutrient Absorption, Micronutrient, Foliar Feeding.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.)) apresenta grande importância para a economia brasileira e mundial. Destacando-se, em decorrência de sua variada utilização, já que pode ser destinada para consumo humano, fabricação de ração, biocombustíveis, como matéria prima na indústria farmacêutica, cosmética e para outras finalidades (SEDIYAMA et al. 2015).

No entanto, apesar da utilização de tecnologias que já resultem em altos índices produtivos, (atualmente a produtividade brasileira está em torno de 3300 kg ha^{-1}), ainda há possibilidade de obtenção de maior incremento no rendimento de grãos (CONAB, 2017). Isso ocorre, porque o potencial genético da soja não está explorado (SOUZA et al., 2008).

Aliado a uma alta demanda pela cultura e à dificuldade para abrir novas áreas agrícolas, gera-se a necessidade de aumentar a produtividade da cultura. Por isso é de fundamental importância investir em tecnologias que atendam este quesito, como por exemplo, em uma nutrição adequada (MALAVOLTA et al., 2006).

De acordo com Malavolta (2006), existem 17 elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas. Os nutrientes são classificados em macronutrientes e micronutrientes, de acordo com a quantidade exigida e extraída pela planta. Porém a maior dificuldade está relacionada aos nutrientes de baixa mobilidade no tecido vegetal (POZZEBON, et al., 2018; MALAVOLTA et al., 2006). O uso da adubação foliar e parcelada dos nutrientes pode ser uma alternativa viável para amenizar o problema de deficiência nutricional ao longo do desenvolvimento da cultura. O parcelamento da adubação possibilita a aplicação dos nutrientes em estádios de maior demanda (BEVILAQUA et al., 2002).

Atualmente, pesquisas têm sido direcionadas para aplicação foliar dos elementos minerais como o boro (B), porque este nutriente contribui na fixação de legumes e aumento na massa de grãos por planta, resultando em melhorias na produtividade. De acordo com Souza et al. (2008), o B é um micronutriente, que participa nos processos de transporte de açúcares, lignificação, composição da estrutura da parede celular e síntese de carboidratos. Este elemento também está relacionado indiretamente na fixação biológica do nitrogênio. Na deficiência do elemento mineral, a planta pode não obter desenvolvimento adequado, resultando em má formação dos tecidos vegetativos e atrofiamento das folhas (OLIVEIRA et al., 2006).

Sendo que, os melhores resultados produtivos são encontrados quando a aplicação de B via foliar é realizada entre os estádios V6 a R5. Isso ocorre porque nesses estádios as plantas necessitam de maiores quantidades de B, para a formação de legumes e enchimento de grãos (RAIMUNDI et al., 2013; KAPPES et al., 2008).

Diante do que foi exposto, O objetivo do presente do trabalho foi avaliar a resposta da cultura da soja sob diferentes concentrações de B, aplicadas via pulverização foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento sob sistema de plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com a cultura soja cultivada a campo na fazenda experimental agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Curitibanos-SC, latitude 27°16'26.55" Sul, longitude 50°30'14.41" Oeste a 1000 metros de altitude. O clima é classificado como clima temperado húmido com Verão temperado (Cfb), com temperatura média entre 15°C e 25°C e precipitação média anual de 1500 mm. O solo é classificado como Cambissolo Háplico de textura argilosa (550 g kg⁻¹ de argila) (Embrapa, 2006). A análise química do solo indica os seguintes atributos (camada de 0-20 cm): matéria orgânica: 36,19 g dm⁻³; fósforo disponível: 10,70 mg dm⁻³; potássio disponível: 0,10 cmol cdm⁻³; pH em CaCl₂: 6,00.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas principais (3x3 m), foram

aplicadas com o uso de um pulverizador costal, calibrado para um volume de calda de 150 L ha⁻¹, quatro doses do produto comercial Stoller Boro[®]. O qual possui em sua formulação 10% de boro. Os níveis do fator dose foram: (0, 150, 300 e 450 g de B ha⁻¹ de ingrediente ativo), aplicados via adubação foliar. Nas subparcelas (1,5 x 3 m), foram avaliadas duas épocas de aplicação de boro, estágio V6 (sexto nó, quinta folha trifoliolada desenvolvida) e R2 (florescimento pleno).

Durante a condução do experimento, os tratos culturais e o manejo da cultura seguiram as recomendações técnicas para região (EMBRAPA, 2006). Anteriormente ao plantio foi realizada a inoculação de sementes de soja com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e o tratamento com inseticida (thiamethoxan[®]) e fungicida (carboxim+thiram[®]). A adubação foi executada de acordo com interpretação da análise de solo e exigência nutricional da cultura. A implantação do experimento foi sob plantio direto em palhada de aveia. A cultivar de soja utilizada foi a BMX ativa RR[®], com densidade de 12 sementes por metro linear (300.000,00 plantas ha⁻¹), no espaçamento de 40 cm entre linhas.

As características agrônômicas avaliadas foram: número de legumes por planta (NLP) (através da contagem de legumes em 15 plantas por parcela), número de grãos por legume (NGL), massa de mil grãos (MMG) (pela retirada de plantas das 3 linhas centrais, excluindo as linhas da bordadura) e a rendimento de grãos em kg ha⁻¹ (RDG), efetuando a retirada de uma área de 1 m² em cada parcela. As plantas foram arrancadas e após a secagem a pleno sol, submetidas à triagem mecânica. Os grãos foram pesados com correção de umidade para 13%.

As informações obtidas foram testadas quanto à normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias (pelo teste de Levene). As análises estatísticas foram executadas utilizando-se o software SAS. Para verificar possíveis diferenças entre os tratamentos de natureza qualitativa, foi aplicado o teste Tukey a 5% de probabilidade de erro e para o fator dose (natureza quantitativa) foi efetuada análise de regressão.

RESULTADOS

A análise de variância para massa de mil grãos (MMG) apresentou diferença significativa no fator estágio fenológico (Tabela 1). Desta forma, o teste global de F indica que ao menos um nível do fator difere para o caráter massa de mil grãos.

Tabela1. Análise de variância para a variável massa média de mil grãos. UFSC, 2016.

Causa de variação	GL ¹	Valor de F	Pr > F
Bloco	3	0.47	0.7099
Dose	3	3.45	0.0595
Erro Parcela	9	0.80	0.6291
Estádio	1	8.28	0.0164*
Dose* Estádio	3	0.73	0.5588
Erro Subparcela	10	-	-

GL: graus de liberdade. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Para se obter inferência a respeito dos resultados, foi aplicado o teste de comparação de médias para os estádios fenológicos. Conforme os valores da Figura 1 se observa que a maior massa de mil grãos, ocorreu quando a aplicação de B foi realizada no estágio R2 com 177 g, e em V6 de 168 g resultando redução em mais de 5%.

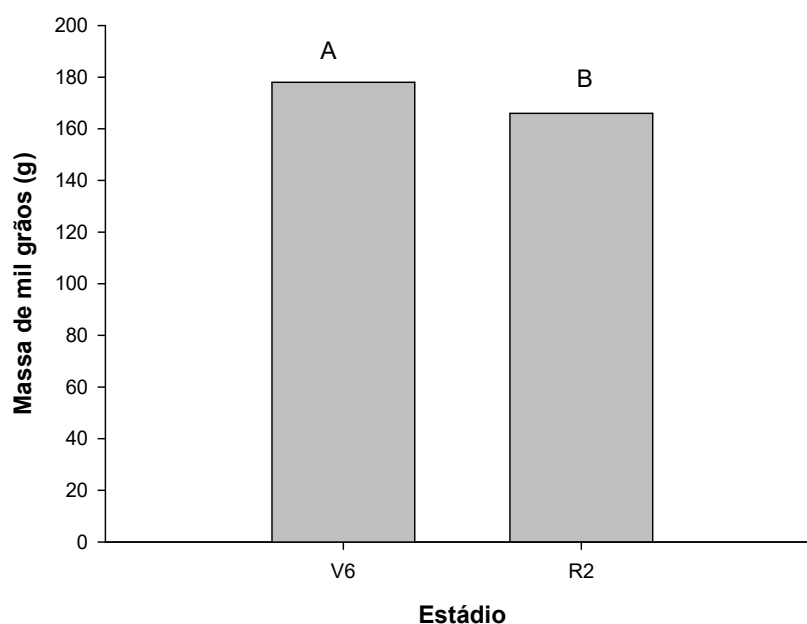


Figura 1. Massa de mil grãos de soja em dois estádios de aplicação de Boro via foliar. Letras diferentes apresentam diferença significativa de acordo com teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Já a variável número de grãos por legumes (NGL), não apresentou diferenças significativas na análise global, para dose ou estágio de aplicação, porém houve interação entre os fatores doses e estádios fenológicos (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância para número de grãos por legume (NGL). UFSC, 2016.

Causa de Variação	GL	RDG		NL	
		Valo de F	Pr > F	Valor de F	Pr > F
Bloco	3	3.35	0.0639 ^{ns}	1.84	0.2043 ^{ns}
Dose	3	3.14	0.0738 ^{ns}	0.97	0.4450 ^{ns}
Erro parcela	9	1.38	0.3032 ^{ns}	0.54	0.8159 ^{ns}
Estádio	1	2.78	0.1344 ^{ns}	0.26	0.6212 ^{ns}
Dose*Estádio	3	1.01	0.4292 ^{ns}	0.77	0.5345 ^{ns}
Erro Subparcela	10	-	-	-	-

^{ns}Significativo a 5% de probabilidade de acordo com teste F.

Desta forma, foi realizada a análise dos efeitos simples envolvidos, sendo observadas diferenças significativas para ambos os estádios de aplicação de B (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito simples do estágio de aplicação nas quatro doses de B avaliadas. UFSC, 2016.

Estádio	GL	Valor de F	Pr>F
V6	3	5.21	0.0201*
R2	3	5.66	0.0157*

*Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F.

A regressão de ordem quadrática forneceu melhor ajuste para o componente de número de grão por legume (NGL), para ambos os estádios fenológicos em função das doses aplicadas (Figura 2).

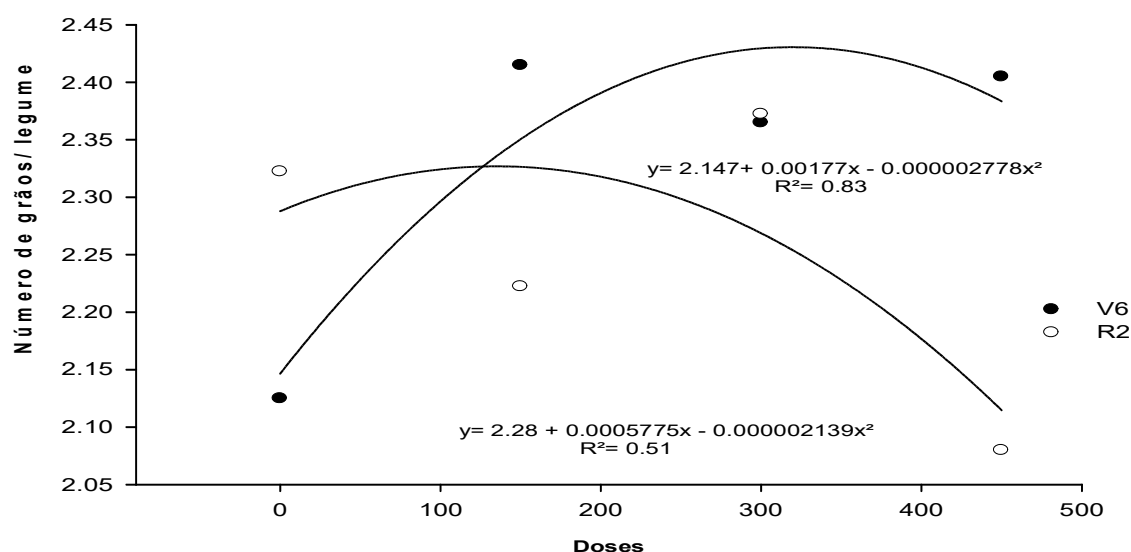


Figura 2. Ajuste de regressão quadrática para a interação doses*estádios na variável número de grão por legume.

Verifica-se que a dose de melhor eficiência técnica para o estádio V6 foi de 320 g ha⁻¹ de B o qual fornece em média 2,43 grãos por legume (aproximadamente 11,6% mais grãos por legume que a dose 0). Já para aplicação no estádio R2, a dose de melhor expressão foi de 134 g ha⁻¹, resultando em produção de 2,31 grãos por legume (aproximadamente 1,3% mais grãos por legume em relação a dose 0).

No entanto, apesar da aplicação de boro possibilitar aumento na massa de mil grãos em R2 e no número de grãos por legume para ambos em V6, a análise de variância para os outros componentes do rendimento, como o número de legumes por planta e para a produtividade não apresentou diferença significativa (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância para rendimento de grãos (RDG) e número de legumes (NL). UFSC, 2016.

Causa de variação	GL	Valor de F	Pr > F
Bloco	3	4.15	0.037*
Dose	3	2.88	0.0889
Erro Parcela	9	1.94	0.1585
Estádio	1	1.10	0.3186
Dose* Estádio	3	7.94	0.0053*
Erro Subparcela	10	-	-

^{ns} Não significativo de acordo com teste de F a 5% de probabilidade de erro.

DISCUSSÃO

As médias de produtividade obtidas no presente trabalho com a cultivar BMX Ativa com aplicação de boro no estágio V6 e no R2, são 3.030 kg ha⁻¹ e 3.356 kg ha⁻¹ respectivamente. Assim, como demonstram os dados da CONAB (2017), na safra 2016/2017, a média brasileira de produtividade de soja foi de 3.066 kg ha⁻¹ e a produtividade média em Santa Catarina foi aproximadamente de 3.030 kg ha⁻¹. Desta forma, as médias de produção obtidas neste experimento são superiores ou iguais às médias nacionais e estaduais de produção de soja.

Porém, os resultados para a aplicação de B em diferentes estágios fenológicos e doses, não foram satisfatório. O aumento no número de grãos por legume quando a aplicação ocorreu no estágio V6 e na massa de mil grãos em R2 podem ser justificada devido à relação fonte e dreno, ou seja, quando ocorreu aumento no número de grãos em V6, os fotoassimilados não foram suficiente para o enchimento de grãos. Desta forma, não houve incremento na produtividade (MALAVOLTA, 2006).

Na literatura, há um amplo debate sobre a necessidade de aplicações foliares de boro em soja, alguns relatos colaboram com os resultados encontrados neste trabalho. Como os resultados obtidos por Bellaloui et al. (2014), que também encontraram incremento no peso de 100 sementes mediante a aplicação do fertilizante B. Inclusive, os autores detectaram maior nodulação de plantas de soja nos tratamentos com aplicação do fertilizante, sendo que os autores relacionaram que o B possui efeito na massa de nódulos e na taxa de fixação de nitrogênio. No entanto, também não houve incremento no rendimento final.

Kappes et al. (2008), também não observaram efeito de aplicação de B nos estágios (V5, V9 e R3) e na interação época e doses de B (100, 200, 300, 400 g ha⁻¹), quando aplicado boro via foliar. Pode-se inferir que a aplicação de B não influencia no número de legumes por planta.

Batista et al. (2017), na avaliação da eficiência de diferentes fertilizantes foliares em três cultivares de soja também destacaram que a aplicação dos produtos

a base de boro em diferentes estádios não afetaram a produtividade de grãos e componentes produtivos principais.

Popovic et al. (2013), concluíram em sua pesquisa, que a produtividade em soja foi negativamente correlacionada com o teor de proteínas, sendo variável entre cultivares e em virtude da adubação foliar. Corroborando também com os resultados encontrados no presente estudo, Freeborn et al. (2001), citam que as aplicações foliares de boro em pré-floração e no enchimento dos grãos, não obtiveram aumento de produtividade em soja. Calonego et al. (2010), também observaram que aplicações de diferentes concentrações via foliar de boro, não proporcionaram aumento de produtividade de grãos em soja.

Por outro lado, Domingues et al., (2008) obtiveram melhorias na produtividade de soja mediante aplicações foliares de boro no estádio R3. Musskopf et al. (2010), afirma que a maior produtividade está relacionada com a reposição dos nutrientes nas folhas. Desta forma, a adubação com boro foi responsável por manter a fotossíntese, que possivelmente refletiu em maior produção.

A falta de resultados consistentes para aumento da produtividade de soja em função da aplicação de boro abre discussões a respeito da execução dessa técnica. Considerando que a calda aplicada via pulverização atinja apenas as folhas superiores devido ao efeito “guarda-chuva”, que pode dificultar a passagem das gotas para o terço médio e inferior da planta (FIOREZE et al., 2018).

Desse modo, o nutriente tende a ficar retido no terço médio superior, e devido à sua baixa mobilidade ou também ocorrência de deriva não ocorre absorção em todos os órgãos na quantidade necessária. Assim sendo, é possível que em função de baixa translocação, haja necessidade de aplicação dirigida no órgão que demande maior quantidade do nutriente, a exemplo das flores (FIOREZE, et al., 2018).

Outra hipótese é que a suplementação exclusiva de boro não seja o único fator determinante e/ou limitante para incrementos em produtividade da cultura, já que acréscimos no rendimento de grãos já foram obtidos com aplicações de agregados de nutrientes, aliado ainda a cultivares melhoradas e técnicas de manejo, dentre elas o cultivo adensado ou plantio cruzado. (CERRETA et al., 2005; ÁVILA et al., 2007).

Há também a necessidade de relacionar a quantidade do nutriente presente, devido a altos teores de matéria orgânica no solo e o grande volume de raízes

apresentado pelas plantas nesses estádios, possivelmente já proporcionam as quantidades necessárias de boro nos diferentes estádios da cultura. Quando se considera o montante de fatores, se tem observado que em muitas situações a adubação foliar apresenta baixa eficiência em soja, muito que provavelmente devido à deficiência do nutriente no momento da aplicação (MOREIRA et al., 2017).

CONCLUSÕES

A aplicação foliar de boro realizada no estágio reprodutivo (R2) proporcionou maior massa de mil grãos. As doses de maior eficiência técnica no qual se obtém o maior número de grãos por legume são 320 g ha⁻¹ para estágio R2 e 134 g ha⁻¹ para V6. No entanto, a aplicação de B via foliar não promoveu incremento de produtividade de grãos, independentemente das concentrações utilizadas, para as condições do presente estudo.

REFERÊNCIAS

- ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A. L.; ALBRECHET, L.P.; SILVA, G.P.; BARBOSA, M.C.; BRAMBILLA, T.; ARAGÃO, R. M.. Eficiência do Stimulate associado ou não ao fertilizante líquido Sett na cultura da soja. In: XI Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 11. 2007, Gramado, RS. **Anais...** Gramado, RS, 2007. v. 19.
- BATISTA, V. V.; ADAMI P. F.; LINK, L.; RABELO, P. R.; ROSA, L. C. Cultivares de soja efficiency of different foliar fertilizers in three. **Revista Técnico Científica**, v.7, p.1-11, Dez. 2017.
- BELLALOU, N. Soybean Seed Phenol, Lignin, and Isoflavones and Sugars Composition Altered by Foliar Boron Application in Soybean under Water Stress. **Food and Nutrition Sciences**, v. 03, n. 04, p. 579–590, 2012.
- BEVILAQUA. G. A. P; SILVA, P. M. F.; POSSENTI, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 31-34, 2002.
- CALONEGO, J.C. MANTOVANI, J. P. M.; FOLONI, J.S.S. Adubação boratada foliar na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**, v. 6, n.2, p. 20-26, 2010.
- CERETTA, C. A.; PAVINATO, A.; PAVINATO, P. S.; MOREIRA, I. S. P.; GIROTTI, E. ; TRENTIN, G. E. E. Micronutrientes na soja: produtividade e análise econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 576-581, 2005.

COELHO, H. A.; GRASSI FILHO, H.; BARBOSA, R. D.; ROMEIRO, J. C. T.; POMPERMAYER, G. V.; LOBO, T. F. Eficiência agronômica da aplicação foliar de nutrientes na cultura da soja. **Scientia Agraria**, Dourados, v. 04, n. 11, p. 73-78, 2011.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **A produtividade da soja: análise e perspectivas**. Disponível em: < https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_08_02_14_27_28_10_compendio_de_estudos_conab_a_produtividade_da_soja_-_analise_e_perspectivas_-_volume_10_2017.pdf >. Acesso em: 27 mar. 2018.

FIGLIARO, S. L.; TOCHETTO, C. ; COELHO, A. E. ; MELO, H. F. Effects of calcium supply on soybean plants. **COMUNICATA SCIENTIAE**, v. 9, p. 219-225, 2018.

KAPPEL, C.; GOLO, A. L.; CARVALHO, M. A C. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agronômicas e na qualidade de sementes de Soja. **Ciência Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 291-297, 2008.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631p.

MALAVOLTA, E.; GOMES, P. F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200 p.

MOREIRA, S. G.; PROCHNOW, L. I.; PAULETTI, V.; SILVA, B. M.; KIEHL, J. C.; SILVA, C. G. M. Effect of liming on micronutrient availability to soybean grown in soil under different lengths of time under no tillage. **Acta Scientiarum. Agronomy.**, Maringá, v. 39, n. 1, p. 89-97, Mar. 2017.

MUSSKOPF, C.; BIER, V. A. Efeito da aplicação de fertilizante mineral cálcio e boro via foliar na cultura da soja (Glycine Max). **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 3, n. 4, p.83-91, 2010.

OLIVEIRA, F. A.; SFREDO, G. J.; CASTRO, C.; KLEPKER, D. **Fertilidade do solo e nutrição da soja**. Londrina: Embrapa, 2007. (Circular técnica, 50).

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: Capes/Fundes, 2008. p. p.221-240.

POPOVIĆ, V. Genotypic specificity of soybean [glycine max. (l) merr.] under conditions of foliar fertilization. **Romanian agricultural research** n. 30, p.1-12, 2013.

POZZEBON, N J.; GONÇALVES, G. K.; MENDES, F. B. Caracterização do manejo da fertilidade do solo em sistemas de cultivo de soja no município de Dom Pedrito–RS. **Revista Científica Rural**, v. 20, n. 1, p. 50-61, 2018.

RAIMUNDI, D.L.; MOREIRA, G.C; TURRI, L.T. Modos de aplicação de boro na cultura da soja. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 2, 2012.

SANTOS, F.C.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; FOLONI, J.M.;ALBUQUERQUE, F.M.R.; KER, J.C. Produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de cerrado com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 2015-2025, 2008.

SEDIYAMA, T., SILVA, F., BORÉM, A. **Soja do Plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, MG, 2015. 333p.

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**, Paraíba, v. 08, n. 02, p. 37-44, 2008.