

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE SOJA SOB APLICAÇÃO FOLIAR DE SILÍCIO NO CERRADO PIAUIENSE

DESEMPEÑO AGRONÓMICO DE CULTIVARES DE SOJA BAJO APLICACIÓN FOLIAR DE SILICIO EN EL CERRADO PIAUIENSE

AGRONOMIC PERFORMANCE OF SOYBEAN CULTIVARS UNDER FOLIAR APPLICATION OF SILICON IN THE PIAUIENSE CERCADO

DOI: <https://doi.org/10.31692/2764-3425.v2i2.176>

¹GABRIELLA GUEDES AVELINO

Bacharelado em Engenharia Agronômica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, *campus* Uruçuí, gabi19guedes@gmail.com

²GRAZIELA PEREIRA DOS SANTOS

Bacharelado em Engenharia Agronômica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, *campus* Uruçuí, grazielasantos944@gmail.com

³FABIANO DE OLIVEIRA SILVA

Bacharelado em Engenharia Agronômica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, *campus* Uruçuí, fabianooliveirasilva3@gmail.com

⁴WALLACE DE SOUSA LEITE

Doutor em Agronomia - produção vegetal, professor e coordenador de pesquisa e inovação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, *campus* Uruçuí, wallace.leite@ifpi.edu.br

RESUMO

Informações sobre a suplementação de Silício (Si) em soja ainda são muito incipientes. Além disso, pouco se sabe em relação aos efeitos do Si em cultivares de soja, desenvolvidas recentemente, em condições de campo no Cerrado. O fornecimento de Si pode tornar-se uma importante estratégia no manejo da soja, visando a potencialização do crescimento e da produtividade das lavouras, frente às variações climáticas, principalmente, sob cultivo de sequeiro. O presente estudo teve por objetivo, avaliar o efeito da aplicação foliar de Si no desempenho de cultivares de soja, quanto à produtividade de grãos e os componentes de produção. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas 2 x 6, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por duas doses de Si, ausência e presença do elemento, 0 e 8,4 g ha⁻¹ respectivamente, correspondente a uma concentração de 70 mg L⁻¹ de Si, enquanto as subparcelas foram compostas por seis cultivares de soja: Olimpo IPRO, M8606 I2X, Domínio IPRO, Extrema IPRO, TMG 2379 IPRO e Ataque I2X. Foram avaliados os seguintes caracteres: altura da planta na maturação, número de ramos, número de nós reprodutivos, número de vagens, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e produtividade de grãos. A aplicação de Si promoveu melhoria no desempenho agrônomo de cultivares de soja. O Si apresentou efeito potencializador, aumentando a resposta da altura de plantas, do número de vagens, de vagens com três e quatro grãos e, da produtividade de grãos da soja. A suplementação de Si incrementa a produtividade de grãos das cultivares de soja M8606 I2X, Ataque I2X e Domínio IPRO. A cultivar Olimpo IPRO apresenta ótimo desempenho produtivo independente da nutrição com Si.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.); silício foliar; componentes de produção.

RESUMEN

La información sobre la suplementación de Silicio (Si) en la soja es todavía muy incipiente. Además, se sabe poco sobre los efectos del Si en cultivares de soja desarrollados recientemente en condiciones de campo en el Cerrado. El suministro de Si puede convertirse en una estrategia importante en el manejo de la soja, con el objetivo de mejorar el crecimiento y la productividad de los cultivos, frente a las variaciones climáticas, principalmente en cultivos de secano. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación foliar de Si sobre el desempeño de cultivares de soja, en cuanto a productividad del grano y componentes de producción. El experimento se realizó en un diseño de bloques al azar, en un esquema de parcelas divididas 2 x 6, con cuatro repeticiones. Las parcelas estuvieron compuestas por dos dosis de Si, ausencia y presencia del elemento, 0 y 8,4 g ha⁻¹ respectivamente, correspondientes a una

concentración de 70 mg L⁻¹ de Si, mientras que las subparcelas estuvieron compuestas por seis cultivares de soja: Olimpo IPRO, M8606 I2X, Dominio IPRO, Extrema IPRO, TMG 2379 IPRO y Attack I2X. Se evaluaron los siguientes caracteres: altura de la planta en madurez, número de ramas, número de nudos reproductivos, número de vainas, número de granos por vaina, masa de mil granos y productividad de granos. La aplicación de Si promovió una mejora en el desempeño agronómico de los cultivares de soja. El Si tuvo un efecto potenciador, aumentando la respuesta de altura de planta, número de vainas, vainas de tres y cuatro granos y rendimiento de grano de soja. La suplementación con Si aumenta la productividad del grano de los cultivares de soja M8606 I2X, Attack I2X y Domínio IPRO. El cultivar Olimpo IPRO presenta excelente comportamiento produtivo independientemente de la nutrición con Si.

Palabras Clave: *Glycine max* (L.); silicio foliar; componentes de producción.

ABSTRACT

Information on Silicon (Si)

supplementation in soybeans is still very incipient. Furthermore, little is known

regarding the effects of Si on recently developed soybean cultivars under field conditions in the Cerrado. The supply of Si can become an important strategy in soybean management, aiming to enhance crop growth and productivity, in the face of climate variations, mainly under rainfed cultivation. The present study aimed to evaluate the effect of foliar application of Si on the performance of soybean cultivars, regarding grain productivity and production components. The experiment was conducted in a randomized block design, in a 2 x 6 split plot scheme, with four replications. The plots consisted of two doses of Si, absence and presence of the element, 0 and 8.4 g ha⁻¹ respectively, corresponding to a concentration of 70 mg L⁻¹ of Si, while the subplots were composed of six soybean cultivars: Olimpo IPRO, M8606 I2X, Domain IPRO, Extrema

IPRO, TMG 2379 IPRO and Attack I2X. The following characters were evaluated: plant height at maturity, number of branches, number of reproductive nodes, number of pods, number of grains per pod, thousand-grain mass and grain productivity. The application of Si promoted an improvement in the agronomic performance of soybean cultivars. Si had a potentiating effect, increasing the response of plant height, number of pods, pods with three and four grains and soybean grain yield. Si supplementation increases grain productivity of soybean cultivars M8606 I2X, Attack I2X and Domínio IPRO. The Olimpo IPRO cultivar presents excellent productive performance regardless of Si nutrition.

Keywords: *Glycine max* (L.); leaf silicon; production components.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] possibilitou uma grande revolução alimentar, devido a sua importância como alimento e matéria-prima para derivados, como óleo e farelo, e seu uso nas indústrias de cosméticos, farmacêutica, veterinária, de vernizes tintas e de plásticos. No Brasil, estima-se que a cadeia produtiva da soja engloba mais de 243 mil produtores, e um mercado de 1,4 milhões de empregos. Quando comparada as outras culturas, possui a maior área de cultivo, e é considerada a principal cultura no Brasil e no mundo em termos econômicos e de produção (Aprosoja, 2021; Coelho et al., 2019).

O desenvolvimento dessa cultura na região do cerrado só foi possível graças a implementação de tecnologias que permitiram a construção da fertilidade do solo, bem como a modernização de técnicas de cultivo. Visto que, anteriormente os solos dessa área eram considerados marginalizados em decorrência do intemperismo elevado, que eliminam os minerais participantes do enriquecimento da fertilidade do solo (Silva, 2000).

O silício (Si) é um elemento abundante na crosta terrestre, e apesar de não ser considerado como um dos elementos essenciais às plantas, a maioria dos autores o designam como um elemento benéfico, ou “semi essencial” por cumprir o segundo critério de essencialidade, visto que quando privadas desse elemento as mesmas sofrem desequilíbrios ao longo do seu ciclo, quando comparadas com outras que se desenvolvem na presença de Si, fazendo com que seja considerado de importância no desenvolvimento de algumas culturas

(Epstein & Bloom, 2004; Prado, 2021).

As respostas à aplicação de Si são potencializadas quando as culturas são submetidas a algum tipo de estresse (Leite et al., 2023; Merwad et al., 2018; Silva et al., 2019). O Si tem sido associado, indiretamente, ao aumento no teor de clorofila e da capacidade fotossintética, a redução na transpiração e aumento da atividade antioxidante (Ávila et al., 2020; Ávila et al., 2021; Santos et al., 2022; Verma et al., 2019).

O Si é absorvido como ácido monossilícico (H_4SiO_4), com gasto de energia, e encontra-se na planta na forma de sílica amorfa ($SiO_2.nH_2O$), sendo esse imóvel na mesma. Quando ocorre a deposição de Si na parede celular, a esta é conferida uma proteção mecânica, capaz de reduzir sua transpiração, ponto relevante ao se considerar plantas em condições de estresses abióticos como é o caso dos veranicos (Faquin, 2005; Datnoff et al., 2001; Freitas et al., 2011).

A capacidade acumulativa de Si em algumas espécies de planta varia significativamente, podendo assim serem divididas em dois grupos: acumuladoras e não acumuladoras. As ditas acumuladoras como é o caso das monocotiledôneas podem conter entre 10-15% de SiO_2 , já as não acumuladoras como as dicotiledôneas apresentam teores menores que 0,5% de SiO_2 (Faquin, 2005).

Variações na habilidade de absorção do Si pelas raízes entre as espécies tem contribuído com as diferenças na acumulação deste elemento (Ma; Yamaji, 2006). A adubação foliar pode contornar essa deficiência de absorção de Si pelas dicotiledôneas, fornecendo este elemento benéfico de forma mais eficiente. Estudos indicam que o fornecimento de Si via foliar, com o uso de pequenas quantidades do elemento, pode ser alternativa viável para seu fornecimento às plantas, suprimindo a necessidade e/ou estimulando a absorção de Si e outros nutrientes, culminando em efeitos benéficos às culturas (Figueiredo et al., 2010; Sousa et al., 2010), devido a eficácia, praticidade, menores doses utilizadas e por ser adaptável aos pulverizadores normalmente utilizados por muitos produtores.

A resposta da soja ao Si pode ser influenciada por diversos fatores, como diferentes cultivares, doses de silício e condições edafoclimáticas do local de cultivo, sendo necessária pesquisas que possam elucidar com clareza a importância da aplicação comercial do Si em soja. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo, avaliar a resposta de cultivares de soja e o efeito benéfico da aplicação de Si via foliar, na produtividade de grãos e nos componentes de produção da soja.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Aspectos gerais da cultura da soja

A soja é uma planta herbácea, pertencente à família Fabaceae e ao gênero *Glycine* L., espécie *max.*, é uma oleaginosa, que apesar de geralmente não ser reconhecida como alimento básico (milho, arroz, aveia e cereais de trigo), foi responsável por promover várias transformações na base da produção brasileira a partir de 1960 e imprescindível por todo o mundo (Nepomuceno; Farias; Neumaier, 2021).

De acordo com de Araújo Queiroz et al. (2022), os grãos de soja apresentam um alto teor de proteína, variando entre 30 e 53%, e no Brasil os cultivares possuem teor médio de 40%. Nas sementes, o teor de proteínas em média é de 20%, podendo variar entre 13 e 28%. Dessa forma, em virtude da qualidade da proteína da cultura, bem como do baixo custo relativo da sua produção, tem um papel fundamental na suplementação da dieta, principalmente em países subdesenvolvidos.

Na safra 2018/19 a produção de grãos no Brasil foi de 362 milhões de toneladas, sendo a soja o principal grão produzido. No ano agrícola 2020/21 o país produziu 135,9 milhões de toneladas de soja, ocupando a posição de maior produtor mundial desta cultura. Em 2022/23, última safra registrada, a produção dessa cultura foi de 154.603,4 milhões de toneladas, um valor que se apresentou superior em 10,9% da safra anterior (Conab, 2021; Conab, 2023).

Dentre os fatores que influenciaram o avanço da produção brasileira está a adoção das áreas de pastagens degradadas ao sistema produtivo e o aumento da produtividade em mais de 20% nos últimos dez anos, apontando o quanto a cadeia produtiva da soja tem se preocupado com as questões ambientais. Além disso, o crescimento populacional, bem como a mudança nos hábitos alimentares da população no que diz respeito a utilização dos derivados de soja, consumo animal e seu uso como matéria prima, também influenciaram a expansão da produção brasileira (Silva et al., 2022).

No estado do Piauí, a área destinada ao plantio de soja na safra 2022/2023 foi de 976,6 hectares (ha), uma produção de 3.549 mil/kg, e uma produtividade de 3.634,04 kg/ha⁻¹ superior à média nacional de 3.508 kg/ha⁻¹ (Conab, 2023). No tocante à produção de soja, o Piauí ocupa a terceira colocação da região Nordeste o que equivale a 21% da produção, estando atrás somente da Bahia, e do Maranhão (Boletim, 2021).

Diversos motivos favoreceram a expansão da soja no Cerrado, destacando-se as condições topográficas mais planas da região, as condições climáticas, além da incorporação de tecnologias, possibilitando a adaptação de cultivares mais modernas e que respondem aos diversos ambientes de cultivo no Brasil (Crispim, 2021; De Melo, 2010).

Cultivares de soja

O avanço do melhoramento genético tem possibilitado o desenvolvimento de várias cultivares, adaptadas as mais diversas regiões produtoras do país. Visto que, inicialmente, os primeiros genótipos utilizados no Brasil foram importados dos Estados Unidos, adaptando-se razoavelmente ao Rio Grande do Sul e Paraná, porém, apresentando amplitude geográfica distinta a das regiões subtropicais e tropicais, logo, ao serem semeados em baixas latitudes apontavam um crescimento insuficiente em decorrência do fotoperíodo, responsável por determinar a indução floral da cultura (Seixas et al., 2020; Gazzoni, 2018).

Dessa forma, a difusão segura das cultivares para as regiões subtropicais e tropicais, só ocorreu por meio da atribuição do perfil juvenil longo a cultura, característica controlada geneticamente, em que a soja, apesar das condições de fotoperíodo não floresce precocemente, desenvolvendo adequadamente o seu porte, o seu volume de biomassa e possa alcançar boas produtividades (Gazzoni, 2018).

Ótimos rendimentos são alcançados quando as condições edafoclimáticas são adequadas em cada estágio de desenvolvimento da soja (Guimarães et al., 2008), já que as cultivares expressam-se de maneiras distintas à época de semeadura, ao tipo de crescimento (determinado ou indeterminado) e pela duração do ciclo (Melo, 2010). Corroborando, Seixas (2020) enfatiza que o conhecimento quanto as condições edafoclimáticas, viabiliza a chance de melhor distribuição hídrica durante o ciclo da cultura, sendo fundamental para o êxito da mesma.

Para a escolha da melhor cultivar o sojicultor deve avaliar as tecnologias disponíveis no mercado e se as mesmas condizem com seus objetivos e com as características da sua região. No Cerrado piauiense, especificamente para região de Uruçuí-PI, algumas cultivares de soja tem se destacado pelo seu potencial: M8606 I2X, Extrema IPRO, Domínio IPRO, Olimpo IPRO, Ataque I2X e TMG 2379 IPRO.

Resposta a aplicação de silício

A utilização do Si pode ocasionar em uma maior estabilidade produtiva, dada sua capacidade de promover em algumas culturas tolerância ao estresse hídrico, uma vez que a quase totalidade da produção de grãos encontra-se em áreas com ocorrência de veranicos, principalmente a área designada de Cerrado (Menegale, 2015). Além desse benefício, outras vantagens podem ser citadas em decorrência da deposição do Si, como aumento do fortalecimento e da rigidez da parede celular, aumentando, conseqüentemente, a resistência das plantas ao ataque de pragas, doenças, acamamento, melhora a luminosidade do dossel e diminui a transpiração (Barbosa Filho et al., 2001).

Na cultura da soja, considerada não acumuladora de Si, não se encontra bem definidos

os benefícios do Si, visto que em alguns trabalhos constata-se efeitos positivos, Teodoro et al. (2015) observou em condições de déficit hídrico, que a aplicação via foliar do silício proporcionou o desenvolvimento normal das plantas de soja avaliadas quanto ao acúmulo de massa seca.

Considerando de forma primordial o quanto ainda se tem capacidade de evoluir na agricultura, atualmente há enormes perspectivas em relação à aplicação de silício em várias culturas, visto que sua utilização engloba a sustentabilidade de conceder as plantas reforços físicos e bioquímicos, diante de fatores bióticos e abióticos (Cassel et al., 2021).

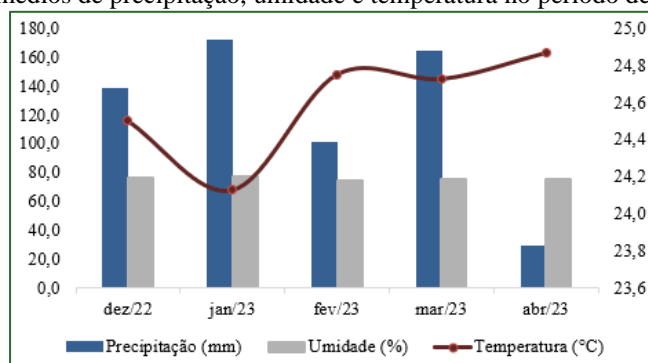
Como resposta a aplicação de Si foliar as plantas de soja podem aumentar o seu crescimento, desenvolvimento e a produção de grãos, devido a ação deste elemento na regulação do metabolismo morfofisiológico, bioquímico e molecular das plantas quando em condições edafoclimáticas adversas.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em condição de sequeiro no ano agrícola 2022/2023, na Fazenda Escola do Instituto Federal do Piauí (IFPI) - *campus* Uruçuí, no município de Uruçuí - PI que, apresenta as coordenadas geográficas 7°16'32,7"S, 44°30'21,2"O e altitude de 378 m. O clima da região é Aw, característico de clima tropical e inverno seco (classificação de Köppen), a temperatura anual varia de 22°C a 37°C, e a pluviosidade média anual é de 1.069 mm.

Os dados médios referentes a precipitação (mm), umidade (%) e temperatura (°C) foram coletados por meio de uma estação meteorológica automática registrada no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Uruçuí-PI, desde o dia 14 de dezembro de 2022 até 10 de abril de 2023, período de execução do projeto e, encontram-se descritos na Figura 01.

Figura 01 - Dados médios de precipitação, umidade e temperatura no período de execução do projeto.



Fonte: Própria (2023); INMET (2023).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo com textura franco-arenosa

e, para avaliação de seus atributos químicos e físicos foi realizado a análise de solo na camada de 0,0 a 0,20 m (Tabela 01).

Tabela 01 - Atributos químicos e físicos da área experimental.

pH CaCl ₂	Complexo Sortivo									Saturação do Complexo Sortivo				
	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m	Ca	Mg	K
	g/Kg	mg/dm ³	cmol/dm ³						%					
4,9	18,6	10,5	0,13	2,7	1,22	0	2,48	4,05	6,53	62	0	41,4	18,7	1,9
Micronutrientes										Análise granulométrica				
mg/dm ³										g/kg				
Enxofre	Fe	Mn	Cu	Zn	Areia	Silte	Argila	Classe textural						
2,03	30,03	6,29	0,14	0,52	510	110	380	Argilosa						

Fonte: Laboratório Agrônomo – Terra Brasileira (2022).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas 2 x 6, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por duas doses de Si, ausência e presença do elemento, 0 e 8,4 g ha⁻¹ respectivamente, correspondente a uma concentração de 70 mg L⁻¹ de Si, enquanto as subparcelas foram compostas pelas seis cultivares de soja, que se encontram descritas na Tabela 02. Cada subparcela (unidade experimental) foi composta por quatro linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,50 m. As duas linhas centrais foram consideradas úteis, menos 0,5 m em cada extremidade, totalizando 4 m² de parcela útil do experimento.

Tabela 02 - Características agrônomicas das cultivares utilizadas no experimento.

Cultivares	Grupo de maturação	Hábito de crescimento	Ciclo de maturação (dias)
Olimpo IPRO	8.0	Indeterminado	108
M8606 I2X	8.6	Determinado	123
Domínio IPRO	8.4	Indeterminado	116
Extrema IPRO	8.1	Indeterminado	110
TMG 2379 IPRO	7.9	Semideterminado	108
Ataque I2X	8.1	Indeterminado	110

Fonte: Própria (2023).

Para a instalação do experimento, o preparo do solo foi efetuado de forma convencional, a correção do mesmo foi realizado utilizando o calcário dolomítico PRNT 82,5%, na dose de 1,5 t ha⁻¹. Na adubação de plantio, foi aplicado 285 kg.ha⁻¹ de NPK por meio do formulado 5-30-15, em cobertura foi realizada a aplicação de 45 kg.ha⁻¹ de K₂O, usando o fertilizante cloreto

de potássio, aos 30 dias após a semeadura - DAS (Seixas et al., 2020).

A adubação de micronutrientes foi realizada via aplicação foliar, com volume de calda de 120 L.ha⁻¹, sendo três aplicações do produto MS-Florada (1% K₂O; 13 % Ca; 8% B) na dose 0,56 kg.ha⁻¹, duas aplicações do produto Broadacre Mn (50% Mn) na dose 0,5 kg.ha⁻¹, e uma aplicação do produto CMZ Infinity (Cu, Mo, Zn) na dose de 0,2 L.ha⁻¹.

Antes da semeadura, as sementes foram tratadas com inseticida Terra Forte (Fipronil), na dose de 200 mL/100 kg de sementes, fungicida Certeza (Tiofanato Metílico + Fluazinam), na dose de 500 mL/100 kg de sementes. Após o tratamento das sementes, foi realizado a inoculação das mesmas, com o produto Rhizotrop 2 (bactérias *Bradyrhizobium japonicum*), na dose de 400mL/100 kg de sementes.

A semeadura das cultivares foi realizada no dia 14 de dezembro de 2022, de forma manual, distribuindo 22 sementes por metro linear. O desbaste foi realizado 12 DAS, continuando uma densidade de 16 plantas por metro para todas as cultivares, exceto a M8606 I2X que se manteve com 11 plantas por metro.

O controle de pragas e doenças foi realizado mediante monitoramento na área, sendo realizada três aplicações do fungicida Teburaz (Azoxistrobina + Tebuconazol), na dose de 0,5 L.ha⁻¹, uma aplicação do fungicida Milcozeb (Mancozebe), na dose de 1,5 kg.ha⁻¹, três aplicações do inseticida Connect (Imidacloprido + Beta-ciflutrina), na dose de 0,96 L.ha⁻¹, e uma aplicação do inseticida AutênticoBR (Acetamiprido), na dose de 0,3 kg.ha⁻¹.

A fonte de silício utilizada no experimento foi o silicato de potássio, fornecido por meio do produto comercial Sifol (12% de Si e 15% de K₂O). A aplicação do nutriente iniciou aos 44 DAS, posteriormente foram realizadas mais duas aplicações aos 55 e 65 DAS, respectivamente.

À medida que as cultivares atingiam o estágio de maturação completa (R8), eram coletadas seis plantas da área útil para determinação da altura de plantas (AP), número de ramos (NRA), número de nós reprodutivos (NRE), número de vagens por planta (NVP), vagens com 1 grão (VC1G), vagens com 2 grãos (VC2G), vagens com 3 grãos (VC3G), vagens com 4 grãos (VC4G), massa de mil grãos (MMG), em g, e produtividade de grãos (PROD). Os valores de produtividade em kg.ha⁻¹, foram obtidos após a realização da trilha mecanizada de todas as vagens por planta da parcela útil, e sua devida correção quanto ao teor de umidade dos grãos para 13%.

Os dados obtidos no experimento foram submetidos à ANOVA pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05). As análises estatísticas foram realizadas no programa computacional Sisvar (Versão 5.6).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância demonstra que houve resposta diferencial significativa ($p < 0,05$) entre as cultivares para todas as variáveis, exceto para vagens com 3 grãos (VC3G) (Tabela 03). Para as variáveis altura de planta (AP), número de vagens por planta (NVP), vagens com 3 grãos (VC3G), vagens com 4 grãos (VC4G), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PROD), a suplementação de Si promoveu alterações significativas no desempenho das cultivares de soja.

Tabela 03: Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas (AP), número de ramos (NRA), número de nós reprodutivos (NRE), número de vagens por planta (NVP), vagens com 1 grão (VC1G), vagens com 2 grãos (VC2G), vagens com 3 grãos (VC3G), vagens com 4 grãos (VC4G), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PROD), de seis cultivares de soja em função da aplicação de silício via foliar.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO				
		AP	NRA	NRE	NVP	VC1G
SILÍCIO (Si)	1	898,73**	0,03 ns	14,96 ns	112,24*	2,56 ns
CULTIVARES (C)	5	148,57**	8,88**	85,66**	108,75**	4,02*
SI x C	5	20,93 ns	0,55 ns	5,60 ns	7,53 ns	0,38 ns
ERRO	36	28,55	0,52	6,75	24,94	1,15
C.V (%)		8,09	23,63	15,67	18,02	36,31
MÉDIA GERAL		66,06	3,05	16,58	27,71	2,96
		VC2G	VC3G	VC4G	MMG	PROD
SILÍCIO (Si)		0,17 ns	83,21**	5,33**	0,00025*	2042988,90**
CULTIVARES (C)		66,54**	10,50 ns	5,75**	0,00224**	1517790,58**
SI*C		5,24 ns	0,53 ns	0,99 ns	0,00003 ns	58268,37 ns
ERRO		6,25	6,85	0,55	0,00005	7456,2
C.V (%)		22,3	21,26	56,47	4,88	10,29
MÉDIA GERAL		11,21	12,32	1,32	0,14	2653,12

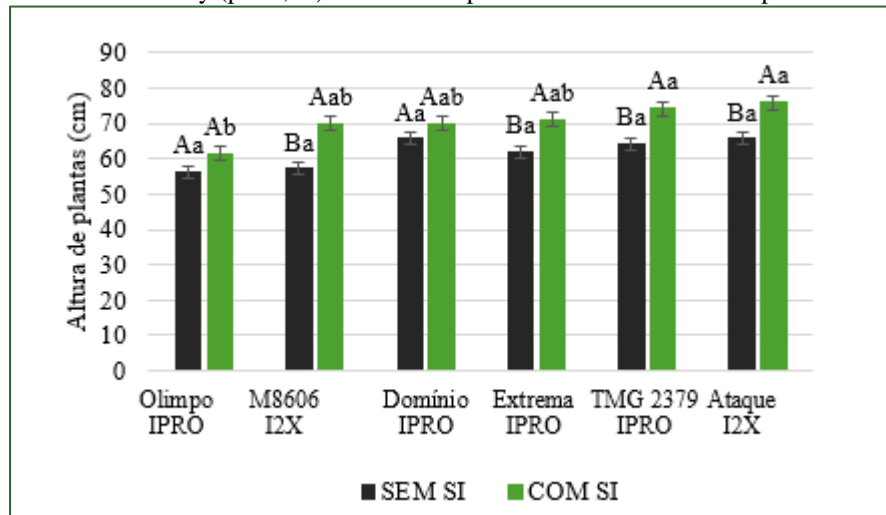
Legenda: C.V: coeficiente de variação. **: significativo a 1%. *: significativo a 5%. ns: não significativo pelo teste F (5%).

Fonte: Própria (2023).

A aplicação de Si promoveu aumento na AP para a maioria das cultivares, exceto para Olimpo IPRO e Domínio IPRO (Figura 02). Na presença de Si, as cultivares TMG 2379 IPRO e Ataque I2X apresentaram melhor desempenho isoladamente para a AP quando comparadas as demais. A altura de plantas é um importante indicador para o manejo da cultura e possui relevância para o momento da colheita, seu porte é influenciado pelas condições ambientais,

como também pelas características genéticas da cultivar (Nepomuceno; Farias; Neumaier, 2021).

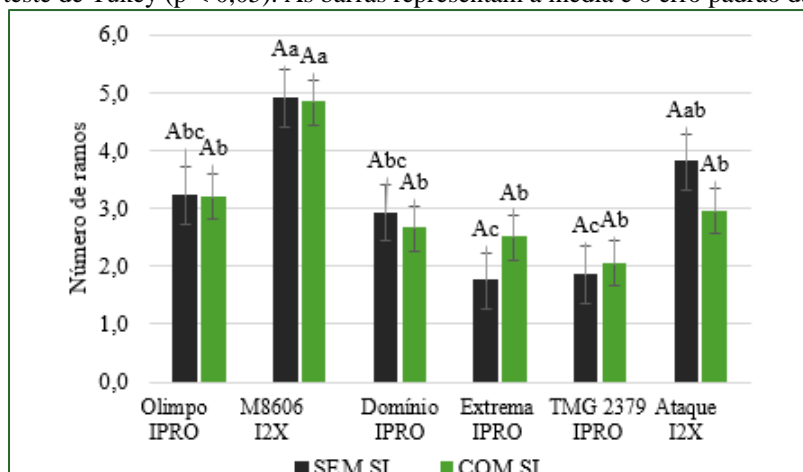
Figura 02 - Altura de plantas de cultivares de soja com aplicação de Si e sem aplicação de Si. Letras maiúsculas mostram diferenças de Si dentro das cultivares. Letras minúsculas mostram diferenças entre cultivares dentro de Si, por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$). As barras representam a média e o erro padrão da média ($n = 3$).



Fonte: Própria (2023).

Para o NRA a aplicação de Si não promoveu alteração nas cultivares (Figura 03). As cultivares M8606 I2X e Ataque I2X obtiveram os melhores resultados na ausência de Si, enquanto que, a cultivar M8606 I2X obteve maior resultado na condição com Si. Em razão da alta plasticidade fenotípica da soja, em que a planta consegue remodelar sua morfologia e componentes do rendimento, para adaptar-se a condição exigida pelo arranjo de plantas, as mesmas podem emitir maior quantidade de ramos, sendo esse importante componente na formação da produtividade (Balbinot Junior et al., 2015).

Figura 03: Número de ramos de cultivares de soja com aplicação de Si e sem aplicação de Si. Letras maiúsculas mostram diferenças de Si dentro das cultivares. Letras minúsculas mostram diferença de cultivares dentro de Si, por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$). As barras representam a média e o erro padrão da média ($n=3$).

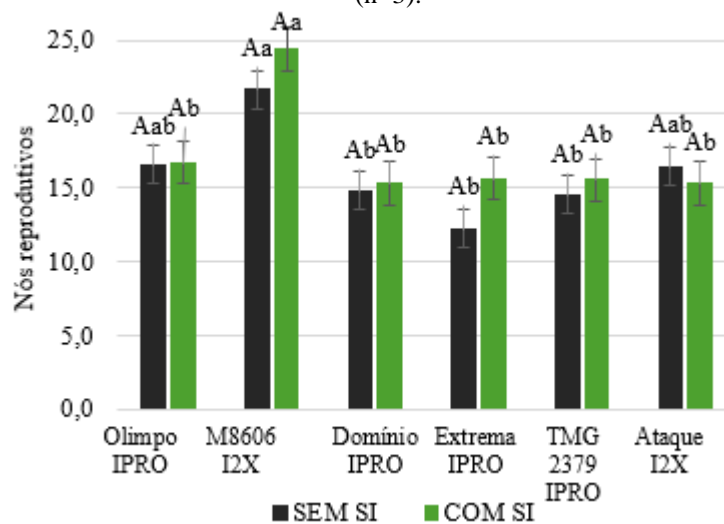


Fonte: Própria (2023).

Para a variável NRE (Figura 04), a aplicação de Si não promoveu alteração no comportamento das cultivares em comparação a ausência do elemento. Entre as cultivares, a Olimpo IPRO, M8606 I2X e Ataque I2X apresentaram melhor resposta quando não houve o fornecimento de Si, enquanto que, a M8606 I2X obteve desempenho superior quando o Si foi fornecido.

De acordo com Thomas (2018), a cultura da soja apresenta uma característica quanto ao tipo de crescimento, podendo ser diferenciada em determinada, que após o início do estágio fenológico R1 (florescimento), cresce pouco e não apresenta ramificações, cessando a produção de nós. O tipo indeterminado, é caracterizado pela produção de nós no caule principal e seu crescimento permanece após o início do estágio R1. E ainda o tipo semideterminado que é um meio termo, entre o determinado e indeterminado. Assim, o número de nós está intrinsecamente relacionado com o todos os estádios seguintes da planta, sendo um fator determinante para produtividade.

Figura 04 - Números de nós reprodutivos de cultivares de soja com aplicação de Si e sem aplicação de Si. Letras maiúsculas mostram diferenças de Si dentro das cultivares. Letras minúsculas mostram diferença de cultivares dentro de Si, por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$). As barras representam a média e o erro padrão da média ($n=3$).

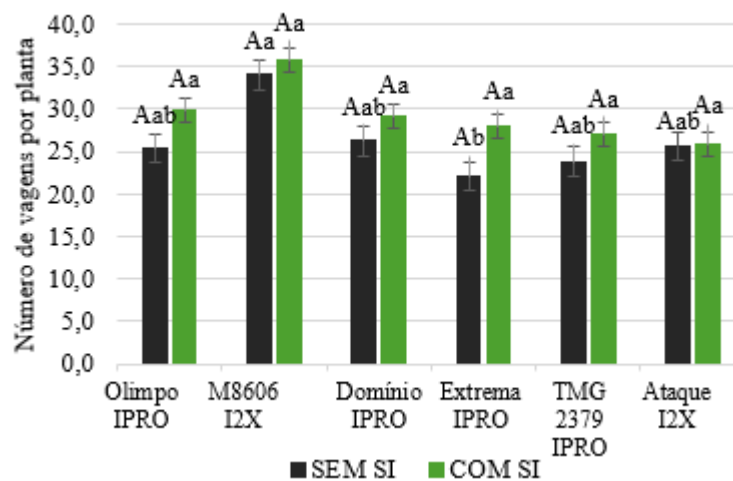


Fonte: Própria (2023).

Para a variável NVP (Figura 05) a suplementação de Si não influenciou no desempenho das cultivares em comparação a ausência do elemento. Entre as cultivares, a M8606 I2X foi numericamente superior as demais, na condição com e sem Si, no entanto, a Extrema IPRO que na ausência de Si, obteve menor resultado quando comparada as demais, teve o seu NVP aumentado na presença do Si, apresentando desempenho semelhante ao observado pelas demais cultivares. O número de vagens por planta é um dos principais componentes de produção da

soja, indicador intermediário de produtividade, visto que é determinado pelo florescimento por planta e a quantidade destas que se expressam até vagens (Mauad et al., 2010).

Figura 05 - Número de vagens por planta de cultivares de soja com aplicação de Si e sem aplicação de Si. Letras maiúsculas mostram diferenças de Si dentro das cultivares. Letras minúsculas mostram diferença de cultivares dentro de Si, por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$). As barras representam a média e o erro padrão da média ($n=3$).



Fonte: Própria (2023).

Os resultados obtidos para as variáveis VC1G, VC2G, VC3G e VC4G (Tabela 04), demonstram que, a aplicação de Si dentro das cultivares apenas influenciou estatisticamente para a variável VC4G, nas cultivares Domínio IPRO e Extrema IPRO, não havendo, portanto, diferença entre as demais variáveis. Os valores médios de número de grãos por vagem com o uso de Si, foram superiores para VC3G ($13,63 > 11$) e VC4G ($1,65 > 0,98$), enquanto que sem o uso do Si, os valores foram superiores para VC1G ($3,2 > 2,73$) e VC2G ($11,27 > 11,15$). O número de grãos por vagens na cultura da soja, sofre maior influência da genética, do que do ambiente, e esse fator está diretamente relacionado com o rendimento da cultura, uma vez que mais grãos por vagem geralmente resultam em maior produtividade (Tejo; Fernandes; Buratto, 2019).

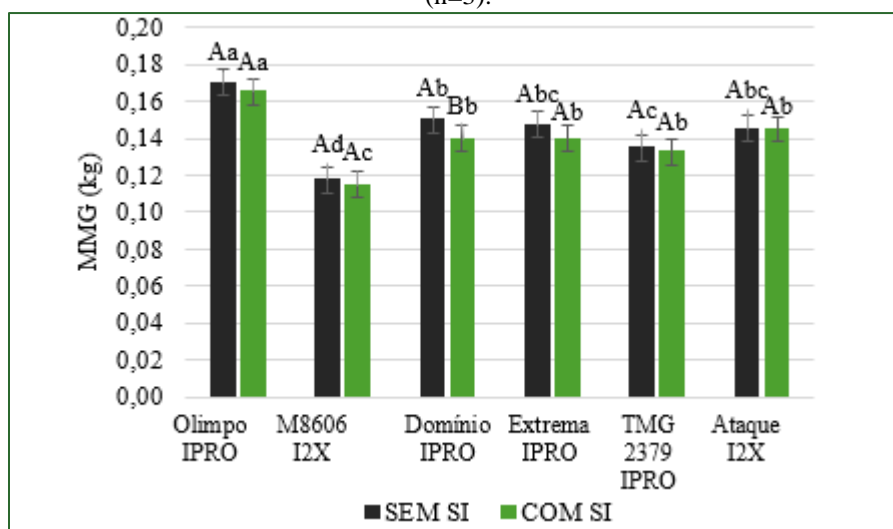
Tabela 04: Vagens com 1 grão, vagens com 2 grãos, vagens com 3 grãos e vagens com 4 grãos de cultivares de soja com aplicação de Si e sem aplicação de Si. Letras maiúsculas mostram diferenças de Si dentro das cultivares. Letras minúsculas mostram diferença de cultivares dentro de Si, por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$).

Cultivares	VC1G		VC2G		VC3G		VC4G	
	COM SI	SEM SI	COM SI	SEM SI	COM SI	SEM SI	COM SI	SEM SI
Olimpo								
IPRO	3,8 Aa	3,7 Aa	12,6 Aab	11,8 Ab	12,5 Aa	9,4 Aa	0,8 Ac	0,5 Aa
M8606								
I2X	3,2 Aab	3,2 Aa	15,7 Aa	17,5 Aa	15,4 Aa	12,4 Aa	1,0 Ac	0,8 Aa
Domínio								
IPRO	2,5 Aab	3,5 Aa	10,3 Ab	10,0 Ab	13,5 Aa	10,5 Aa	3,2 Aa	1,8 Ba
Extrema								
IPRO	2,5 Aab	3,4 Aa	9,0 Ab	8,6 Ab	13,0 Aa	10,9 Aa	3,0 Aab	1,3 Ba
TMG								
2379								
IPRO	3,0 Aab	3,4 Aa	11,3 Aab	9,3 Ab	12,6 Aa	10,7 Aa	0,4 Ac	0,3 Aa
Ataque								
I2X	1,3 Ab	2,0 Aa	8,1 Ab	10,4 Ab	14,8 Aa	12,2 Aa	1,6 Abc	1,2 Aa

Fonte: Própria (2023).

Para a **variável** MMG (Figura 06) a cultivar Olimpo IPRO apresentou o melhor desempenho em comparação as demais cultivares, independente do fornecimento ou não de Si. Já a cultivar M8606 I2X, apresentou os menores valores em ambas as condições de Si. A MMG é um importante componente quanto a qualidade de grãos e sementes, além de ser um parâmetro utilizado na estipulação de sementes necessárias para o momento do plantio (Onetta; Ruffato, 2018; Gabbi; Martins; Gerhardt, 2019).

Figura 06: Massa de mil grãos de cultivares de soja com aplicação de Si e sem aplicação de Si. Letras maiúsculas mostram diferenças de Si dentro das cultivares. Letras minúsculas mostram diferença de cultivares dentro de Si, por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$). As barras representam a média e o erro padrão da média ($n=3$).

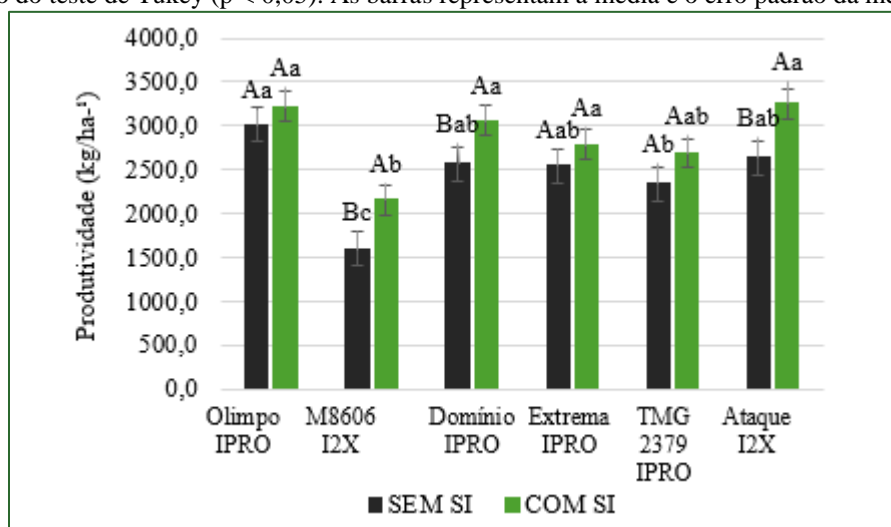


Fonte: Própria (2023).

A suplementação de Si promoveu aumento na PROD (Figura 07) das cultivares M8606 I2X, Domínio IPRO e Ataque I2X em comparação ao não fornecimento do elemento. Na presença de Si, todas as cultivares apresentaram incrementos na produtividade de grãos quando comparadas com os valores obtidos na ausência de Si, embora não tenha havido diferença estatística para algumas. Os aumentos na produtividade de grãos das cultivares, em valores absolutos, foram de 10,3, 9,4, 8,2, 5,9, 4,1 e 3,5 sacos.ha⁻¹, para as cultivares Ataque I2X, M8606 I2X, Domínio IPRO, TMG 2379 IPRO, Extrema IPRO e Olimpo IPRO, respectivamente, quando nutridas com Si.

De acordo com a Conab (2023), a média nacional de produtividade de grãos na safra 2022/2023 foi de 3.508 kg.ha⁻¹, dentre as cultivares quando nutridas com Si, a que mais se aproximou dessa média foi a Ataque I2X, apresentando uma produtividade de 3.251,4 kg.ha⁻¹, no entanto, quando o Si não foi fornecido, essa produtividade apresentou um valor de 2.632,8 kg.ha⁻¹.

Figura 07 - Produtividade de cultivares de soja com aplicação de Si e sem aplicação de Si. Letras maiúsculas mostram diferenças de Si dentro das cultivares. Letras minúsculas mostram diferença de cultivares dentro de Si, por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$). As barras representam a média e o erro padrão da média ($n=3$).



Fonte: Própria (2023).

CONCLUSÕES

A aplicação de silício incrementa o desempenho agronômico das cultivares de soja quanto à altura de plantas, número de vagens, vagens com três e quatro grãos e, produtividade. A suplementação de Si aumenta e potencializa a produtividade de grãos das cultivares de soja M8606 I2X, Ataque I2X e Domínio IPRO. A cultivar Olimpo IPRO apresenta ótimo desempenho produtivo independente da nutrição com Si.

REFERÊNCIAS

- A Soja. APROSOJA - **Associação Brasileira de Produtores de Soja**, 2021. Disponível em: <https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/> Acesso em: 14 set. 2023.
- AVILA, R. G., MAGALHÃES, P. C., DA SILVA, E. M., DE SOUZA, K. R. D., CAMPOS, C. N., DE ALVARENGA, A. A., & DE SOUZA, T. C. Application of silicon to irrigated and water deficit sorghum plants increases yield via the regulation of primary, antioxidant, and osmoregulatory metabolism. **Agricultural Water Management**, v. 255, p. 107004, 2021.
- AVILA, R.G., MAGALHAES, P.C., DA SILVA, E.M., GOMES JÚNIOR, C.C., DE PAULA LANA, U.G., DE ALVARENGA, A.A., DE SOUZA, T.C. **Silicon supplementation improves tolerance to water deficiency in sorghum plants by increasing root system growth and improving photosynthesis**. *Silicon*, v. 12, n. 11, p. 2545-2554, 2020.
- BALBINOT JUNIOR, A. A. et al. **Densidade de plantas na cultura da soja**. 2015.
- BARBOSA FILHO, M.P.; SNYDER, G.H.; FAGERIA, N.K.; DATNOFF, L.E.; SILVA, O.F. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.325-30, 2001.
- BOLETIM analítico 3º trimestre. **Conjuntura econômica Piauí 2021**, [S. 1.], p. 8, 2021. Disponível em: http://www.cepro.pi.gov.br/download/202203/CEPRO11_4f577c5f22.pdf. Acesso em: 13 set. 2023.
- CASSEL, J. L. et al. Benefícios da aplicação de silício em plantas. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 4, p. 6601-6615, 2021.
- COELHO, P. H. M. et al. Crescimento e produtividade de dois cultivares de soja em função de doses de silício. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 3, p. 60-65, 2019.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 12 décimo segundo levantamento, ago. 2023.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**; v. 7, safra 2020/21, n. 12 – décimo segundo levantamento. Brasília, set. 2021.
- CRISPIM, L. C. et al. **A dinâmica geoeconômica da soja no município de Uruçuí PI**. 2021.
- DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Ed.). **Silício na agricultura**. Elsevier, 2001.
- DE ARAÚJO QUEIROZ, D. C. et al. Avaliação dos teores de proteína total e extrato etéreo de grãos de variedades de soja provenientes de diferentes locais de produção. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. e218111234317-e218111234317, 2022.

DE MELLO PRADO, R. **Nutrição de plantas**. Editora Unesp, 2021.

DE MELO, C. L. P. Importância na escolha de cultivares de soja – por que diversificá-las. **Revista Cultivar**, 2010. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/artigo-importancia-na-escolha-de-cultivares-de-soja-n-por-que-diversifica-las>. Acesso em: 16 set. 2023.

EPSTEIN, E. & Bloom, A. J (2004). **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. Sunderland: Sinauer Associates.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. 2005.

FIGUEIREDO, F. C. et al. Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p. 1306-1311, 2010.

FREITAS, L. B. de et al. Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, v. 58, p. 262-267, 2011.

GABBI, R.; MARTINS, A.; GERHARDT, S. DETERMINAÇÃO DO PESO DE MIL GRÃOS DA CULTIVAR TORNADO. **Feira Regional de Matemática**, v. 3, n. 3, 2019.

GAZZONI, D. L. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 3, p. 16-18, 2018.

GUIMARÃES, F. S.; REZENDE, P. M.; CASTRO, E. M.; CARVALHO, E. A.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, E. R. Cultivares de soja [Glycine Max (L). Merrill] para o cultivo de verão na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1099-1106, 2008.

LEITE, W. S.; MIRANDA, R. S.; ROCHA, M. M.; DUTRA, A. F., SANTOS, A. S., SILVA, A. C., ... & ALCÂNTARA NETO, F. Silicon alleviates drought damage by increasing antioxidant and photosynthetic performance in cowpea. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 209, p. 1-16, 2023.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, v. 11, n. 8, p. 392-397, 2006.

MAUAD, M. et al. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Agrarian**, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

MENEGALE, ML de C.; CASTRO, G. S. A.; MANCUSO, M. A. C. **Silício: interação com o sistema solo-planta**. 2015.

MERWAD, A. R. M.; DESOKY, E. S. M.; RADY, M. M. Response of water deficitstressed Vigna unguiculata performances to silicon, proline or methionine foliar application. **Scientia Horticulturae**, v. 228, n. 132-144, 2018.

NEPOMUCENO, L. A.; FARIAS, B. R. J.; NEUMAIER, N. Características da soja - **Portal Embrapa**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o>>

ambiente/caracteristicas-da-soja>. Acesso em: 13 set. 2023.

ONETTA, J. de S. et al. **Propriedades físicas de grãos de soja em diferentes safras**. 2018.

SANTOS, A. R., MELO, Y. L., DE OLIVEIRA, L. F., CAVALCANTE, I. E., DE SOUZA FERRAZ, R. L., DA SILVA SÁ, F. V., ... & DE MELO, A. Exogenous Silicon and Proline Modulate Osmoprotection and Antioxidant Activity in Cowpea Under Drought Stress. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, p. 1-8, 2022.

SEIXAS, C. D. S. et al. **Tecnologias de produção de soja**. 2020.

SILVA, D. C. D.; MELO, A. S. D.; MELO, Y. L.; ANDRADE, W. L. D.; LIMA, L. M. D.; SANTOS, A. R. Silicon foliar application attenuates the effects of water suppression on cowpea cultivars. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, p. 1-10, 2019.

SILVA, F. et al. **Soja: do plantio à colheita**. Oficina de Textos, 2022.

SILVA, L. L. et al. O papel do estado no processo de ocupação das áreas de cerrado entre as décadas de 60 e 80. **Caminhos de Geografia**, v. 1, n. 2, p. 24-36, 2000.

SOUSA, J. V. et al. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, p. 502-513, 2010.

TEJO, D. P.; FERNANDES, CH dos S.; BURATTO, J. S. Soja: fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. **Revista científica eletrônica de Agronomia da FAEF**, v. 35, n. 1, p. 1-9, 2019.

TEODORO, P. E. et al. Acúmulo de massa seca na soja em resposta a aplicação foliar com silício sob condições de déficit hídrico. **Bioscience Journal**, p. 161-170, 2015.

THOMAS, A. L. **Soja: tipos de crescimento da planta**. 2018.

VERMA, K.K.; LIU, X.H.; WU, K.C.; SINGH, R.K.; SONG, Q.Q.; MALVIYA, M.K.; SONG, X.P.; SINGH, P.; VERMA, C.L.; LI, Y.R. **The impact of silicon on photosynthetic and biochemical responses of sugarcane under different soil moisture levels**. Silicon, 2019.

Submetido em: 28/04/2024

Aceito em: 18/07/2024

Publicado em: 31/07/2024

Avaliado pelo sistema *double blind review*