

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

PEDRO DE PAULA CABRAL

**SILÍCIO NO RECOBRIMENTO DE SEMENTE E APLICAÇÃO FOLIAR NA  
CULTURA DA SOJA**

CHAPADÃO DO SUL – MS  
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

PEDRO DE PAULA CABRAL

**SILÍCIO NO RECOBRIMENTO DE SEMENTE E APLICAÇÃO FOLIAR NA  
CULTURA DA SOJA**

Orientadora: Prof(a). Dr(a). Charline Zaratín Alves

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Mato  
Grosso do Sul, para obtenção do  
título de Mestre em Agronomia, área  
de concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS  
2017



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
**Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**  
Câmpus de Chapadão do Sul



### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

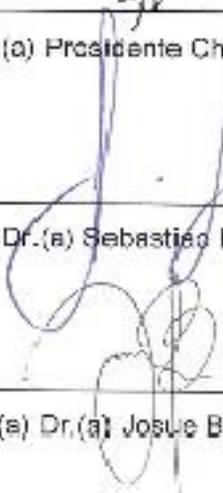
**DISCENTE: Pedro de Paula Cabral**

**ORIENTADOR (A): Prof. (a) Dr. (a) Charline Zaratini Alves**

**SILÍCIO NO RECOBRIMENTO DE SEMENTE E APLICAÇÃO FOLIAR NA  
CULTURA DA SOJA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof.(a) Dr.(a) Presidente Charline Zaratini Alves

  
\_\_\_\_\_  
Prof.(a) Dr.(a) Sebastião Ferreira de Lima

  
\_\_\_\_\_  
Prof.(a) Dr.(a) Josue Bispo da Silva

Chapadão do Sul, 21 de Fevereiro de 2017.

## DEDICATÓRIA

*Dedico aos meus pais Heuser Alves Cabral e Clarinda Gonçalves de Paula Cabral que sempre acreditaram e me incentivaram a continuar meus estudos, e a minha esposa Ana Carolina que acreditou na minha capacidade e me motivou.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar sempre do meu lado e guiando meus passos.

Aos meus pais, Clarinda e Heuser, meu irmão Hebbber e minha irmã Valeria que não está mais presente entre nós.

À minha professora Charline Zaratín Alves, pela orientação, confiança e paciência, que permitiram realizar um sonho.

Aos meus amigos Mulher de Paula e Vinicius Bezerra e colegas do Laboratório de Tecnologia de Sementes Ana Carina Cândido, Carlos Henrique Queiroz Rego, e Fernanda Brito Cardoso pela amizade e auxílio na realização dos testes; À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Câmpus de Chapadão do Sul;

Ao Secretário do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Agronomia Sinomar Moreira Andrade, que esteve sempre disposto a me ajudar.

A todos que contribuíram de maneira direta ou indiretamente para a realização desta pesquisa.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Dados diários de precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima durante a condução do experimento, Chapadão do Sul, MS, 2015/2016.....	14
<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
2	Croqui da área experimental, num esquema em faixas 2 x 4, (com recobrimento de semente e sem recobrimento de semente) x (estádios de aplicação via foliar na soja), Chapadão do Sul, MS, 2015/2016.....	16
<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
3	Desdobramento da interação para altura de plantas em função da ausência e presença do recobrimento de semente e estádios de aplicação foliar de silício na soja.....	20
<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
4	Desdobramento da interação para altura da primeira vagem em função da ausência e presença do recobrimento de semente e estádios de aplicação foliar de silício na soja.....	21
<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
5	Desdobramento da interação para número de vagens planta <sup>1</sup> em função da ausência e presença do recobrimento de semente e estádios de aplicação foliar de silício na soja.....	22
<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
6	Desdobramento da interação para condutividade elétrica em função da ausência e presença do recobrimento de semente e estádios de aplicação foliar de silício na soja.....	24
<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
7	Desdobramento da interação para envelhecimento acelerado em função da ausência e presença do recobrimento de semente e estádios de aplicação foliar de silício na soja.....	25

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
<b>8</b>	Desdobramento da interação para o teste de tetrazólio em função da ausência e presença do recobrimento de semente e estádios de aplicação foliar de silício.....	<b>26</b>

**LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA</b>		<b>PÁGINA</b>
<b>1</b>	Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental antes da instalação do experimento, Chapadão do Sul, MS, 2015/2016.....	<b>15</b>
<b>2</b>	Tabela 2. Altura de plantas (AP), altura da primeira vagem (APV), número de vagens planta <sup>-1</sup> (NVP), número de grãos planta <sup>-1</sup> (NGP), massa de 100 grãos (MMG) e produtividade (PD) de soja em função da presença ou ausência de silício no recobrimento de semente e estádios de aplicação foliar com silício. Chapadão do Sul, MS, 2015/2016.....	<b>19</b>
<b>3</b>	Primeira contagem (PC), germinação (G), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), condutividade elétrica (CE), envelhecimento acelerado (EA) e tetrazólio (TZ) na soja em função da presença ou ausência de silício no recobrimento de semente e aplicação foliar de silício em diferentes estádios. Chapadão do Sul, MS, 2015/2016.....	<b>23</b>

**SUMÁRIO**

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1 A cultura de soja.....	03
2.2 Benefícios do Silício.....	03
2.3 Silício na cultura da soja.....	05
2.4 Qualidade das sementes.....	06
3. REFERÊNCIAS.....	07
CAPÍTULO 1 - SILÍCIO NO RECOBRIMENTO DE SEMENTE E APLICAÇÃO FOLIAR NA CULTURA DA SOJA.....	
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5. CONCLUSÃO.....	26
6. REFERÊNCIAS.....	27

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil é o segundo maior produtor de soja no mundo com produção estimada de 95,6 milhões de toneladas, na safra 2015/2016 em uma área aproximada de 33,177 milhões de hectares, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (CONAB, 2016). A cultura da soja atualmente é cultivada praticamente de norte a sul do Brasil, e devido ao aumento no interesse dos produtores em aprimorar cada vez mais as técnicas de produção, buscando meios para atingir a maior produtividade com o mínimo de impacto ambiental possível, a utilização de semente de alta qualidade e utilização de técnicas de manejo para proporcionar plantas com maiores taxas de crescimento inicial e eficiência metabólica, além de maior área foliar, maior produção de matéria seca e maiores rendimentos, aumentando assim as chances de sucesso da lavoura (KOLCHINSKI et al., 2005; 2006). Deste modo, o país tem um potencial considerável para aumentar a produtividade da soja, sem necessidade de aumentar a área de cultivo, usando adequadamente as tecnologias que ajudam a incrementar a produtividade (COELHO, 2016).

O silício (Si) tem sido estudado por promover benefícios às plantas, como o fortalecimento da parede celular das folhas e caule, deixando a planta mais ereta e aumentando o potencial de fotossíntese (FILGUEIRAS, 2007). Ma e Yamaji (2006) observaram que apesar do silício não ser um elemento essencial, a deposição deste nos tecidos aumenta a resistência e a rigidez das plantas, melhorando a capacidade de superar estresses bióticos e abióticos durante o desenvolvimento. Além de permitir reduzir o uso de defensivos agrícolas, contribuindo com a diminuição do impacto ambiental no sistema de produção e proporcionando a obtenção de produtos de melhor qualidade (MOREIRA et al., 2010). A tolerância das plantas associadas ao uso do Si às condições de seca tem sido atribuída ao acúmulo de enzimas na parte aérea, indicando ser um mecanismo regulador de mudanças fisiológicas na planta (NERI et al., 2009).

Outros benefícios da adubação silicatada para as plantas podem ser observados em maior rigidez estrutural, menor transpiração, maior tolerância a doenças e pragas, maior resistência ao acamamento, encharcamento, veranicos, geadas e neutralização dos efeitos tóxicos de metais pesados por meio de ações no

metabolismo na planta, tanto do ponto de vista químico como físico, pode contribuir para aumento no crescimento e produtividade (LIMA FILHO, 2009).

Em relação aos componentes de produção, pesquisas demonstram resultados benéficos promovidos pelo uso de silicatos em cana-de-açúcar (PRADO et al., 2001), sorgo (ROCHA et al., 2011) e feijão (ALCÂNTARA, 2015). Aplicações de silício via foliar em soja nos estádios V8, R1 e R 5.1 proporcionaram aumento no crescimento das plantas e maior acúmulo de massa seca (MOREIRA et al., 2010). Crusciol et al. (2013) verificaram que a aplicação foliar de silício no feijoeiro aumentou sua concentração na folha, proporcionando maior número de vagens planta<sup>-1</sup> e, conseqüentemente, maior produtividade. Entretanto, Teixeira et al. (2008) observaram que o rendimento de grãos, número de vagens planta<sup>-1</sup>, número de grãos vagem<sup>-1</sup> e peso de 100 grãos não foram influenciados pela adubação silicatada via foliar na cultura do feijoeiro.

O silício, além de promover o fortalecimento da parede celular das folhas e dos caules ao deixar as plantas mais eretas e aumentar a área de exposição ao sol, reduz o acamamento das hastes, o que pode estar relacionada com a melhor condição hídrica nas células promovida pelo ajustamento osmótico (que confere melhor permeabilidade), o que resulta em células mais túrgidas (dilatadas) e com maior resistência mecânica, podendo favorecer uma semente de excelente qualidade (Crusciol, et al. 2013).

A qualidade fisiológica de sementes de soja é influenciada por diversos fatores que ocorrem no campo, como veranicos e ataque de percevejos e doenças, resultando em maturação forçada das sementes, acarretando baixo rendimento, sementes esverdeadas e conseqüente redução da qualidade fisiológica (FRANÇA NETO et al., 2005).

Assim, são necessários estudos que demonstrem o efeito da aplicação de Si nos componentes que influenciam a produtividade e a qualidade da cultura da soja, uma vez que grande parte dos trabalhos publicados foram realizados em gramíneas e voltados à tolerância da planta a pragas e doenças (MOREIRA et al., 2010).

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A cultura da soja**

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] tem um papel de grande importância socioeconômica para o Brasil, sendo uma das principais culturas da agricultura mundial devido a diversas formas de utilização, tanto na alimentação humana e animal como matéria-prima para vários complexos agroindustriais. Em função do potencial produtivo, a soja ocupa posição de destaque na economia brasileira, justificando a necessidade de pesquisas no sentido de aperfeiçoar o seu cultivo e reduzir os riscos de prejuízos (GUIMARÃES, 2006).

Para que os produtores alcancem altas produtividades com a cultura, é necessário que sejam adotadas práticas adequadas de manejo, diminuindo os riscos a que as plantas estão expostas no campo, práticas essas como o uso de cultivares adaptadas, semeadura em época adequada, manejo adequado do solo, controle de pragas e doenças e principalmente o uso de sementes de boa qualidade (FRANÇA NETO, 1984).

Estima-se que os principais fatores limitantes à produtividade das lavouras de soja sejam os climáticos, seguido por danos causados por doenças e insetos, porém estes últimos podem ser minimizados com a adoção de tecnologias de controle. (DE MORI et al., 2006).

### **2.2 Benefícios do silício**

Os benefícios do silício na agricultura são mencionados como corretivo no solo e fertilizante para as plantas. No solo, os silicatos neutralizam ou diminuem os efeitos tóxicos de metais pesados como: alumínio, ferro, manganês, cádmio, cromo, mercúrio, chumbo, níquel e arsênio para as culturas, e ainda melhora os atributos químicos do solo e a nutrição das plantas (PRADO et al., 2001).

O silício (Si) não é considerado um elemento essencial fisiologicamente, ou seja, a planta completa seu ciclo na sua ausência, e sua ação não está relacionada diretamente à nutrição da planta (BISSANI et al., 2008). No entanto, mesmo não sendo considerado um elemento essencial, sua absorção traz inúmeros benefícios para o desenvolvimento e adaptação das plantas a condições de estresses abióticos (EPSTEIN, 1994). Segundo Datnoff et al. (2007), devido ao aumento da espessura

da lamela média, o silício tem aumentado a resistência física de várias espécies, na sua maioria monocotiledôneas, às pragas e doenças, bem como a diversos tipos de estresses abióticos, tais como altas temperaturas, déficit hídrico e toxidez de ferro e manganês às raízes.

O silício na natureza ocorre nas formas de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e silicatos, não sendo encontrado puro (DUARTE; COELHO, 2011). As fontes de Si mais utilizada para as plantas são escórias de siderurgia, wollastonita (silicato de cálcio), subprodutos da produção de fósforo elementar, silicato de cálcio, silicato de alumínio, silicato de sódio, cimento, termofosfato, silicato de magnésio (serpentinó), silicato de potássio e sílica coloidal (KORNDÖRFER et al., 2002). Segundo Guével et al. (2007), o silício proporciona efetivo controle de doenças em plantas e está relacionado à redução de efeitos prejudiciais decorrentes de agentes químicos (salinidade, toxidez causada por metal pesado e desbalanço de nutrientes) e físicos (acamamento, seca, radiação, altas e baixas temperaturas). Segundo Gomes et al. (2008), para o crescimento e desenvolvimento das plantas, o silício tem mostrado efeito benéfico sobre o aumento de produção de diversas culturas do ponto de vista fisiológico.

Para Moreira et al. (2010) aplicações de silício na cultura da soja em diferentes estádios fenológicos (V8, R1 e R 5.1) promoveram aumento do acúmulo de fitomassa seca e da taxa de crescimento da cultura. Entretanto, Lima (2010) relata que a aplicação de argila silicatada em sulco e foliar não interferiu na qualidade fisiológica e produtividade, tendo ainda efeito negativo na qualidade sanitária de sementes de arroz. Já Zelin et al. (2011) afirmaram que aplicações de silicato influenciam positivamente na produtividade da soja, assim como na diminuição da área foliar atacada por lagartas. De acordo com Neri et al. (2009), a tolerância das plantas, associadas ao uso do Si e às condições de seca, por exemplo, tem sido atribuída ao acúmulo de enzimas na parte aérea, indicando ser um mecanismo regulador de mudanças fisiológicas na planta, a partir da redução do potencial hídrico celular, levando, conseqüentemente, ao fechamento dos estômatos e ao desenvolvimento de processos reguladores de perda de água.

O Si ativa genes responsáveis pela produção de compostos secundários no metabolismo, como polifenóis e enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa das plantas que está relacionado à proteção física construída na epiderme das folhas. Deste modo, há uma produção adicional de toxinas que podem agir

como substâncias inibidoras de patógenos, como por exemplo, a bruzone e mancha parda em arroz, cancro-da-haste em soja, oídio em trigo, soja, pepino, tomate, rizoctoniose em arroz e sorgo e cercosporiose em cafeeiro, dentre outras (LIMA FILHO, 2005).

### 2.3 Silício na cultura da soja

O silício é absorvido pela planta na forma de ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ) juntamente com a água (fluxo de massa), por meio de um processo regulado pela transpiração e se acumula principalmente nas áreas de máxima transpiração, como ácido silícico polimerizado. No entanto, são consideradas plantas acumuladoras de silício, aquelas que possuem teor foliar acima de 1%, e não acumuladoras plantas com teor de silício inferior a 0,5% (MA et al., 2001), sendo a soja considerada como planta não acumuladora. Na planta, o silício concentra-se nos tecidos de suporte do caule e nas folhas, podendo ser encontrado em pequenas quantidades nos grãos. A concentração de sílica é maior na parte aérea do que na raiz, sendo a maior concentração nas folhas velhas e na parte basal (WIESE et al., 2007). Em geral, o conteúdo médio de silício das raízes é menor se comparado com o caule e folhas, em alguns casos, como por exemplo, na soja, o teor de Si na raiz é maior do que nas folhas (OLIVEIRA; CASTRO, 2002).

O aumento das doses de silício aplicado no sulco da semeadura misturado com adubo, promoveu um incremento significativo no número de vagens por planta, altura de plantas e altura de inserção da primeira vagem (PEREIRA, 2008). Lima (2006) e Nascimento et al. (2005) verificaram redução na severidade da ferrugem da soja em plantas supridas com silicato de potássio e mistura de silicato com fungicida protetor e sistêmico, bem como aumento no conteúdo de clorofila b e carotenóides e do teor de lignina das folhas. Ferreira (2006) verificou comportamento diferente em cultivares de soja com a aplicação de Si em vaso, havendo aumento da resistência à mosca-branca (*Bemisia tabaci*). Miyake e Takahashi (1985) relataram que na cultura da soja, a deficiência de silício causa sintomas como a má formação de folha e redução da fertilidade do grão de pólen, porém em condições hidropônicas, cultivando plantas de soja em solução com  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de Si, notou-se incremento de 20% destas variáveis em relação a testemunha sem Si.

## **2.4 Qualidade das sementes**

Para aumentar as chances de sucesso na lavoura, é essencial que as sementes de soja sejam de alta qualidade fisiológica (KOLCHINSKI et al. 2005; 2006). A obtenção de um estande de plantas uniforme está atribuída as seguintes características: genéticas, físico, fisiológico e sanitário. O atributo genético está relacionado ao potencial produtivo, resistência a pragas e doenças, precocidade, qualidade da semente e resistência às condições adversas de solo e clima, entre outros. O físico seria a pureza física, umidade, danos mecânicos, massa de 100 sementes. O fisiológico está expresso principalmente pelo vigor e germinação, além de dormência em algumas espécies. E para o sanitário, infecção e infestações das sementes por microrganismos patogênicos que podem afetar na germinação e vigor (Peske et al. 2012).

Entretanto, somente isto não é suficiente para garantir seu desempenho, pois, após a semeadura, as sementes ficam expostas a altas temperaturas e a germinação ocorre em limites bem definidos de temperatura, ao ataque de pragas e microrganismos, o que pode resultar em baixo e desuniforme estande de plantas. A qualidade fisiológica das sementes é avaliada pelo seu vigor, que é relacionado com uma série de fatores, como condições climáticas durante a maturação, condições de armazenamento, dano mecânico, nutrição das plantas genitoras e tratamento químico das sementes, entre outros (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

### 3 REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, A. S. A. **Características agronômicas do feijoeiro em função de doses de silício e bioestimulante**. 2015. 50 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Concentração em Fitotecnia) – UESB, Vitória da Conquista
- BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5ed. FUNEP, Jaboticabal, 2012. 590p.
- COELHO, P. H. M.; **Doses de silício na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja**. 2016, 36 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Concentração em Produção Vegetal) Universidade Estadual de Goiás – Campus de Ipameri.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **Monitoramento Agrícola**, Brasília, v. 2, n 9, 109 p, 2016.
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 404-410, 2013.
- DATNOFF, L. E.; RODRIGUES, F. A. SEEBOLD, K. W. Silicon and Plant Nutrition. In: Datnoff L. E.; Elmer W. H.; Huber D. M. (Eds.) **Mineral Nutrition and Plant Disease**. Saint Paul MN. APS Press. 2007, pp. 233-246.
- DE MORI, C. et al. Levantamento de Uso de Tecnologias em Lavouras de Soja na metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul. In: COSTAMILAN, L.M.; BERTAGNOLLI, P. F., MORAES, R. M. A. de (Org.). Soja: resultados de pesquisa 2005/2006. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. p. 222-271.
- DUARTE, N. I.; COELHO, L. Uso do silício no cultivo de mudas de eucalipto. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**. Goiania, v.7, n.12; p. 1, 2011.
- EPSTEIN, E. The anomaly of silicion in plant biology. **Proceeding National Academic Science**, Washington, v. 91, p. 11-17, 1994.
- FERREIRA, R.S. **Influência do silício na indução de resistência à mosca branca Bemisia tabaci biótipo B (Genm.) (Hemíptera: Aleyrodidae) e no desenvolvimento vegetativo em dois cultivares de soja Glycine max (L.) Merrill**. 2006. 50 p. Dissertação ( Mestrado em Agronomia: Área de Concentração em Entomologia) – UFL, Lavras.

- FILGUEIRAS, O. Silício na agricultura. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, n. 140, p. 72-74, 2007
- FRANÇA NETO, J. B. ET al, Semente esverdeada de soja e sua qualidade fisiológica. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 4p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 38.),
- FRANÇA NETO, J. B. Qualidade fisiológica da semente. In: FRANÇA NETO, J. B; HENNING, A. A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, (EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica, 9). P. 5-24. 1984.
- GOMES, F. B. et al. Uso de silício como indutor de resistência em batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Piracicaba, v. 37, p.185-190, 2008.
- GUÉVEL, M.H.; MENZIES, L.G.; BÉLANGER R.R. Effect of root and foliar applications of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants. **European Journal of Plant Pathology**, 119 p. 429–436, 2007.
- GUIMARÃES, FABRÍCIO DE SOUZA, **Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG**. Lavras: UFLA, 44 p. 2006.
- KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 163-166, 2006.
- KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n.6, p.1248-1256, 2005.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Silicatos de Cálcio e Magnésio na Agricultura. 2.ed. Uberlândia, GPSi/ICIAG/UFU, 2002. 24 p. (**Boletim Técnico**, 1).
- LIMA FILHO, O. F. **Buscando maior sustentabilidade na agricultura com silicatos**. 2009. Artigo em Hibertexto. Disponível em [http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_1/Silicatos/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/Silicatos/index.htm). Acesso em: 10 set 2016.
- LIMA, B. A. D. Uso da argila silicatada como fonte de silício na produção de sementes de cereais. 2010. 40p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes)-Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, 2010.

- LIMA, L.M. Manejo da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow). Lavras: Universidade de Lavras, 2006.
- MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, Okayama, v.11, n.8, p.392-397, 2006.
- MA, J.F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plant. In: *Silicon in Agriculture*. Edited by DATNOFF, L. E.; KORDÖRFER, G. H.; SNYDER, G. New York: Elsevier science. 2001. p. 17-39.
- MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicone on the growth of soybean in a solution culture. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, v. 31, p. 625-636, 1985.
- MOREIRA, A. D. R. et al. Resposta da cultura de soja a aplicação de silício foliar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 413-423, 2010.
- MOREIRA, A. D. R. et al. Resposta da cultura de soja a aplicação de silício foliar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 413-423, 2010.
- NASCIMENTO, J.F. et al. Effect of potassium silicate combine dor not with systemic or protector fungicides on the control fo asian soybean rust. In: **Silicon in agriculture**. Elsevier science, Amsterdam, 2005. P. 121
- NERI, D. K. P. et al. Influência do silício na suscetibilidade de *Spodopterafrugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) ao inseticida lufenuron e no desenvolvimento de plantas de milho. **Ciência Rural**, vol.39, n.6, 2009.
- OLIVEIRA, L. A.; CASTRO, N. M. Ocorrência de Sílica nas Folhas de *Curatella americana* L. e de *Davilla elliptica* St. Hil. **Revista Horizonte Científico**, v. 1, n. 1, p. 1-16, 2002.
- PEREIRA JUNIOR, P.; **Doses de silício na produtividade de soja [Glycine max(L.) Merrill] e suas características agronômicas**, Lavras: UFLA, 2008.
- PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A.; SCHUCH, L. O. B. Produção de sementes. IN.: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. (Orgs.) **Sementes: Fundamentos Científicos e tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: Editora Universitária/UFPel, 2012. 13-104.
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. & NATALE, W. Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil – Estudos na cultura da cana-de-açúcar. Jaboticabal, Funep, 2001. 68p
- ROCHA L. C. M. et al. Efeito residual da escória de siderurgia como fonte de silício para cultura do sorgo. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v. 18, n. 2, p. 101-115, 2011.

TEIXEIRA, I. R. et al. Fontes de silício em cultivares de feijão nas safras das águas e da seca. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, n. 4, p. 562-568, 2008.

WIESE, H.; NIKOLIC, M.; RÖMEHELD, V. Silicon in plant nutrition – Effects on zinc, manganese and boron leaf concentrations and compartmentation. **The apoplast of higher Plants: Compartment of Storage, Transport, and Reactions**. Springer, p. 33-48, 2007.

ZELIN, E.; BUSSOLARO, I.; SIMONETTI, A. P. M. M. Aplicação de silício no controle de lagartas e produtividade da cultura da soja. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.4, n.1, p.171-180, 2011.

## CAPÍTULO 1 - SILÍCIO NO RECOBRIMENTO DE SEMENTE E APLICAÇÃO FOLIAR NA CULTURA DA SOJA.

### RESUMO

CABRAL, Pedro de Paula. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Silício no recobrimento de semente e aplicação foliar na cultura da soja.

Professor Orientador: Charline Zaratin Alves.

O silício tem um papel importante na relação planta- ambiente, porque pode conferir vários benefícios para a cultura, como melhores condições para suportar adversidades climáticas, maior tolerância ao ataque de insetos e doenças, tendo como resultado final o aumento na produção com melhor qualidade do produto. Este trabalho teve como objetivo avaliar se a aplicação do silício no recobrimento de sementes e via foliar influenciam os componentes de produção, produtividade e a qualidade de sementes na cultura da soja. O experimento foi instalado na Estação de Pesquisa Astecplan em Chapadão do Sul – MS, Brasil, utilizando o delineamento em blocos ao acaso num esquema em faixas 2 x 4, sendo recobrimento ou não de semente com silício (tratamentos principais) ( $5 \text{ g kg}^{-1}$ ) e estádios de aplicação via foliar de silício (tratamentos secundários), sendo utilizada a dose de  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  do produto para cada época de aplicação, nos estádios R2, R5 e R2+R5, além da testemunha, com quatro repetições. No campo, foram avaliadas a altura de plantas, altura da primeira vagem, número de vagens planta<sup>-1</sup>, número de grãos planta<sup>-1</sup>, massa de 100 grãos e produtividade; e no laboratório foram realizados testes de germinação e vigor (primeira contagem de germinação, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, comprimento e massa seca de plântulas e tetrazólio). O recobrimento de sementes com silício não influencia os componentes de produção e produtividade da soja. A aplicação de silício via foliar nos estádios R2+R5 incrementa o número de vagens e grãos planta<sup>-1</sup>. O recobrimento com silício e a aplicação foliar em R2+R5 isolados são promissores para incrementar a qualidade das sementes de soja.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L.) Merrill, componentes de produção, vigor, adubação silicatada.

## ABSTRACT

CABRAL, Pedro de Paula. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Silicon in seed coating and foliar application in the soybean.

Author: Pedro de Paula Cabral

Adviser: Charline Zaratin Alves

The silicon has an important role in the plant-environment relationship because it can confer several benefits to the crop, such as: better conditions to support climatic adversities, greater tolerance to insect attack and disease, resulting in an increase in production with better quality of the product. This study had the objective to test if the application of silicon in seed coating and foliar components influence the production and productivity of soybean. The experiment was installed in Astecplan research station in Chapadão do Sul - MS, Brazil, using the design of randomized blocks in a scheme in bands 2 x 4, and coating or no seed silicon (the main treatment) ( $5 \text{ g kg}^{-1}$ ), and silicon foliar application stages (secondary treatment), using a dose of  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  product for each application season in stadiums R2, R5 and R2 + R5, and a control, with four repetitions. Were evaluated the plant height, first pod height, number of pods  $\text{plant}^{-1}$ , number of grains  $\text{plant}^{-1}$ , mass of 100 grains and productivity and in the laboratory were performed test of germination and vigor (first counting of germination, electrical conductivity, accelerated aging, seed mass and tetrazolium) . The seed coating with silicon does not affect the components of production and soybean yield, however, the application of silicon via foliar in stages R2 + R5 increased number of pods  $\text{plant}^{-1}$  and the number of grain  $\text{plant}^{-1}$ . The silicon coating and foliar application in R2 + R5 isolated are promising to increase the quality of soybean seeds.

**Keywords:** *Glycine max* (L.) Merrill, Silicon fertilization, production components

## 1 INTRODUÇÃO

A soja é considerada para o setor do agronegócio a oleaginosa mais importante do mundo graças ao seu alto teor de proteínas, que proporcionam múltiplas utilizações, com a formação de um complexo industrial destinado ao seu processamento (GRAZZIERO; SOUZA, 1993). Diante disso, torna-se importante a realização de estudos e pesquisas que contribuam para diminuição dos riscos de perdas no rendimento e na qualidade das sementes. O fornecimento dos nutrientes necessários para o ciclo da cultura é de importância inquestionável. Deste modo, o estudo sobre a utilização de silício (Si) na soja torna-se necessário por apresentar vários benefícios para a cultura.

Pesquisas mostram que o silício estimula o crescimento e a produção vegetal por meio de várias ações indiretas, propiciando proteção contra fatores abióticos, como estresses hídricos, amenização da toxidez de Al, Fe, Mn e Na, e bióticos, como a incidência de insetos, praga e doenças (EPSTEIN, 1994).

O silício ao ser absorvido pela planta na forma de ácido monossilícico  $H_4SiO_4$  é translocado via xilema e concentra-se nos tecidos de suporte (caule e folhas) e é encontrada em pequenas quantidades nos grãos. O conteúdo médio de sílica das raízes é um décimo da concentração do caule (TAKAHASHI, 1995; KORNDÖRFER et al., 2004). No interior da planta, 99% do silício acumulado encontra-se na forma de ácido silícico polimerizado e o restante, 1%, encontra-se na forma coloidal ou iônica (YOSHIDA, 1975).

As plantas diferem na sua capacidade de absorver o silício e podem apresentar diferentes concentrações de silício (NABLE et al., 1990). Dessa forma, as plantas superiores são classificadas, em relação ao acúmulo de silício, e em relação à razão Si/Ca na matéria seca como: acumuladoras (elevado teor de silício e sua absorção é ligada à respiração aeróbica), intermediárias (apresentam uma quantidade considerável de Si e a concentração do elemento no meio é alta) e, não acumuladoras (baixo teor dos elementos, mesmo com altos níveis de Si no meio, indicando um mecanismo de exclusão) (MIYAKE; TAKAHASHI, 1985).

A soja e as cucurbitáceas, por exemplo, enquadram-se na categoria das intermediárias, pois translocam o silício livremente das raízes para a parte aérea (LIMA FILHO et al., 1999).

Diante do exposto, a adubação silicatada pode contribuir nos processos fisiológicos essenciais da cultura da soja. Assim, o trabalho tem por objetivo avaliar se o recobrimento de sementes e a aplicação foliar de silício influenciam os componentes de produção, produtividade e a qualidade de sementes na cultura da soja.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para atender aos objetivos propostos no trabalho, foram estabelecidos dois experimentos, em campo e em laboratório. O experimento de campo foi instalado na Estação de Pesquisa Astecplan, localizado na Fazenda Indaiá I, no município de Chapadão do Sul, MS, Brasil. O clima da região é do tipo Cwa, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, com estações chuvosas no verão e seca no inverno. A precipitação pluvial e a temperatura máxima e mínima (médias diárias) durante a condução do experimento está apresentada na Figura 1. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Escuro de textura argilosa e, de acordo com a análise química do solo e interpretação dos resultados, os nutrientes estavam em condições ideais para a semeadura, havendo necessidade apenas de adubação de manutenção. (Tabela 1).

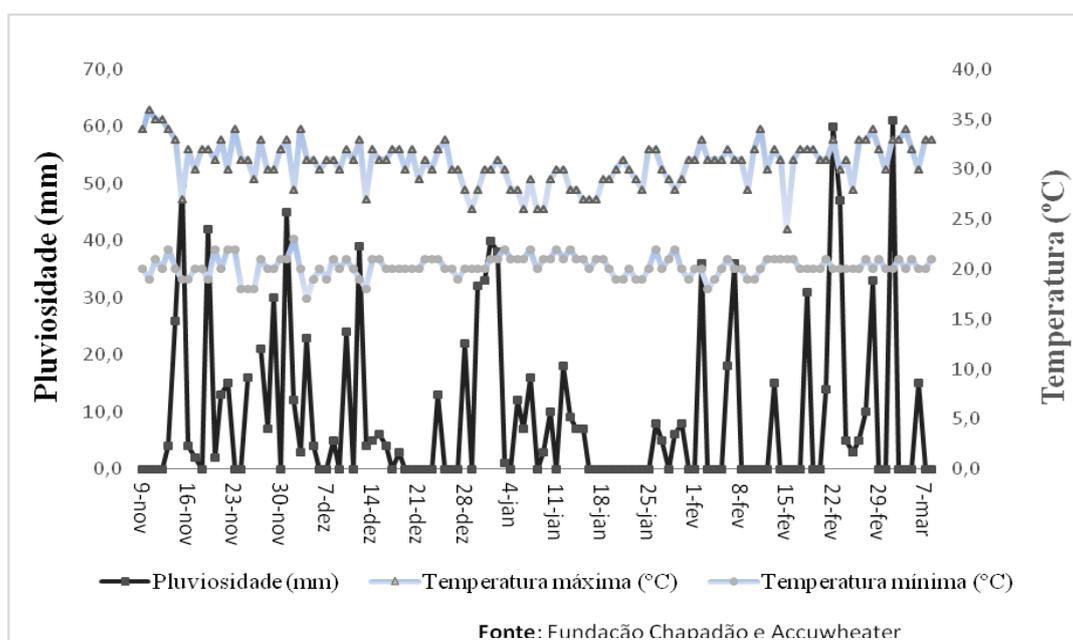


Figura 1. Dados diários de precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima durante a condução do experimento, Chapadão do Sul, MS, 2015/2016.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental antes da instalação do experimento, Chapadão do Sul, MS, 2015/2016.

Prof	P (res.)	K	MO	pH	H+Al <sub>3</sub>	Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
(cm)	mg dm <sup>3</sup>	g dm <sup>3</sup>	g dm <sup>3</sup>	CaCl <sub>2</sub>			cmolc. dm <sup>3</sup>					%
0-20	23,3	119	26	5,3	3,9	0,02	0,30	4,5	1,3	6,1	10	61

CTC = Capacidade de troca de cátions do solo; V = Saturação por bases; Método de extração = pH – CaCl<sub>2</sub>; Ca, Mg e Al = KCL 1N; K = Mehlich1; P = Resina;

A semeadura foi realizado no dia 16 de novembro de 2015, sob sistema de semeadura direta, utilizando semeadora de nove linhas, com espaçamento de 0,45 m e densidade populacional de 400 mil pl<sup>-1</sup>, em área de resteva de algodão. A cultivar utilizada TMG7062IPRO tem o ciclo de 105 a 110 dias após a emergência para a região do Chapadão do Sul e seu hábito de crescimento é semi-determinado. A adubação de semeadura foi 100 kg ha<sup>-1</sup> de Map e 100 kg ha<sup>-1</sup> de KCl à lanço 10 dias após a semeadura, e a colheita foi realizada manualmente no dia 17 de março de 2016.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, num esquema em faixas 2 x 4, sendo recobrimento ou não de semente com silício (tratamentos principais) x estádios de aplicação (tratamentos secundários), com quatro repetições, conforme apresentado na Figura 2. As parcelas consistiram de cinco linhas de sete metros de comprimento, no espaçamento de 0,45 m entre linhas, sendo considerada como área útil as três linhas centrais, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade.

BLOCO I		BLOCO II		BLOCO III		BLOCO IV	
CRS T-2	SRS T-2	CRS T-3	SRS T-3	CRS T-2	SRS T-2	CRS T-1	SRS T-1
CRS T-4	SRS T-4	CRS T-1	SRS T-1	CRS T-4	SRS T-4	CRS T-3	SRS T-3
CRS T-1	SRS T-1	CRS T-2	SRS T-2	CRS T-1	SRS T-1	CRS T-2	SRS T-2
CRS T-3	SRS T-3	CRS T-4	SRS T-4	CRS T-3	SRS T-3	CRS T-4	SRS T-4

Figura 2. Croqui da área experimental, num esquema em faixas 2 x 4, (com recobrimento de semente e sem recobrimento de semente) x (estádios de aplicação via foliar na soja), Chapadão do Sul, MS, 2015/2016.

CRS = com recobrimento de sementes; SRS = sem recobrimento de sementes; T-1 = testemunha sem aplicação foliar; T-2 = aplicação em R2; T-3 = aplicação em R5; T-4 = aplicação em R2 + R5.

Antes da semeadura, as sementes foram tratadas industrialmente com produto a base de abamectina, fludioxonil, metalaxil, thiabendazole e thiamethoxam (30 + 42 + 1,5 + 1,2 + 9 g de i.a./ha). As sementes foram divididas em duas partes, uma sem recobrimento e a outra recoberta pelo produto contendo silício (26% de Si, 2,8% Mg, 1,9% CaO, 2,6% Fe, 2,4% Na e 1,4% K), proveniente de filossilicatos, sendo utilizado a dose recomendada pelo fabricante (5 g kg<sup>-1</sup>). A aplicação foliar do silício foi realizada utilizando pulverizador costal com barra de três bicos, utilizando a dose de 1 kg ha<sup>-1</sup> para cada época de aplicação nos estádios R2 (pleno florescimento), R5 (início do enchimento das sementes), e R2+R5, além da testemunha sem aplicação.

Ao longo do cultivo foi realizada uma aplicação de herbicida pós emergente (Glifosato) visando controle de plantas daninhas, uma aplicação de inseticida (Organofosforado) visando controle de pragas e duas aplicações de fungicidas visando controle de ferrugem e doenças de final de ciclo.

No estágio R8 (maturação plena), em uma linha útil de cada parcela, foram colhidas 10 plantas aleatórias e efetuadas as seguintes avaliações: altura de planta, altura da primeira vagem, número de vagens planta<sup>-1</sup>, número de grãos planta<sup>-1</sup> e massa de 100 grãos.

A altura de planta foi determinada com o auxílio de régua graduada em milímetros, medindo-se do nível do solo até a inserção da última folha, e a altura de inserção da primeira vagem foi efetuada medindo-se do nível do solo até a inserção da primeira vagem no caule; os dados foram expressos em milímetros. O número de vagens planta<sup>-1</sup> e número de grãos planta<sup>-1</sup> foi determinado por meio da contagem do número de vagens e de grãos presentes nas 10 plantas colhidas de cada parcela. O massa de cem grãos foi determinado de acordo com o indicado nas Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009).

Para o cálculo de produtividade foram colhidas manualmente as outras duas linhas da área útil da parcela, desprezando as bordaduras, sendo limpas em trilhadeira, pesadas e posteriormente determinado o teor de água, sendo corrigido a 13% de umidade.

Após realizadas as avaliações de campo iniciaram-se as análises das sementes no Laboratório de Tecnologia de Sementes do Campus de Chapadão do Sul/UFMS, com as seguintes avaliações: germinação, primeira contagem, comprimento da parte aérea, comprimento de raiz, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e tetrazólio.

O teste de germinação foi realizado utilizando-se quatro repetições de 50 sementes por tratamento, semeadas em rolos de papel do tipo germitest, umedecidos previamente com água destilada, na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato não hidratado. Os rolos foram colocados no germinador regulado à temperatura de  $25 \pm 2$  °C e a contagem das plântulas normais realizada no oitavo dia após a semeadura. O teste de primeira contagem de germinação ocorreu conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as percentagens médias de plântulas normais, após cinco dias da instalação do teste (BRASIL, 2009).

Para a avaliação de comprimento de parte aérea e raiz foram utilizadas 20 sementes por repetição, as quais foram semeadas no papel germitest pré-umedecido, sobre uma linha traçada a três centímetros da borda do papel, no sentido longitudinal. Os rolos de papel foram mantidos em sacos plásticos para manutenção da umidade, havendo ainda um espaço superior de 15 cm para permitir o crescimento das plântulas. Após cinco dias determinou-se o comprimento da parte aérea e raiz das plântulas normais, com régua graduada em milímetros e os

resultados médios por plântula foram expressos em centímetros (NAKAGAWA, 1999).

As avaliações de massa seca da parte aérea e raiz foram realizadas a partir das plântulas normais obtidas no teste de comprimento de plântulas descrito anteriormente, nas quais foi removido o cotilédone e separada a raiz da parte aérea, com auxílio de uma lâmina. Os materiais vegetais foram inseridos separadamente em estufa de circulação forçada regulada a 80°C, durante 24 horas. Após esse período, as amostras foram esfriadas em dessecador e o material obtido teve a massa determinada em balança analítica; os dados foram expressos em gramas.

O teste de envelhecimento acelerado foi realizado com quatro repetições, utilizando-se o método de gerbox, espalhando 200 sementes em camada única sobre tela metálica suspensa dentro das caixas, contendo 40 mL de água destilada ao fundo, sendo posteriormente tampadas e acondicionadas em câmara BOD, a 41 °C por 48h (MARCOS FILHO, 2005). Após este período, as sementes foram colocadas para germinar conforme metodologia descrita para o teste de germinação, e avaliadas no quinto dia, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Para o teste de condutividade elétrica, utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes fisicamente puras de cada parcela, as quais foram pesadas, imersas em 75 mL de água destilada no interior de copos plásticos, mantidas a 25 °C e, após 24 horas de embebição, procedeu-se à leitura da condutividade elétrica da solução. Os resultados médios foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ .

O teste de tetrazólio foi realizado com duas repetições de 50 sementes para cada tratamento, as sementes foram umedecidas em papel germitest e acondicionadas em BOD durante 16 horas. Decorrido este período, as sementes foram imersas em solução a 0,075% de sal de tetrazólio e mantidas durante quatro horas no interior de uma estufa a 40 °C. Após o desenvolvimento da coloração, as sementes foram lavadas em água corrente e avaliadas individualmente, conforme França Neto et al. (1994).

Os dados foram submetidos à análise de variância, comparando-se as médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se interação significativa para altura de plantas, altura da primeira vagem e número de vagens planta<sup>-1</sup> (Tabela 2).

Tabela 2. Altura de plantas (AP), altura da primeira vagem (APV), número de vagens planta<sup>-1</sup> (NVP), número de grãos planta<sup>-1</sup> (NGP), massa de 100 grãos (MMG) e produtividade (PD) de soja em função da presença ou ausência de silício no recobrimento de semente e estádios de aplicação foliar com silício. Chapadão do Sul, MS, 2015/2016.

Trat.	AP (cm)	APV (cm)	NVP	NGP	MMG (g)	PD (kg ha <sup>-1</sup> )
Com Si	76,85	12,29	31,37	74,50 b	19,73	4130,43
Sem Si	79,93	13,84	34,92	81,70 a	19,76	4149,79
Test	76,60	12,22	31,26	73,77 b	19,67	4065,00
R2	83,01	14,63	31,93	72,91 b	20,05	4147,80
R5	81,39	13,72	31,96	77,60 ab	19,32	4101,00
R2 + R5	72,56	11,68	37,43	88,11 a	19,93	4246,20
F (TS)	1,977 <sup>ns</sup>	28,64*	16,97*	14,47*	0,01 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>
F (SI)	15,36*	8,59*	8,29*	4,84*	0,67 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>
F (TS x SI)	11,87*	26,30*	0,80*	0,11 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>
CV1 (%)	7,89	6,28	7,35	6,85	3,48	1,54
CV2 (%)	4,37	10,02	8,52	11,48	5,58	4,37
CV3 (%)	3,30	6,72	9,41	11,94	5,23	4,43

(1) Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; \* Significativo estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; ns: não significativo

Para a altura de plantas (Figura 3), o recobrimento das sementes com o produto utilizado como fonte de silício interferiu de forma negativa para a testemunha sem aplicações via foliar, demonstrando que a utilização de silício no recobrimento das sementes não favorece a altura de plantas. Avaliando as aplicações via foliar, a maior altura de plantas foi observada quando houve o recobrimento das sementes com silício e aplicando no estágio R2, diferenciando estatisticamente da testemunha e em R2+R5. Já quando não houve o recobrimento das sementes com silício as aplicações foliares de silício não apresentaram diferença estatística. Segundo Aguila et al. (2011), plantas menores que 50 cm favorecem a formação de vagens muito próximos ao solo, dificultando a colheita mecanizada e aumentando as perdas na produtividade.

A cultivar TMG7062IPRO utilizada tem hábito de crescimento semi-determinado, ou seja, apresenta atributos tanto do tipo determinado (após o início

do florescimento as plantas aumentam em altura) como indeterminado (crescem até o final do florescimento) (MUNDSTOCK et al., 2005), embora, ter apresentado interferência negativa no recobrimento das sementes com silício, expressou altura de plantas superiores a 70 cm, favorecendo uma boa colheita mecanizada.

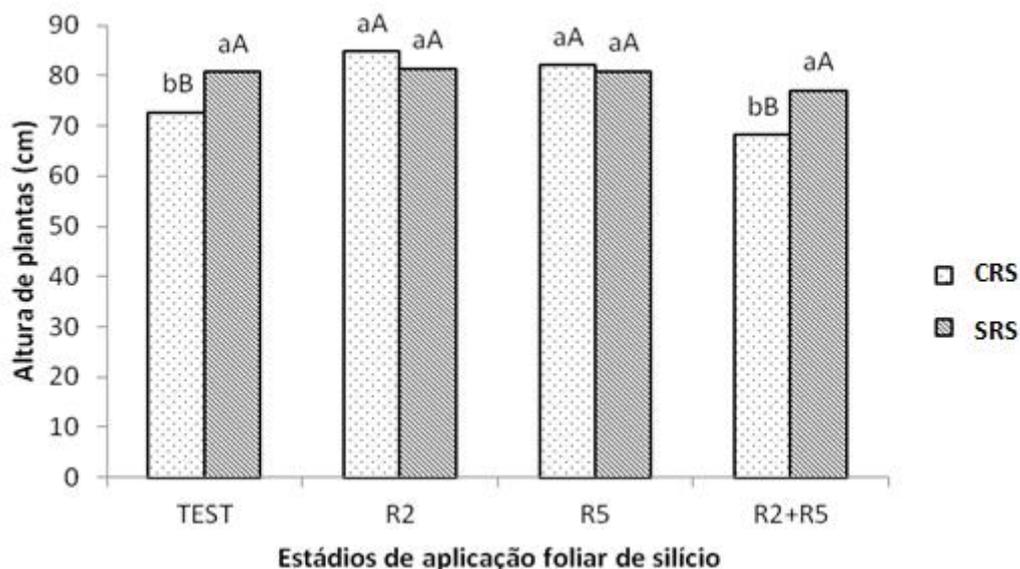


Figura 3. Desdobramento da interação para altura de plantas em função da ausência e presença do recobrimento de semente e estádios de aplicação foliar de silício na soja.

\*Letras maiúsculas iguais, entre os estádios de aplicação não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; letras minúsculas iguais, dentro dos estádios de aplicação não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CRS: com recobrimento de semente; SRS: sem recobrimento de semente.

Para altura da primeira vagem (Figura 4), o recobrimento de sementes com silício interferiu negativamente para a testemunha sem aplicação de silício via foliar, certificando que a utilização de silício no recobrimento de sementes não favorece a altura da primeira vagem. Avaliando a aplicação via foliar de silício, a maior altura da primeira vagem foi quando houve o recobrimento de semente com silício e aplicando no estádio R2, diferenciando estatisticamente da testemunha e aplicação em R2+R5; e quando não houve recobrimento de semente com silício, a maior altura da primeira vagem foi observada na testemunha sem aplicação foliar de silício diferenciando estatisticamente apenas de R2+R5.

A altura da inserção da primeira vagem tem importância na prevenção de perdas na colheita mecanizada e está relacionada com as características da própria cultivar (SEDIYAMA, 1972). A cultivar escolhida deve apresentar uma altura de

inserção da primeira vagem no mínimo de 10 a 12 cm, embora a altura satisfatória seja em torno de 15 cm (MARCOS FILHO, 1986). Assim, podemos afirmar que o recobrimento de semente com silício de forma isolada interferiu negativamente na altura da primeira vagem, com 9,42 cm, verificando valores inferiores ao mínimo estabelecido.

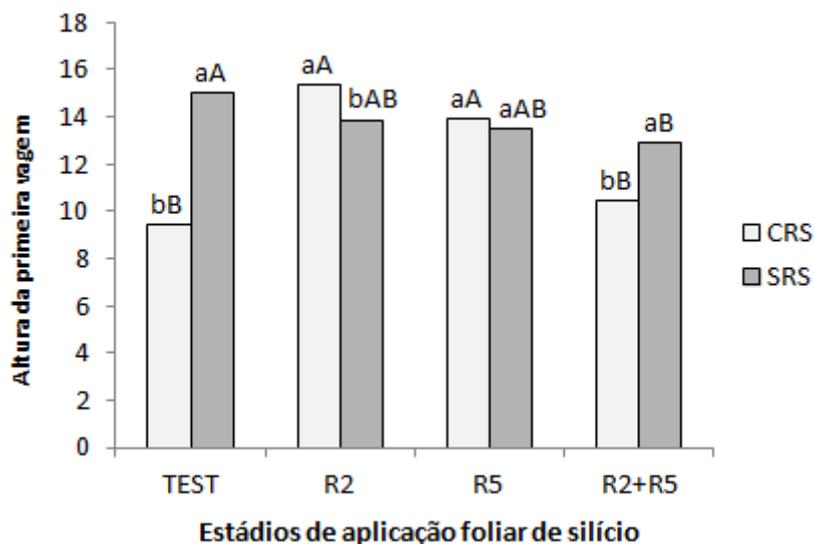


Figura 4. Desdobramento da interação para altura da primeira vagem em função da ausência e presença do recobrimento de semente e estádios de aplicação foliar de silício na soja.

\*Letras maiúsculas iguais, entre os estádios de aplicação não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; letras minúsculas iguais, dentro dos estádios de aplicação não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CRS: com recobrimento de semente; SRS: sem recobrimento de semente.

Para número de vagens planta<sup>-1</sup> (Figura 5), o recobrimento de sementes com silício do produto utilizado interferiu negativamente para a testemunha sem aplicação de silício via foliar, constatando que a utilização de silício no recobrimento de sementes não favorece o número de vagens por planta. Avaliando as aplicações de silício via foliar, observou-se que o maior número de vagens planta<sup>-1</sup> foi em R2+R5, tanto na presença como na ausência de silício no recobrimento das sementes, no entanto, não diferenciou estatisticamente dos demais tratamentos e da testemunha sem recobrimento.

Da mesma forma, Oliveira et al. (2015) avaliando o efeito da aplicação de Si no tratamento de semente com cinco doses (0; 0,3; 0,6; 0,9 e 1,2 g kg<sup>-1</sup>) observaram que o recobrimento de sementes de soja com silício não influenciaram no número de vagens planta<sup>-1</sup>, beneficiando apenas o estande inicial das plântulas, concluindo

que o recobrimento tem por objetivo proteger as sementes durante a germinação e emergência em campo. Já Crusciol et al. (2013), avaliando o efeito da aplicação de Si via foliar nos estádios V4, R1, R3 e R5, verificaram aumento do número de vagens e produtividade de grãos de soja, da ordem de 15% e 9,6%, respectivamente.

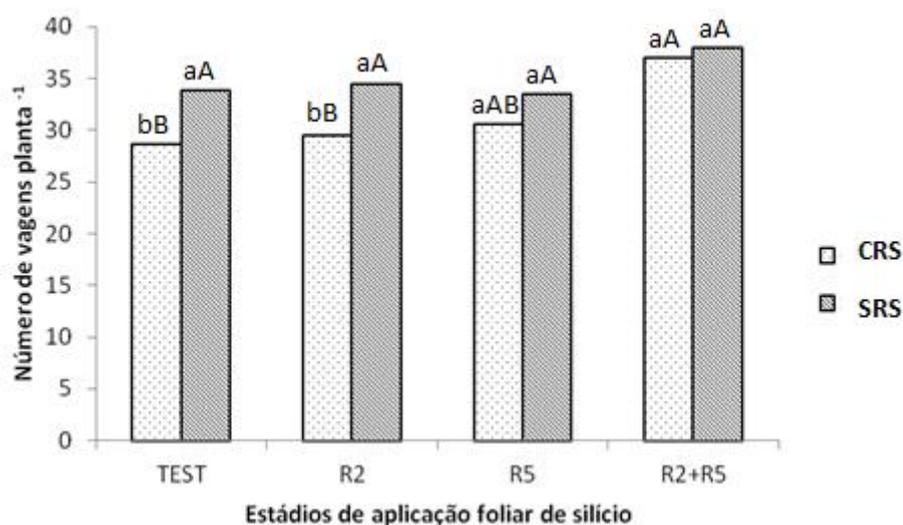


Figura 5. Desdobramento da interação para número de vagens planta<sup>-1</sup> em função da ausência e presença do recobrimento de semente e estádios de aplicação foliar de silício na soja.

\*Letras maiúsculas iguais, entre os estádios de aplicação não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; Letras minúsculas iguais, dentro dos estádios de aplicação não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CRS – com recobrimento de semente, SRS – sem recobrimento de semente.

O recobrimento de sementes com silício do produto utilizado como fonte influenciou de forma negativa o número de grãos planta<sup>-1</sup> conforme apresentado na Tabela 2, porém quando a aplicação foi feita via foliar em R2 + R5 observou-se maior número de grãos, não diferindo da aplicação em R5, que por sua vez não diferiu da testemunha e da aplicação em R2, corroborando com os dados de número de vagem planta<sup>-1</sup>, pois em consequência desse aumento houve incremento no número de grãos planta<sup>-1</sup>, fazendo com que, da mesma forma, a aplicação em R2+R5 alcançasse os maiores valores.

Para massa de 100 grãos e produtividade (Tabela 2), a diferença entre os tratamentos não foi significativa, no entanto, a produtividade encontrada, mesmo sendo indiferente à aplicação do Si, está dentro do esperado para a região, estado do MS e Brasil. Resultados semelhantes foram constatados por Harter et al. (2011)

avaliando a eficiência da aplicação de silício na produção de soja, os quais verificaram que tanto o rendimento quanto a massa de 100 grãos não foram afetados pelo silício aplicado via foliar durante o ciclo da cultura. Já Moreira et al. (2010) concluíram que com três aplicações de silício na cultura da soja, nos estádios V8, R1 e R5, houve incremento no acúmulo de fitomassa seca e na taxa de crescimento da cultura, sendo responsáveis pelo incremento de 19 sc ha<sup>-1</sup> em relação aos demais tratamentos.

Nas avaliações de laboratório, para primeira contagem, germinação, massa seca da parte aérea e raiz não houve diferença estatística (Tabela 3). A aplicação de silício às sementes prejudicou o comprimento da parte aérea e raiz das plântulas; no entanto, aplicando o elemento via foliar verificou-se que o maior comprimento de ambas as partes foi no estádio R2 + R5, diferindo estatisticamente apenas da testemunha (Tabela 3).

A interação foi significativa para condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e tetrazólio (Tabela 3).

Tabela 3. Primeira contagem (PC), germinação (G), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), condutividade elétrica (CE), envelhecimento acelerado (EA) e tetrazólio (TZ) na soja em função da presença ou ausência de silício no recobrimento de semente e aplicação foliar de silício em diferentes estádios. Chapadão do Sul, MS, 2015/2016.

Trat.	PC	G	CPA	CR	MSPA	MSR	CE	EA	TZ
	(%)	(%)	(cm)	(cm)	(mg)	(mg)	( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )	(%)	(vigor-%)
Com Si	77	96	4,14 b	6,73 b	272,66	142,38	346,02	91	97
Sem Si	80	97	4,52 a	7,78 a	267,61	144,36	340,15	86	98
Test	81	97	3,80 b	5,62 b	260,38	134,90	338,28	90	97
R2	74	94	4,18 ab	6,83 ab	260,38	139,77	335,36	88	97
R5	81	98	4,57 a	8,00 a	309,47	160,87	345,79	88	99
R2+R5	78	96	4,77 a	8,55 a	250,30	137,92	352,90	87	97
F (TS)	1,06 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	5,47*	14,47*	0,07 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	1,35 <sup>ns</sup>	14,56*	7,34*
F (SI)	1,13 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	7,19*	4,84*	2,21 <sup>ns</sup>	1,30 <sup>ns</sup>	2,43 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>	2,82 <sup>ns</sup>
F(TSxSI)	0,36 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,384 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	4,34*	2,96*	7,58*
CV1 (%)	10,48	4,84	10,45	6,85	18,77	20,49	4,17	4,51	1,74

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; ns. não significativo.

Para o teste de condutividade (Figura 6), a testemunha apresentou menores valores quando as sementes foram recobertas com silício, diferindo de R5 e R2+R5; já na ausência de recobrimento não houve diferença entre as aplicações foliares. Dentro de cada estágio, apenas em R2 + R5 diferiu estatisticamente, e o menor valor observado foi sem recobrimento de semente.

Para a condutividade elétrica, os valores médios mais elevados significam maior extravasamento de solutos, o que implica em redução da qualidade fisiológica das sementes (MARCOS FILHO; NOVENBRE, 2009).

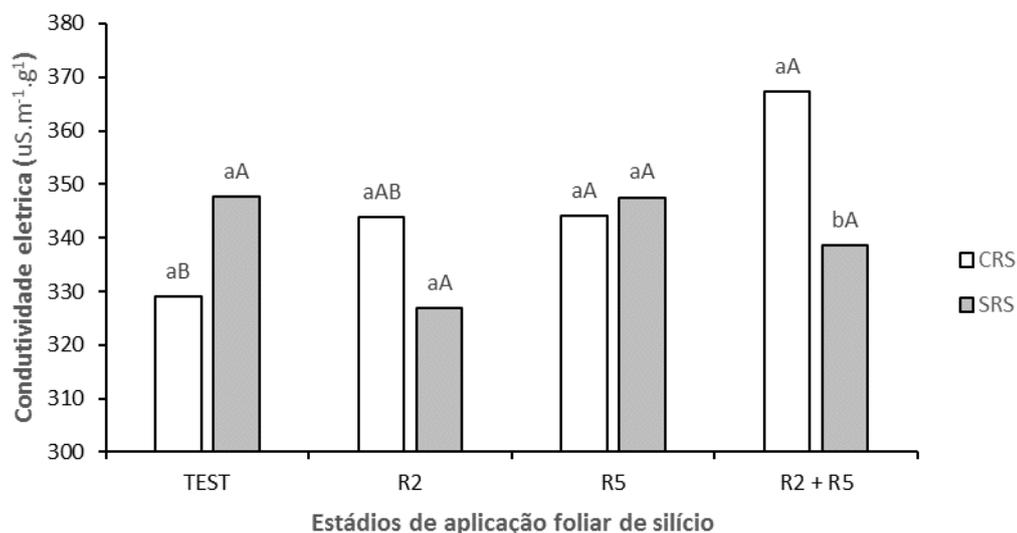


Figura 6. Desdobramento da interação para condutividade elétrica em função da ausência e presença do recobrimento de semente e estádios de aplicação foliar de silício na soja.

\*Letras maiúsculas iguais, entre os estádios de aplicação não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; letras minúsculas iguais, dentro dos estádios de aplicação não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CRS: com recobrimento de semente; SRS: sem recobrimento de semente.

Para o teste de envelhecimento acelerado (Figura 7), a testemunha apresentou o maior valor quando as sementes foram recobertas com silício diferindo da aplicação em R5; já na ausência de recobrimento não houve diferença entre as aplicações foliares. Quando se comparou dentro de cada estágio, observou-se que com recobrimento de semente, a testemunha e a aplicação em R2 diferiram estatisticamente da ausência de Si, demonstrando que as sementes apresentaram menor vigor quando não foram recobertas.

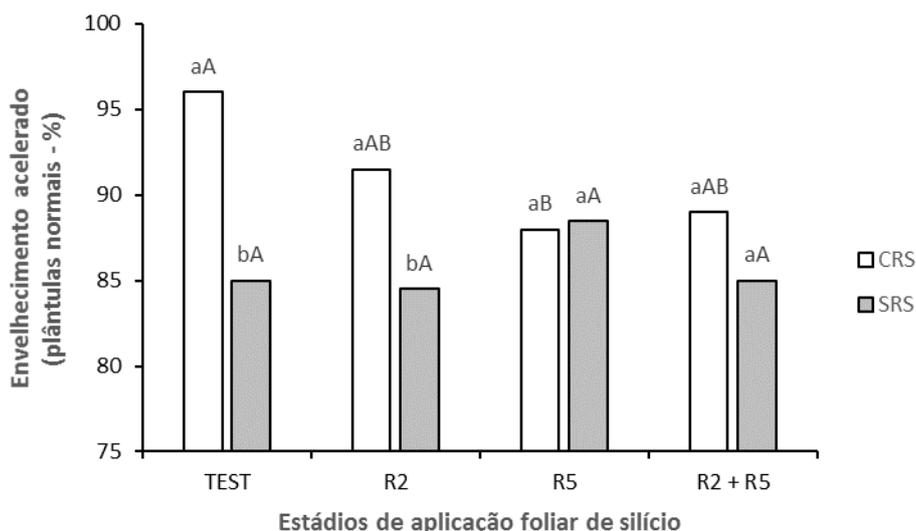


Figura 7. Desdobramento da interação para envelhecimento acelerado em função da ausência e presença do recobrimento de semente e estádios de aplicação foliar de silício na soja.

\*Letras maiúsculas iguais, entre os estádios de aplicação não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; letras minúsculas iguais, dentro dos estádios de aplicação não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CRS: com recobrimento de semente; SRS: sem recobrimento de semente.

Para o teste de tetrazólio (Figura 8), verificou-se que tanto a presença do silício no recobrimento das sementes como na ausência, os valores analisados ficaram acima do limite estabelecido ( $\geq 85\%$ ) para a comercialização de sementes de soja, segundo a interpretação de resultados de vigor do teste de tetrazólio sugerida por França Neto et al. (1998). No entanto, estatisticamente houve diferença entre as aplicações apenas quando houve recobrimento de silício nas sementes, sendo que à aplicação em R5 diferenciou de R2 e da testemunha sem aplicação foliar de silício. Harter e Barros (2011), estudando a aplicação silício em plantas de soja, observaram que as sementes apresentaram maior qualidade fisiológica.

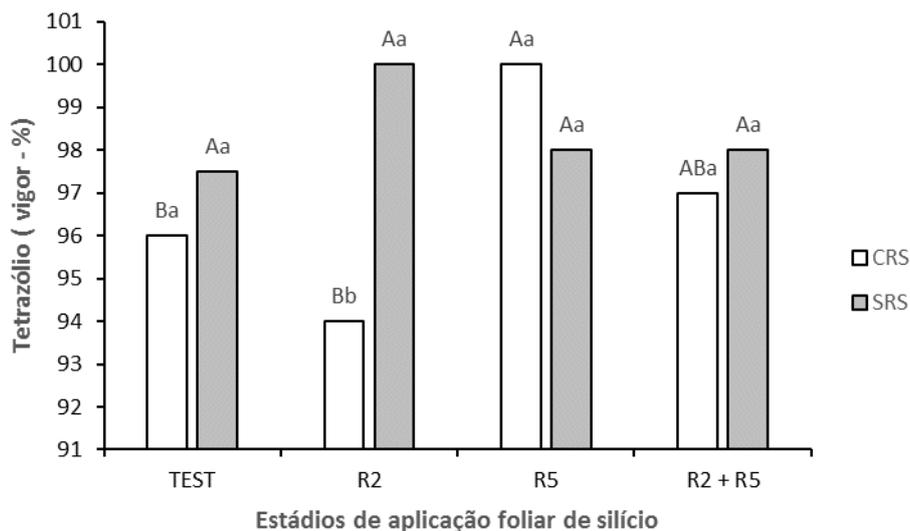


Figura 8. Desdobramento da interação para vigor em função da ausência e presença do recobrimento de semente e estádios de aplicação foliar de silício na soja.

\*Letras maiúsculas iguais, entre os estádios de aplicação não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; letras minúsculas iguais, dentro dos estádios de aplicação não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CRS: com recobrimento de semente; SRS: sem recobrimento de semente.

O recobrimento de semente com o produto utilizado de forma isolada interferiu negativamente nos parâmetros avaliados no campo, mas quando houve associação com a aplicação foliar em R2 observou-se maior altura da planta e altura da primeira vagem. A aplicação foliar em R2+R5 beneficiou o número de vagens planta<sup>-1</sup> e conseqüentemente o número de grãos planta<sup>-1</sup>. Por outro lado, o recobrimento de Si nas sementes não alterou a germinação, mas beneficiou o vigor, mensurado pelos testes de condutividade elétrica e envelhecimento acelerado.

Apesar dos resultados serem negativos para alguns parâmetros e positivos para outros, não podemos afirmar que o recobrimento de semente ou aplicação foliar de silício foi o fator determinante para a interferência, pois o produto comercial utilizado como fonte de silício, apresenta em sua composição outros nutrientes que podem ter contribuído ou prejudicado as variáveis analisadas. Por esse motivo, necessita-se de mais estudos para afirmar que o Si realmente influencia de forma negativa ou positiva os componentes de produção e qualidade da cultura da soja.

#### 4 CONCLUSÃO

O produto utilizado como fonte de silício no recobrimento de sementes influenciou de forma negativa as características agronômicas, componentes de produção e produtividade da soja.

A aplicação via foliar nos estádios R2+R5 incrementa o número de grãos planta<sup>-1</sup>.

O recobrimento de semente com o produto e a aplicação foliar em R2+R5 isolados são promissores para incrementar o vigor das sementes de soja.

#### 5 REFERÊNCIAS

AGUILA, L. S. H.; AGUILA, J. S.; THEISEN, G. Perdas na colheita na cultura da soja. **Comunicado Técnico**, Pelotas, n. 271, 12 p, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 404-410, 2013.

DATNOFF, L. E.; RODRIGUES, F. A. SEEBOLD, K. W. Silicon and Plant Nutrition. In: Datnoff L. E.; Elmer W. H.; Huber D. M. (Eds.) **Mineral Nutrition and Plant Disease**. Saint Paul MN. APS Press. 2007, pp. 233-246.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicium in plant biology. **Proceeding National Academic Science**, Washington, v. 91, p. 11-17, 1994.

FRANÇA NETO, J. B.; PEREIRA, L. A. G.; COSTA, N. P.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. **Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1994. 59 p.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: Embrapa - CNPSO, 1998. 72p.

GRAZZIERO, D. L. P.; SOUZA, I. F. Manejo integrado de plantas daninhas. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Org.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p. 184-205.

- HARTER, F. S.; BARROS, A. C. S. A. Cálcio e silício na produção e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 54-60, 2011.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. GPSi-ICIAG-UFU. 3. ed. Uberlândia: GPSi- ICIAG-UFU, 2004. 23 p. (Boletim Técnico 01).
- LIMA FILHO, O. F.; GROTHGE-LIMA, M. T.; TSAI, S. M. O silício na agricultura. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 87, p. 1-7, 1999.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.
- MARCOS FILHO, J. **Produção de sementes de soja**. Campinas: Fundação Cargil, 1986. 86p.
- MARCOS FILHO, J.; NOVEMBRE, A. D. L. C. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças. **Tecnologia de sementes de hortaliças**, Brasília/DF, v. 01, n. 01, p. 185-243, 2009.
- MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicone on the growth of soybean in a solution culture. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 31, p. 625-636, 1985.
- MOREIRA, A. D. R. et al. Resposta da cultura de soja a aplicação de silício foliar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 413-423, 2010.
- MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L.; **SOJA**: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. 1. ed. Porto Alegre, Evangraf, 2005. 31 p.
- NABLE, R. O.; LANCE, R. C. M.; CARTWRIGHT, B. Uptake of boron and silicon by barley genotypes with differing susceptibilities to boron toxicity. **Annals of Botany**, London, v. 66, n. 1, p. 83-90, 1990.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 2, p. 9-13.
- OLIVEIRA, S. et al. Aplicação de silício via solo no rendimento e na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Ciências Agrárias, Londrina**, v. 36, n.5, p. 3029-3042, 2015.
- OLIVEIRA, S. et al. Tratamento de semente de soja com silício: na qualidade fisiológica e nas características agronômicas. **Cultivando o Saber, Pelotas**, v. 8, n.2, p. 215-230, 2015.

SEDIYAMA, C. S. et al. Influencia do retardamento da colheita sobre a deiscência das vagens e sobre a qualidade e poder germinativo das sementes de soja. **Experientiae**, Viçosa, v. 14, n. 5, p. 117-141, 1972.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. *In*: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHH, R. ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Ed.). **Science of the rice plant: physiology**. Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. p. 420-433.

YOSHIDA, S. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the Rice plant. **Bulletin National Institute of Agriculture and Science**, v. 15, p. 1-58, 1975.