

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA
FELIPPE MEIRA LOURENÇO**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES DOSES DE SILÍCIO NO CRESCIMENTO E
DESENVOLVIMENTO DE VARIEDADES DE MILHO (*Zea mays* L.)
TRANSGÊNICA E CONVENCIONAL**

SÃO JOÃO EVANGELISTA-MG

2016

FELIPPE MEIRA LOURENÇO

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES DOSES DE SILÍCIO NO CRESCIMENTO E
DESENVOLVIMENTO DE VARIEDADES DE MILHO (*Zea mays* L.)
TRANSGÊNICA E CONVENCIONAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Dr. Giuslan Carvalho Pereira

SÃO JOÃO EVANGELISTA-MG

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

L893i Lourenço, Felipe Meira.
2016

Influência de diferentes doses de Silício no crescimento e desenvolvimento de variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica e convencional. / Felipe Meira Lourenço. – 2016.

36f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, 2016.

Orientador: Dr. Giuslan Carvalho Pereira.

1. Resistência a. 2. Produtividade. 3. Massa seca. I. Lourenço, Felipe Meira. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista. III. Título.

CDD 631.8

Elaborada pela Biblioteca Professor Pedro Valério

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais Campus São João Evangelista

Bibliotecária Responsável: Rejane Valéria Santos – CRB-6/2907

FELIPPE MEIRA LOURENÇO

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES DOSES DE SILÍCIO NO CRESCIMENTO E
DESENVOLVIMENTO DE VARIEDADES DE MILHO (*Zea mays* L.)
TRANSGÊNICA E CONVENCIONAL**

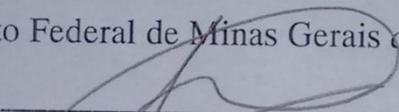
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em: 19/12/2016

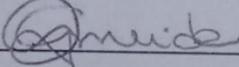
BANCA EXAMINADORA


Orientador Prof. Dr. Giuslan Carvalho Pereira

Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais *campus* São João Evangelista


Prof. Me. Adisson José Eufrásio de Carvalho

Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais *campus* São João Evangelista


Prof. Dr. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho

Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais *campus* São João Evangelista

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais Maria Aparecida e Valdimar Lourenço, ao meu irmão Fabio Estevão, por estarem juntos nessa etapa da minha vida, sempre me apoiando, a minha amiga e companheira Claudia Eduarda pelos momentos de aprendizado e por sempre estar presente em todos os momentos dessa trajetória.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus Jeová, criador de tudo, por ter me dado forças para que nunca desistisse do meu objetivo mesmo diante das dificuldades colocadas no meu caminho.

À minha família pelo apoio, compreensão e incentivos nos momentos difíceis. Em especial a minha mãe, que desde o início me amparou em todas as dificuldades.

A minha amiga e companheira Claudia Eduarda, por ter me auxiliando no presente trabalho sempre que foi necessário e aos meus amigos Deilson Alves, Romaro Aquino e Bruno Nazário pelo auxílio em alguns momentos na execução deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Giuslan Carvalho Pereira.

Agradeço ao Instituto Federal de Minas Gerais, campus São João Evangelista, pela oportunidade de realização do curso.

A todos os colegas de turma que contribuíram para que nosso ambiente de estudo fosse um local agradável e divertido.

A todos os funcionários do IFMG, campus São João Evangelista pela contribuição de forma direta e indiretamente para a elaboração deste trabalho.

E sou grato a todos que proporcionaram os conhecimentos por mim adquiridos, e que foram necessários a realização deste trabalho e à minha formação.

EPÍGRAFE

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos”.

(Isaac Newton)

RESUMO

O milho (*Zea mays* L.) é uma Poaceae de grande importância agrícola, pois é um cereal que constitui a base da alimentação humana e animal. Participa como matéria-prima de mais de 3,5 mil produtos, como álcool combustível, grãos, óleos, etc. Mas a cultura do milho mesmo sendo de grande importância, está sofrendo grandes perdas, ocasionadas principalmente pela incidência de doenças e pragas na cultura e pelo déficit hídrico que vem ocorrendo pela irregularidade pluviais. Uma forma de minimizar as perdas abióticas e bióticas é a aplicação de silício, por ter um aumento do espessamento da parede celular e produção de compostos fenólicos. E tem sido demonstrado, que o silício está relacionado ao aumento de clorofila e à melhoria no metabolismo da planta, ao aumento na tolerância das plantas a estresses por frio, calor e seca, reduzindo o desequilíbrio de nutrientes e a toxicidade dos metais pesados na planta, reforçando as paredes celulares de plantas e aumentando a resistência. Uma fonte de silício para uso na agricultura é o AgroSilício®, um silicato de cálcio e magnésio, oriundo de escória de produção do aço inox. Com isso este trabalho visa avaliar as respostas morfológicas de variedades de milho convencional e transgênica à aplicação de diferentes doses de silício, através de silicatos de cálcio e magnésio aplicados ao solo. Este trabalho foi realizado no IFMG campus São João Evangelista, em condições de casa de vegetação com uma variedade de milho convencional (2b587TM) e uma transgênica (2b587 PWTM) da empresa Dow AgroSciences®. O experimento constituiu-se de 5 tratamentos, com 5 repetições em cada, sendo estes tratamentos, 100, 200, 300, 400, 500 Kg de silício por hectare na forma do silicato de cálcio e magnésio AgroSilício® da empresa HARSCO MINERAIS, aplicados ao solo e a testemunha que não recebeu nenhuma adubação de silício. Foram avaliados o número de fileiras por espiga, massa de 100 grãos, massa seca da raiz, número de espiga por planta, massa seca do colmo, comprimento da terceira folha, altura das plantas, massa seca da folha, altura de inserção da primeira espiga, número de folhas e diâmetro do colmo. Verificou-se que as doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio aplicados via AgroSilício® no solo, não influenciou estatisticamente o número de fileiras por espiga, massa de 100 grãos, massa seca da raiz, número de espigas por planta, comprimento da terceira folha, altura das plantas, altura de inserção da primeira espiga, número de folhas por planta e diâmetro do colmo das variedades de milho convencional e transgênica. Já as variáveis massa seca do colmo e massa seca da folha houve resposta significativa e positiva para as diferentes doses de silicato de cálcio e magnésio, sendo que a partir da dose 300 kg de Si ha⁻¹ houve uma diminuição no acúmulo de massa seca nos fatores.

Palavras-chave: Resistência. Produtividade. Massa seca.

ABSTRACT

The Corn (*Zea mays* L.) is a Poaceae of great agricultural importance, because it is a cereal that forms the basis of human and animal feeding. It participates as raw material of more than 3.5 thousand products, such as fuel alcohol, grains, oils, etc. But the corn crop is of great importance and is suffering great losses, mainly due to the incidence of diseases and pests in the crop and the water deficit that is occurring due to rainfall irregularity. One way to minimize abiotic and biotic losses is the application of silicon by reducing numerous damage caused by diseases due to thickening of the cell wall and the production of phenolic compounds, and it has been shown that silicon is related to the increase of chlorophyll and Improvement in plant metabolism, increased plant tolerance to environmental stresses such as cold, heat and drought, reducing nutrient imbalance and plant metal toxicity, strengthening plant cell walls and increasing resistance to pathogens and Pests A source of silicon for agricultural use is AgroSilicon®, a calcium and magnesium silicate, made from stainless steel production slag. This work aims to evaluate the morphological responses of conventional and transgenic maize varieties to the application of different doses of silicon, through calcium and magnesium silicates applied to the soil. This work was carried out at the IFMG São João Evangelista campus, under greenhouse conditions with a variety of conventional maize (2b587TM) and a transgenic (2b587 PWTM) from Dow AgroSciences®. The experiment consisted of 5 treatments, with 5 replicates each, being 100, 200, 300, 400, 500 kg of silicon per hectare in the form of the AgroSilicio® calcium and magnesium silicate from HARSCO MINERAIS, applied to Soil and the control that did not receive any silicon fertilization. The number of rows per ear, mass of 100 grains, root dry mass, ear number per plant, stem dry mass, third leaf length, plant height, dry leaf mass, first ear insertion height , Number of leaves and stem diameter. However, it was verified that the increasing doses of calcium and magnesium silicate applied via AgroSilicon® in the soil did not statistically influence the number of rows per ear, mass of 100 grains, root dry mass, number of ears per plant, length of (2b587TM) and transgenic maize (2b587 PWTM) varieties were used to determine the number of leaves per plant and stem diameter. On the other hand, the dry mass of the stem and the dry mass of the leaf showed a significant and positive response for the different doses of calcium and magnesium silicate. From the dose, 300 kg of Si ha⁻¹ there was a decrease in dry mass accumulation in factors.

Keywords: Resistance. Productivity. Dry mass

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise de variância do diâmetro do colmo de variedades de milho (<i>Zea mays</i> L.) transgênica (2b587 PW TM) e convencional (2b587 TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.	22
Tabela 2. Análise de variância do número de folhas de variedades de milho (<i>Zea mays</i> L.) transgênica (2b587 PW TM) e convencional (2b587 TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.	23
Tabela 3. Análise de variância da altura de inserção da primeira espiga de variedades de milho (<i>Zea mays</i> L.) transgênica (2b587 PW TM) e convencional (2b587 TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.	23
Tabela 4. Análise de variância da altura de planta de variedades de milho (<i>Zea mays</i> L.) transgênica (2b587 PW TM) e convencional (2b587 TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.	24
Tabela 5. Análise de variância do comprimento da terceira folha de variedades de milho (<i>Zea mays</i> L.) transgênica (2b587 PW TM) e convencional (2b587 TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.	25
Tabela 6. Análise de variância do número de espiga de variedades de milho (<i>Zea mays</i> L.) transgênica (2b587 PW TM) e convencional (2b587 TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.	25
Tabela 7. Análise de variância da massa seca da raiz de variedades de milho (<i>Zea mays</i> L.) transgênica (2b587 PW TM) e convencional (2b587 TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.	26
Tabela 8. Análise de variância da massa de 100 grãos de variedades de milho (<i>Zea mays</i> L.) transgênica (2b587 PW TM) e convencional (2b587 TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.	27
Tabela 9. Análise de variância do número de fileiras por espiga de variedades de milho (<i>Zea mays</i> L.) transgênica (2b587 PW TM) e convencional (2b587 TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.	27
Tabela 10. Análise de variância massa seca do colmo de variedades de milho (<i>Zea mays</i> L.) transgênica (2b587 PW TM) e convencional (2b587 TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.	28

Tabela 11. Regressão da variável doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio no acúmulo de massa seca do colmo das variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica (2b587 PWTM) e convencional (2b587TM). 29

Tabela 12. Análise de variância massa seca da folha de variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica (2b587 PWTM) e convencional (2b587TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio. 30

Tabela 13. Regressão da variável doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio no acúmulo de massa seca da folha das variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica (2b587 PWTM) e convencional (2b587TM). 30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVO GERAL	13
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	IMPORTÂNCIA DO MILHO	15
2.2	SILÍCIO NA MORFOLOGIA	15
2.3	INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA	17
2.4	SILÍCIO NO AUMENTO DE PRODUTIVIDADE	18
3	METODOLOGIA	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1	DIÂMETRO DO COLMO	22
4.2	NÚMERO DE FOLHAS	22
4.3	ALTURA DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA ESPIGA	23
4.4	ALTURA DAS PLANTAS	23
4.5	COMPRIMENTO DA TERCEIRA FOLHA	24
4.6	NÚMERO DE ESPIGAS POR PLANTA	25
4.7	MASSA SECA DA RAIZ	25
4.8	MASSA DE 100 GRÃOS	26
4.9	NÚMERO DE FILEIRAS POR ESPIGA	27
4.10	MASSA SECA DO COLMO	28
4.11	MASSA SECA DA FOLHA	29
5	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma Poaceae de grande importância agrícola, pois é um cereal que constitui a base da alimentação humana e animal (SILVA, 1995). Participa como matéria-prima de mais de 3,5 mil produtos, como álcool combustível, grãos, óleos, etc. (PEREIRA et al., 2007).

O Brasil sendo o terceiro maior produtor, reunindo a primeira e segunda safra, atingiu no ano agrícola de 2015/16, o montante de 66,98 milhões de toneladas, apresentando um decréscimo de 20,2% em relação à produção anterior. Com uma área de primeira safra atingindo 5.387,7 mil hectares com redução de 12,3%, quando comparada com a primeira safra passada, que totalizou 6,1 milhões de hectares. A produção do cereal na segunda safra atingiu 25.853,6 mil toneladas, representando decréscimo de 14,1% em relação ao volume alcançado no exercício anterior. Já a área plantada houve um aumento de 10,3% (984,2 mil hectares), totalizando 10,5 milhões de hectares, sendo a produtividade média de 4.799 kg/ha (CONAB, 2016).

Com isso, a cultura do milho mesmo sendo de grande importância para agricultura brasileira, está sofrendo grandes perdas, ocasionadas principalmente pela incidência de doenças e pragas na cultura e pelo déficit hídrico que vem ocorrendo pela irregularidade pluviais (VISÃO AGRÍCOLA, 2015).

Do ponto de vista agrônomo, o estresse é uma condição de perturbação do desenvolvimento das plantas, que resulta em redução da produtividade. Seu efeito específico sobre a produtividade das culturas depende da interação entre três componentes básicos: o genótipo, fenótipo e a variabilidade dos fatores bióticos e abióticos do ambiente. Dentre os fatores bióticos destaca-se o ataque de pragas e doenças que causam grandes alterações nos processos fisiológicos das plantas. No entanto, os fatores que estão mais ligados à redução da produtividade da cultura do milho são os fatores abióticos relacionados ao clima, como a disponibilidade hídrica do solo, temperatura do ar, umidade relativa do ar e irradiação solar (FREITAS et al., 2011).

Segundo Rodrigues (2011), uma forma de minimizar as perdas devido aos fatores bióticos e abióticos é a aplicação de silício, principalmente na Família Poaceae, por reduzir inúmeros danos causados por doenças devido ao espessamento da parede celular e produção de compostos fenólicos. Também proporciona um grande aumento no grau de resistência das plantas ao ataque de pragas, devido à barreira física com a deposição de sílica nas células dos

tecidos da epiderme através do aumento da espessura e da rigidez da parede celular ou por meio de barreira química pela produção de fenóis pelas plantas.

Mesmo não sendo considerado um elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, tem sua absorção, em muitos casos, demonstrando efeitos benéficos no aumento de produção de diversas culturas como: milho, cana-de-açúcar, arroz e outras gramíneas (FAQUIN, 2005).

Uma fonte de silício para uso na agricultura é o AgroSilício®, um silicato de cálcio e magnésio, oriundo de escória de produção do aço inox. A sua produção anual brasileira é de três milhões de toneladas, no entanto é pouco utilizado na agricultura, provavelmente, pelo pouco conhecimento e falta de resultados experimentais, em comparação a outros países (SEDIYAMA et al., 2009). Segundo Prado et al. (2001 apud, MONTES et al., 2015, p.2), as características consideradas ideais para uma boa fonte de silicato para fins agrícolas são, alta concentração de Si solúvel, boas relações e quantidades de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), isentos ou com baixa concentração de metais pesados e custo baixo. Sendo essas características encontradas nos silicatos de cálcio e magnésio.

O AgroSilício® contém na sua composição, silício, cálcio e magnésio, e em menor concentração, fósforo, potássio, enxofre, zinco, manganês e molibdênio. Atua como corretivo do solo e na sua reação com o solo não libera dióxido de carbono (CO₂), um dos principais responsáveis pelo efeito estufa e também contribui para diminuir a necessidade de exploração de novas jazidas para extração de calcário (HASCO METALS & MINERALS, 2012). É um corretivo com efeito residual prolongado, que pode beneficiar culturas de ciclo longo, minimizando a queda de produção ao longo do ciclo produtivo (SEDIYAMA et al., 2009). Sendo que a escória de siderurgia propicia melhorias da fertilidade do solo, até nas camadas mais profundas do solo (ALMEIDA, 2015).

1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho visa avaliar as respostas morfológicas de variedades de milho convencional e transgênica à aplicação de diferentes doses de silício, através de silicatos de cálcio e magnésio aplicados ao solo.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o diâmetro do colmo;
- Número de folhas;
- Altura de inserção da primeira espiga;
- Altura das plantas;
- Comprimento da terceira folha;
- Número de espigas por planta;
- Massa seca da raiz,
- Massa de 100 grãos;
- Número de fileiras por espiga;
- Massa seca do colmo;
- Massa seca da folha.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPORTÂNCIA DO MILHO

O milho é uma gramínea anual, originária da região compreendida hoje pelo sul do México e norte da Guatemala, com altura média entre 1,70 e 2,50 m no florescimento e que pode ser cultivada desde o nível do mar até 3.600 m de altitude e onde a temperatura se apresente entre uma média noturna acima de 12,8°C e média diurna superior a 19°C, com necessidades hídricas entre 500 a 800 mm de lâmina d'água, distribuídos desde a sementeira até o ponto de maturação fisiológica dos grãos. Com fases mais sensíveis à deficiência de água sendo a iniciação floral e o desenvolvimento da inflorescência além do período de fertilização e enchimento dos grãos (DARÓS, 2015).

É uma planta monoica, que apresenta fecundação cruzada e sua via de fotossíntese é C4, seu grão é uma cariopse com um único embrião no seu interior. O monoicismo indica a separação dos sexos na mesma planta, favorecendo a alogamia (FORNASIERE FILHO, 2007). A inflorescência masculina (pendão) encontra-se na extremidade superior da planta, após a folha bandeira, posicionada perfeitamente para dispersão de pólen pelo vento. As anteras ficam no interior da espigeta estaminal, protegida pela pálea, lema e glumas (GONÇALVES, 2013). A inflorescência feminina (espiga) encontra-se na extremidade do ráquis, que cresce no nó do colmo. Pode haver a produção de mais de uma espiga, uma principal (a superior) e uma ou mais espigas secundárias (inferiores). O florescimento feminino se dá pela emergência dos estilos através da palha, e ocorre normalmente de 2 a 3 dias após a antese. A classificação botânica é: Família: Poaceae; Subfamília: Panicoideae; Gênero: *Zea*; Espécie: *Zea mays* (FORNASIERE FILHO, 2007).

2.2 SILÍCIO NA MORFOLOGIA

O silício é caracterizado como elemento benéfico ou útil as plantas. A sua contribuição é de forma significativa para a agricultura por propiciar inúmeros benefícios como aumento da resistência de plantas a pragas, doenças e ao acamamento, redução de estresses bióticos, abióticos e deficiência hídrica, dentre outros, possibilitando um incremento na produtividade de diversas culturas agrícolas, que sendo suplementada com silício, pode apresentar efeitos benéficos no crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura (SILVA, 2013).

Depois de absorvido, o silício é depositado na forma de sílica amorfa nas paredes das células da epiderme, contribuindo substancialmente para fortalecer a estrutura da planta e aumentar a resistência ao acamamento e ao ataque de pragas e doenças (EPSTEIN, 1999; KORNDÖRFER et al., 2002 apud ALMEIDA, 2015 p 8). Porém o mecanismo de deposição desta sílica não é muito claro. A deposição de sílica em gramíneas pode estar associada a proteína SBP117, devido a distribuição desta proteína estar localizada nos locais de acúmulo de sílica como as células da epiderme das folhas (MAUAD et al., 2013).

A deposição de sílica amorfa $\text{SiO}_2 \cdot \text{NH}_2\text{O}$ nos tecidos das plantas superiores, ocorre após a absorção de forma passiva ou ativa de ácido monossilícico H_4SiO_4 a medida que a planta perde água por transpiração. A deposição ocorre em maior quantidade na parte aérea do que em relação as raízes. Após a deposição do nutriente na planta, forma-se uma camada dupla de Si/cutícula e Si/celulose, assim propiciando o espessamento da epiderme da folha (FEHR, 2014).

Tem sido demonstrado que o silício está relacionado ao aumento de clorofila e à melhoria no metabolismo da planta, ao aumento na tolerância das plantas a estresses ambientais, como frio, calor e seca, reduzindo o desequilíbrio de nutrientes e a toxicidade dos metais na planta, reforçando as paredes celulares de plantas e aumentando a resistência a patógenos e a pragas (SOUZA, 2015).

O Si aumenta o aproveitamento da água na planta, sendo que as folhas ricas desse elemento podem, por meio da polimerização da sílica amorfa, preenche os espaços interfibrilares, reduzindo o movimento da água através da parede celular, causando aumento da economia de água da planta pela diminuição da taxa de transpiração, quanto maior o teor de Si na planta, maior a capacidade desta em tolerar a falta de água (ALMEIDA, 2015). Na epiderme foliar, o Si combina com a celulose e pode estar presente nas células guarda dos estômatos e nos tricomas, também pode ser encontrado nos elementos vasculares, diminuindo as perdas de água (VIANA, 2015).

Em plantas de morangueiro tratadas com silicatos, as epidermes abaxial e adaxial, o parênquima esponjoso e o mesofilo foliar apresentaram maior espessura, o parênquima paliçádico apresentou três camadas de células paliçádicas e menor preenchimento do mesofilo com parênquima esponjoso, em relação aos demais tratamentos, implicando em diferenciação significativas da morfologia da folha em resposta a aplicação de silício (BRAGA et al., 2009).

O Si beneficia também a arquitetura da planta, as folhas ficam mais eretas e aumenta a taxa fotossintética, resultado de uma menor abertura de ângulo foliar, permitindo maior

captação da energia luminosa, aumentando a produtividade, principalmente em espécies acumuladoras desse elemento como o arroz e cana-de-açúcar (ALMEIDA, 2015).

2.3 INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA

De forma geral, o Si concentra-se nos tecidos de suporte e/ou sustentação do caule, nas folhas e, em menores concentrações, nas raízes. Nas folhas está envolvido com funções físicas de regulação da transpiração, uma vez que é capaz de se concentrar na epiderme, formando uma barreira de resistência mecânica à invasão de fungos e bactérias para o interior da planta, dificultando também o ataque de insetos sugadores e herbívoros (NERI, 2006).

O silício pode agir como elicitor do processo de indução de resistência, aumentando a atividade de enzimas relacionadas com a defesa de plantas de trigo contra *Schizaphis graminum*, como por exemplo, as peroxidases e polifenoloxidasas e a enzima fenilalanina amônia-liasse relacionadas com a síntese de compostos fenólicos, que apresentam propriedades repelentes, tóxicas e antinutricionais aos insetos (MENDONÇA et al., 2013).

Mendonça et al. (2013) verificou através do uso do microscópio ótico e eletrônico, que a aplicação de silício tem papel ativo na resistência de plantas de trigo infectadas por *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*, principalmente em função do acúmulo de compostos fenólicos em paredes de células epidérmicas.

Carvalho et al. (1999 apud NERI, 2006, p 11), ao estudarem o efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor* L.) ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Hemiptera: Aphididae), verificaram diferenças significativas entre os tratamentos com e sem silício para o período reprodutivo e longevidade de adultos. Também em trigo, verificou o efeito da aplicação de silício sobre *S. graminum*, concluindo que o silício afetou a sua longevidade e reprodução.

Em milho, a aplicação de silício contribui no aumento da resistência das plantas ao pulgão-do-milho *R. maidis*, principalmente quando aplicado via solo mais uma adubação foliar, ou mediante duas aplicações foliares (NERI, 2006). Já para a lagarta-do-cartucho, há um aumento do canibalismo e de mortalidade dessa praga quando aplicaram uma solução de silicato de sódio via solo nas plantas (GOUSSAIN, 2006). Essa diminuição de preferência pode ser relacionada com o excessivo desgaste da região incisora das mandíbulas das lagartas ao se alimentarem de folhas provenientes de plantas tratadas com silício (NERI, 2006).

O silício era encarado como a barreira mecânica passiva de defesa da planta contra o estresse ambiental. A planta tratada com silício começa uma sequência de reações que iniciam mecanismos de defesas bioquímicas quando infectada proporciona um aumento na atividade

das enzimas peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase, que indica a síntese de compostos de defesa da planta (NERI, 2006).

2.4 SILÍCIO NO AUMENTO DE PRODUTIVIDADE

O calcário é o material mais utilizado como corretivo de acidez do solo. Mas uma provável solução para o mecanismo de acidificação do solo é a aplicação superficial de outros corretivos mais solúveis, entre eles os silicatos de cálcio e magnésio, com a finalidade de aumentar a produtividade e a longevidade dos plantios (MARAFON e ENDRES, 2011).

Esse aumento de produtividade ocorre por fatores como, amenização dos efeitos do excesso de metais pesados (alumínio, manganês e ferro), do estresse salino, aumentos na eficiência fotossintética, no suprimento de carboidratos, na assimilação de amônia, na tolerância a altas doses de adubação com nitrogênio, na força mecânica dos colmos (com decréscimo na suscetibilidade ao acamamento devido ao fortalecimento das paredes celulares e a maior rigidez estrutural dos tecidos) (MARAFON e ENDRES, 2011). Também na melhoria na arquitetura das plantas (com aumento na penetração de luz no dossel em função do crescimento mais ereto das folhas e a redução do auto sombreamento), no aumento do perfilhamento e dos teores de clorofila das folhas, com redução da senescência foliar e, também, na proteção das folhas contra os danos causados pela radiação ultravioleta (ARTIGIANI, 2008).

A substituição de parte do calcário por silicatos de Ca e Mg, pode ser uma opção viável, principalmente tratando-se da correção da acidez subsuperficial em áreas sob o sistema plantio direto, onde nestas condições, o desenvolvimento do sistema radicular torna-se limitado às camadas superficiais, explorando assim, pequeno volume de solo e, conseqüentemente, limitando a produtividade das culturas, principalmente, nos locais onde é frequente a ocorrência de veranicos. Assim os silicatos podem melhorar as propriedades químicas do solo em camadas mais profundas, propiciando maior desenvolvimento radicular e exploração de maior volume de solo pelas raízes (ARTIGIANI, 2008).

A substituição do carbonato de cálcio por escória de siderurgia (Agrosilício) na correção do solo proporciona maior crescimento e peso de grãos na soja; eleva os teores de cálcio (Ca), fósforo (P) e potássio (K), não afetando os níveis de enxofre (S), boro (B) e ferro (Fe) nas plantas (PINTO et al., 2014).

A aplicação de silício em milho e em feijão-de-corda, sob estresse salino, melhorou o aproveitamento da água devido à baixa transpiração. Os teores de prolina, aminoácidos e

proteínas solúveis em resposta à deficiência hídrica e concentrações de Si em plantas de milho, constataram ser eficaz a utilização do silício no controle do estresse provocado pela deficiência hídrica (NEVES et al., 2012). Em feijoeiros comuns há o maior crescimento das raízes em profundidade, aumentando o volume de solo explorado, possibilitando maior absorção de água e nutrientes pela planta, conferindo maior tolerância ao déficit hídrico. Com relação à produtividade, pesquisas evidenciaram resultados benéficos promovidos pelo uso de silicatos, como na cana-de-açúcar e no sorgo (ALCÂNTARA, 2015). A aplicação foliar de silício no feijoeiro, aumentou sua concentração na folha, proporcionou maior número de vagens por planta e maior produtividade (CRUSCIOL et al., 2013).

Assim a influência da aplicação silício na forma de silicato de cálcio e magnésio no aumento da produtividade é uma realidade nas culturas responsivas a esse elemento (MAUAD et al., 2013).

3 METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais Campus São João Evangelista (IFMG SJE) em condições de casa de vegetação.

O município apresenta latitude 18° 32' 46" sul e longitude 42° 45' 35" oeste. O clima nessa região é caracterizado por Cwa – Clima temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso e quente (KÖPPEN, 2010). A temperatura média máxima anual é de 26°C, a média anual é de 20°C e a temperatura média mínima é de 15°C. A precipitação pluviométrica média anual é de 1180 mm e a altitude média é de 692 m (SILVA, 2013).

O estudo foi realizado com uma variedade de milho convencional (2b587TM) e uma transgênica (2b587 PWTM) da empresa Dow AgroSciences®. O experimento constituiu-se de 5 tratamentos, com 5 repetições em cada. Os tratamentos, 100, 200, 300, 400, 500 Kg de silício por hectare, na camada de 0-20 cm no solo, na forma do silicato de cálcio e magnésio AgroSilício® da empresa HARSCO MINERAIS, aplicados ao solo e a testemunha não recebeu nenhuma adubação de silício.

O solo utilizado foi Latossolo vermelho distrófico segundo a classe de solos proposta por MUNSELL (1975), a uma profundidade superior a 40 cm, para minimizar a presença de sementes de espécies daninhas (ANEVAN, 2009), (BRAGA et al., 1999). Após a coleta, foi retirada uma amostra de solo de 0,5 kg para análise química no laboratório de solos do IFMG SJE. Onde foi determinado o pH de 4,80, o fósforo 0,1 e potássio 30 mg.dm⁻³, o cálcio 0,6, magnésio 0,20, alumínio 0,75, capacidade de troca catiônica a pH 7,0 de 12,37 cmol_c.dm⁻³.

Posteriormente o solo coletado, foi dividido e mensurado em 125 L por tratamento. Após a aplicação das dosagens este solo foi umedecido e incubado por um período de aproximadamente 60 dias. Após este período o solo foi transferido para os vasos com volume de 25 litros e em seguida foi realizado o plantio das sementes (3 sementes/vaso) das diferentes variedades (ANTUNES, 2009).

As adubações foram realizadas de acordo com as necessidades nutricionais interpretadas em função da análise do solo, sendo que as recomendações foram baseadas no livro “Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação” (RIBEIRO et al., 1999). Com isso foram aplicados 8,33 g/vaso de supersimples para suprir as necessidades de fósforo (P) pelas plantas, sendo este aplicado em apenas uma parcela durante o plantio, juntamente com a primeira parcela de 1,5 g/vaso de cloreto de potássio, sendo este aplicado mais de uma vez, 15 dias após o plantio. A adubação nitrogenada foi realizada através

do uso de ureia, dividida em três aplicações de cobertura de 2 g/vaso cada, nos períodos de 15, 30 e 45 dias após o plantio (CRUZ et al., 2010).

O desbaste foi realizado para condução de uma única planta, que apresentasse o melhor desenvolvimento, posição centralizada no vaso, e isenta de ataque de pragas e doenças, realizado aos 10 dias após a emergência, a primeira capina manual foi realizada 15 dias após a emergência das plântulas, repetindo-se quinzenalmente esse trato cultural, afim de minimizar o efeito da competição de plantas daninhas.

Foram avaliados o crescimento e desenvolvimento das plantas de milho nas diferentes dosagens através da medição da altura da planta, realizada do coleto até a folha +1; medição do diâmetro do colo do colmo das plantas; contagem do número de folhas por planta; medição da altura de inserção da primeira espiga; medição do comprimento da terceira folha; contagem do número de espigas por planta. Estas medições foram realizadas após o florescimento como descrito por Carvalho et al. (2012).

Após o desenvolvimento da cultura foi realizada a colheita manualmente, no qual foram separados os órgãos vegetativos (folha, colmo e raiz) e o órgão reprodutivo (espiga), com auxílio de estilete. Após o processo de colheita, os órgãos vegetativos foram pesados em balança de alta precisão, para a determinação da massa fresca dos mesmos e posteriormente acondicionados em sacos de papel e levados à estufa de ventilação forçada de ar, por 48 horas, a 65°C, para secagem e com isso determinar a massa seca da raiz, do colmo e da folha (CARVALHO et al., 2012).

O número de fileiras de grãos por espiga foi determinado por ocasião da colheita, tendo sido coletadas uma espiga por planta, sendo contados manualmente. A massa de 100 grãos foi calculada mediante a contagem de 100 grãos por espiga, de cada tratamento. Os valores transformados para 13% de umidade (LEITE et al., 2013).

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado no arranjo fatorial $(2 \times 5) + 1$, onde avaliou-se a interação entre as duas variedades, convencional e transgênica, com as doses de silício, com cinco repetição por tratamento. Os dados foram submetidos a análise de variância e a regressão quando encontrado significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DIÂMETRO DO COLMO

Não houve diferença significativa do parâmetro avaliado, diâmetro do colmo, nas diferentes doses, nem para a variedade transgênica e convencional (Tabela 1). Oliveira et al. (2016) em trabalho avaliando a aplicação de silicatos de cálcio e magnésio e Yoorin, em solo com plantas de sorgo, também não encontrou diferença significativa no diâmetro do colmo.

No entanto Souza et al. (2015) utilizando silicato de cálcio e magnésio aplicado no solo, avaliaram em plântulas de milho, um aumento responsivo do diâmetro do colmo com o aumento das doses do silicato. E em trabalho com diferentes variedades de plantas de sorgo em solo rico em silício, Silva et al. (2012) encontraram diferenças significativas do diâmetro do colmo das variedades.

Segundo Freitas et al. (2008) aplicações de silicato de potássio (K_2SiO_3) via foliar não propiciaram diferenças significativas no diâmetro do colmo do milho, mesmo o silício sendo depositado em camadas abaixo da epiderme. Mas a deposição de sílica amorfa em camada dupla abaixo da epiderme como descrita por Fehr (2014), pode não propiciar aumento significativo do diâmetro do colmo.

Tabela 1. Análise de variância do diâmetro do colmo de variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica (2b587 PWTM) e convencional (2b587TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	Prob.
Variedades	0,065406	1	0,065406	0,540927 ^{ns}	0,465627
Doses	0,896293	5	0,179259	1,482522 ^{ns}	0,213064
Var x Doses	0,526359	5	0,105272	0,870629 ^{ns}	0,507817
Erro	5,803903	48	0,120915		
Total	7,291961	59			

ns - Não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

4.2 NÚMERO DE FOLHAS

Não houve diferença significativa nos tratamentos para a variável analisada, número de folhas (Tabela 2). O mesmo foi encontrado por Fehr et al. (2012), que em aplicações de silício via solo em variedades de bananeira, notou que o número de folhas não foi influenciado durante o ciclo produtivo. Braga et al. (2009) trabalhando com plantas de morango micropropagadas em diferentes fontes de silício também não encontraram diferenças significativas no número de folhas por planta.

Já no trabalho realizado por Silva (2007), no cultivo *in vitro*, de gérbas simulando condições salinas e utilizando diferentes fontes de silício, este encontrou valores significativos ao número de folhas sendo que o aumento das doses propiciou maior número de folhas. Este aumento do número de folhas foi explicado por indução de resistência proporcionado pelo silício ao fator abiótico salinidade que limitava o desenvolvimento de gérbas.

Tabela 2. Análise de variância do número de folhas de variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica (2b587 PWTM) e convencional (2b587TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	Prob.
Variedades	0,016667	1	0,016667	0,034483 ^{ns}	0,853466
Doses	1,283333	5	0,256667	0,531034 ^{ns}	0,751652
Var x Doses	3,683333	5	0,736667	1,524138 ^{ns}	0,200038
Erro	23,2	48	0,483333		
Total	28,18333	59			

ns - Não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

4.3 ALTURA DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA ESPIGA

A altura de inserção da primeira espiga não foi influenciada através das doses tampouco por uso de variedades transgênicas e convencionais no teste F a 5% de probabilidade (Tabela 3). Freitas et al. (2011) constataram que a aplicação de silício também não influenciou a altura de inserção da primeira espiga, nem quando a aplicação ocorreu em diferentes épocas. Teodoro et al. (2014) também não encontraram diferenças significativas em diferentes variedades tratadas com e sem silício aplicado via foliar.

Tabela 3. Análise de variância da altura de inserção da primeira espiga de variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica (2b587 PWTM) e convencional (2b587TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	Prob.
Variedades	0,099227	1	0,099227	4,157106 ^{ns}	0,046988
Doses	0,085113	5	0,017023	0,713166 ^{ns}	0,616564
Var x Doses	0,227633	5	0,045527	1,907342 ^{ns}	0,110541
Erro	1,14572	48	0,023869		
Total	1,557693	59			

ns - Não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

4.4 ALTURA DAS PLANTAS

A altura final das plantas não foi influenciada por diferentes doses de silicato de cálcio e magnésio e pelas variedades transgênicas e convencional (Tabela 4). Isso pode explicar a não influencia na altura de inserção da primeira espiga.

Freitas et al. (2011), avaliando a altura de plantas de milho com doses de silício aplicadas via foliar, não encontraram diferença significativa na altura das plantas. A aplicação de Si normalmente estimula várias ações na planta, tais como: maior rigidez estrutural dos tecidos, por aumento da resistência mecânica das células, folhas mais eretas e diminuição do auto sombreamento, mas nenhum fator direto que evidencie maior crescimento efetivo da planta Camargo et al. (2010).

Esses resultados podem ser referentes a deposição de silício propiciar espessamento da epiderme e não propiciar o alongamento celular sendo que Soares (2009) inferiu que o silício dificulta o alongamento celular devido aumento de rigidez das paredes celulares.

Tabela 4. Análise de variância da altura de planta de variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica (2b587 PWTM) e convencional (2b587TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	Prob.
Variedades	0,058907	1	0,058907	1,189713 ^{ns}	0,280833
Doses	0,539773	5	0,107955	2,180315 ^{ns}	0,071847
Var x Doses	0,198953	5	0,039791	0,803635 ^{ns}	0,552705
Erro	2,37664	48	0,049513		
Total	3,174273	59			

ns - Não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

4.5 COMPRIMENTO DA TERCEIRA FOLHA

Não houve diferença significativa para o comprimento da terceira folha nas diferentes doses e nas duas variedades (Tabela 5).

Dias et al. (2013) em cultivo *in vitro* de bananeira observou decréscimo do comprimento da primeira folha totalmente expandida em relação ao aumento das doses de silício no meio de cultura. Já Eburneo (2014) em cultivos *in vitro* de *Catasetum* x *Apolloi benelli* e Grade (Orchidaceae) submetidas a diferentes doses de silício e luminosidade, não encontrou diferença significativa para o comprimento das folhas das espécies em doses crescentes de silício. Sendo descrito no trabalho melhoria do tamanho da folha com o aumento das doses de silício e aumento da luminosidade, mas não sendo diferentes estatisticamente. Sendo o silício fator

estrutural nas células das plantas não influenciou o aumento da terceira folha das plantas de milho.

Tabela 5. Análise de variância do comprimento da terceira folha de variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica (2b587 PWTM) e convencional (2b587TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	Prob.
Variedades	5,722682	1	5,722682	0,044443 ^{ns}	0,833925
Doses	1489,168	5	297,8336	2,312994 ^{ns}	0,058201
Var x Doses	124,7242	5	24,94484	0,193723 ^{ns}	0,963485
Erro	6180,739	48	128,7654		
Total	7800,354	59			

ns - Não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

4.6 NÚMERO DE ESPIGAS POR PLANTA

Não houve diferença significativa para o número de espigas por plantas para as doses utilizadas nem para as variedades transgênica e convencional (Tabela 6). Provavelmente porque a espiga é uma parte reprodutiva da planta e recebe nutrientes e fotoassimilados por translocação via floema das partes vegetativas.

O mesmo foi encontrado por Simonetti e Mourão (2014), em aplicações de silicato de potássio em diferentes dosagens em que o número de espigas por plantas não diferiu. Segundo Almeida et al. (2015), não houve diferença significativa para o número de espiga nem para o peso das espigas em plantas submetidas a diferentes doses de silicato de potássio aplicados ao solo.

Tabela 6. Análise de variância do número de espiga de variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica (2b587 PWTM) e convencional (2b587TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	Prob.
Variedades	0,416667	1	0,416667	2,941176 ^{ns}	0,092798
Doses	1,483333	5	0,296667	2,094118 ^{ns}	0,082355
Var x Doses	0,283333	5	0,056667	0,4 ^{ns}	0,846404
Erro	6,8	48	0,141667		
Total	8,983333	59			

ns - Não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

4.7 MASSA SECA DA RAIZ

A massa seca da raiz não foi influenciada pelas doses de silicato de cálcio e magnésio, nem pelas variedades transgênica e convencional (Tabela 7). Guedes et al. (2015), em trabalho com *Crambe abyssinica* uma brassicaceae originária da Etiópia também não encontrou diferença significativa na massa seca da raiz, após aplicações foliares de silicato de potássio. O mesmo foi descrito por Gomes et al. (2011) em aplicação de silicato de cálcio e magnésio em cultivo de arroz em diferentes tipos de solo, onde constatou que a massa seca da raiz não foi influenciada pelas doses de silício.

Já Souza et al. (2014) encontrou melhorias significativas do comprimento das raízes de milho tratados com metassilicato de sódio submetidos a estresse hídrico e adubação nitrogenada, sendo que o silício influenciou o crescimento radicular de forma indireta devido a minimizar os efeitos abiótico do estresse hídrico.

O silício é depositado pelas partes vegetativas aéreas da planta, tendo sua acumulação principal nas folhas, sua relação com um possível crescimento radicular pode ser observada em resposta a diminuição da severidade de estresses abióticos ou bióticos (NERI, 2006).

Tabela 7. Análise de variância da massa seca da raiz de variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica (2b587 PWTM) e convencional (2b587TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	Prob.
Variedades	6E-07	1	6E-07	0,054095 ^{ns}	0,817074
Doses	6,75E-05	5	1,35E-05	1,217731 ^{ns}	0,315317
Var x Doses	4,82E-05	5	9,64E-06	0,869121 ^{ns}	0,508802
Erro	0,000532	48	1,11E-05		
Total	0,000649	59			

ns - Não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

4.8 MASSA DE 100 GRÃOS

A massa de 100 grãos não diferiu em função da aplicação de doses de Si, via silicato de cálcio e magnésio (Tabela 8). O mesmo foi encontrado por Freitas et al. (2011), sendo que o Si proporciona vários benefícios para as plantas, destacando-se: melhor eficiência fotossintética e maior aproveitamento da água, dentre outros, seria de se esperar um maior enchimento de grãos com doses crescentes de Si, o que não foi observado. Corroborando com os resultados, Toscano et al. (2016), em adubação de milho com fontes a base de silicatos não encontrou diferença significativa na massa de 100 grãos.

Segundo Souza et al. (2014) em aplicação de silicato de potássio via foliar no milho encontrou variação positiva até a dosagem de 3 L ha⁻¹, sendo que doses superiores a essa provocaram fitotoxicidade nas plantas de milho.

Uma justificativa para o resultado esperado pode ser devido ao fato do silício ter sua deposição acentuada em partes vegetativas áreas da planta e com baixa translocação na planta, com isso a aplicação de silício no solo na forma de silicato de cálcio e magnésio não influenciando na massa dos grãos.

Tabela 8. Análise de variância da massa de 100 grãos de variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica (2b587 PWTM) e convencional (2b587TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	Prob.
Variedades	1,5E-07	1	1,5E-07	0,157895 ^{ns}	0,692864
Doses	1,07E-05	5	2,14E-06	2,249123 ^{ns}	0,064417
Var x Doses	4,55E-06	5	9,1E-07	0,957895 ^{ns}	0,45291
Erro	4,56E-05	48	9,5E-07		
Total	6,1E-05	59			

ns - Não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

4.9 NÚMERO DE FILEIRAS POR ESPIGA

Não houve relação significativa no número de fileiras por espiga com as dosagens de silicato de cálcio e magnésio aplicados ao solo (Tabela 9). O mesmo foi descrito por Teodoro et al. (2014) em híbridos de milho com e sem aplicação de silício via foliar. Corroborando com estes resultados Freitas, Coelho e Maia (2009), observaram que o número de fileiras por espiga, também não foi alterado significativamente pela aplicação de silício. A característica em questão apresenta alta herdabilidade, correlacionando-se mais intrinsecamente com a cultivar utilizada, do que com as práticas culturais (FREITAS, COELHO e MAIA, 2009).

Tabela 9. Análise de variância do número de fileiras por espiga de variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica (2b587 PWTM) e convencional (2b587TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	Prob.
Variedades	0,016667	1	0,016667	0,045455 ^{ns}	0,832073
Doses	2,15	5	0,43	1,172727 ^{ns}	0,336366
Var x Doses	3,883333	5	0,776667	2,118182 ^{ns}	0,079278
Erro	17,6	48	0,366667		
Total	23,65	59			

ns - Não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

4.10 MASSA SECA DO COLMO

Houve variação significativa na massa seca do colmo em diferentes doses de silicato de cálcio e magnésio ao teste F a 5% de probabilidade (Tabela 10). O mesmo foi descrito por Souza et al. (2010) utilizando o mesmo híbrido do presente trabalho com aplicação foliar de silicato de potássio (K_2SiO_3), onde houve incremento até a dose de 3 L ha⁻¹. Havendo um decréscimo a partir dessa dose, sendo a causa a fitotoxidez por silício.

Já Lima et al. (2014) encontraram que em plantas de sorgo submetidas a estresse salino ou não, as doses de silício não alteraram os teores de massa de matéria seca do colmo, não diferindo conforme o aumento das concentrações de silício.

Tabela 10. Análise de variância massa seca do colmo de variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica (2b587 PWTM) e convencional (2b587TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	Prob.
Variedades	5,70417E-06	1	5,7E-06	3,347188 ^{ns}	0,073535
Doses	0,000902788	5	0,000181	105,9506 ^{**}	0,000 ^{**}
Var x Doses	1,05208E-05	5	2,1E-06	1,234719 ^{ns}	0,307665
Erro	8,18E-05	48	1,7E-06		
Total	0,001000813	59			

** Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ns - Não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

Após a comprovação da significância da variável doses ao teste F a 5% de significância, foi feita a análise estatística da regressão onde ajustou-se no modelo quadrático, obtendo-se significância a 5% e um R² no valor de 81,7% (Tabela 11) (Figura 1). Significando que a resposta as doses de silicato de cálcio e magnésio para massa seca do colmo cresce à medida que se aumentam as doses. Sendo que há um decréscimo no ganho de massa seca a partir da dose 300 kg de silício ha⁻¹, mas a dose 500 kg de silício ha⁻¹ não propiciou toxicidade a ponto de decair a massa seca do colmo. De modo geral, pode-se dizer que os nutrientes absorvidos e acumulados nas partes vegetativas como o colmo, são translocadas para os órgãos reprodutivos, assim o aumento da massa seca pode propiciar aumento de produção (VALE et al., 2015).

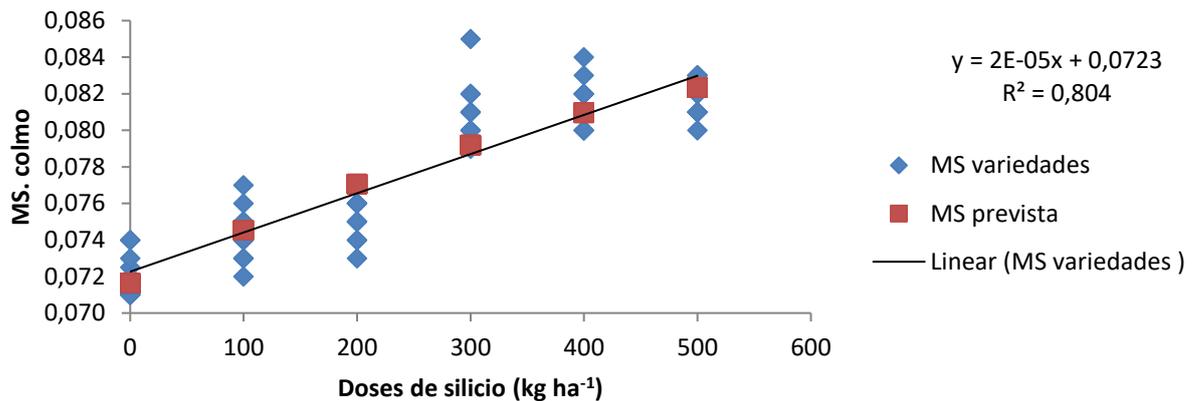
Souza et al. (2010), também encontraram ajuste quadrático para as diferentes doses de silício aplicados via foliar, um R² de 67%, e uma dose 5 e 6 L ha⁻¹ onde se expressou fitotoxicidade.

Tabela 11. Regressão da variável doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio no acúmulo de massa seca do colmo das variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica (2b587 PWTM) e convencional (2b587TM).

	GL	SQ	QM	F	F de significação
Regressão	2	0,000818	0,000409	127,6487	0,0000**
Resíduo	57	0,000183	0,0000**		
Total	59	0,001001			

** Significativo a 5%.

Figura 1. Massa seca (MS) do colmo submetida a diferentes doses de silício.



4.11 MASSA SECA DA FOLHA

A massa seca da folha variou significativamente com o aumento de doses de silicato de cálcio e magnésio aplicados via solo (Tabela 12). Corroborando Dantas Junior et al. (2011) encontraram valores significativos de aumento de massa seca da folha de milho como aumento de doses de silício aplicado na forma de silicato de cálcio e magnésio. Segundo Silva (2013), avaliando cultivo de milho e trigo hidropônico, encontrou valor significativo de aumento do acúmulo de massa seca nas folhas em relação aos tratamentos com e sem silício no sistema.

Já Costa (2012), estudando plantas de milho tratadas com silicato de potássio em teste para minimizar estresse salino, não encontrou diferenças significativas com o aumento de doses de silício.

O silício é depositado em grande maioria, na parte aérea das plantas, e sua porção maior sendo depositada nas folhas podendo justificar esse aumento da massa foliar com o aumento das doses. Sendo que após o acúmulo de silício propicia melhorias fotossintéticas, eficiência do uso da água, resistência a insetos e doenças, podemos observar possível melhoria na produtividade (ALMEIDA, 2015).

Tabela 12. Análise de variância da massa seca da folha de variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica (2b587 PWTM) e convencional (2b587TM), submetidas a doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	Prob.
Variedades	1,07E-06	1	1,07E-06	0,257545 ^{ns}	0,614136
Doses	0,001552	5	0,00031	74,96177 ^{**}	1,69E-21
Var x Doses	1,61E-05	5	3,23E-06	0,779074 ^{ns}	0,569703
Erro	0,000199	48	4,14E-06		
Total	0,001768	59			

** . Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ns - Não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

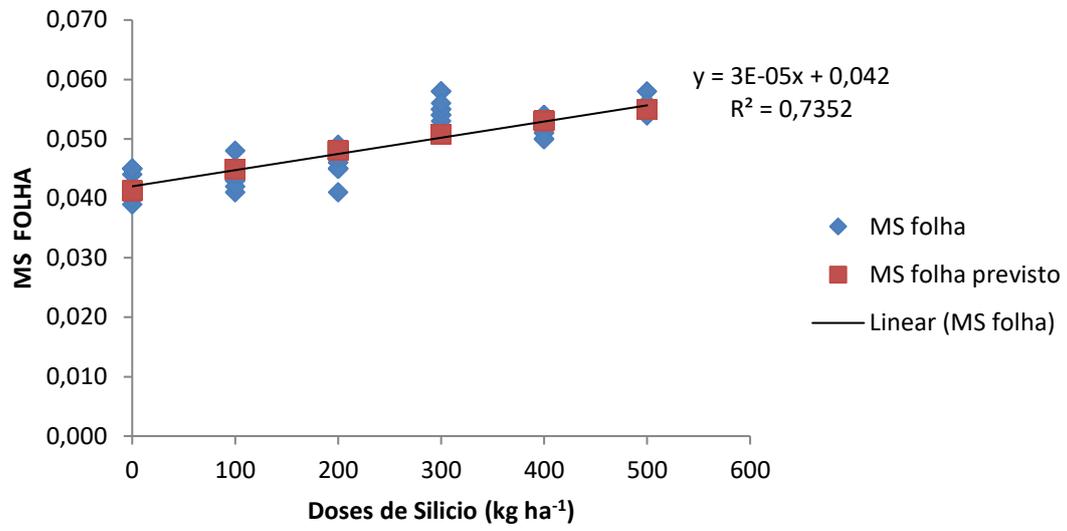
Após o resultado significativo do teste F, os dados foram submetidos a regressão onde foi significativo a 5% (Tabela 13). Com um valor de R² 73,5%, significando que a resposta as doses de silicato de cálcio e magnésio para massa seca da folha cresce à medida que se aumentam as doses (Figura 2). Há um decréscimo no ganho de massa seca a partir da dose 300 kg de silício ha⁻¹, mas a dose 500 kg de silício ha⁻¹ não propiciou toxicidade a ponto de decair a massa seca da folha. Marques (2013) encontrou valores de R² 85 e 61% em doses crescentes de silício e carbonato de cálcio aplicado na forma de silicato de cálcio em laminas de irrigação de 100 e 130%. Sendo que a dose de 6,09 g.15dm⁻³, houve a maior produtividade e doses superiores propiciaram decréscimo no acúmulo de matéria seca nas folhas de milho.

Tabela 13. Regressão da variável doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio no acúmulo de massa seca da folha das variedades de milho (*Zea mays* L.) transgênica (2b587 PWTM) e convencional (2b587TM).

	GL	SQ	QM	F	F de significação
Regressão	1	0,0013	0,0013	161,074	0,0000 ^{**}
Resíduo	58	0,000468	0,0000		
Total	59	0,001768			

** . Significativo a 5%.

Figura 2. Massa seca (MS) da folha submetida a diferentes doses de silício.



5 CONCLUSÃO

As doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio aplicados via AgroSilício® no solo, não influenciou estatisticamente o número de fileiras por espiga, massa de 100 grãos, massa seca da raiz, número de espigas por planta, comprimento da terceira folha, altura das plantas, altura de inserção da primeira espiga, número de folhas por planta e diâmetro do colmo das variedades de milho convencional (2b587TM) e transgênica (2b587 PWTM).

As variáveis massa seca do colmo e massa seca da folha houve resposta significativa e positiva para as diferentes doses de silicato de cálcio e magnésio, sendo que a partir da dose 300 kg de Si ha⁻¹ houve uma diminuição no acúmulo de massa seca na folha e no colmo.

Assim a aplicação de silício na dose 300 kg.ha⁻¹ propicia maior acúmulo de matéria seca na planta de milho, podendo diminuir a severidade causada por problemas bióticos e abióticos, aumentando a produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, D. S. A. **Características agronômicas do feijoeiro em função de doses de silício e bioestimulante**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, VITÓRIA DA CONQUISTA - BA, 2015. 50.
- ALMEIDA, M. et al. Efeito do estresse hídrico no peso de espigas de milho doce para conserva em urutaí, estado de goiás. **IV Congresso Estadual de Iniciação Científica do IF Goiano**, Morrinhos - GO, setembro 2015.
- ALMEIDA, T. B. F. D. Efeito residual do calcário e da escória de siderurgia em soqueiras da cana-de-açúcar. **Unesp**, Jaboticabal SP, p. 98, 2015.
- ANEVAN, . **Produção de mudas de eucalipto em diferentes substratos**. FACULDADE ASSIS GURGACZ. CASCAVEL, PR, p. 12. 2009.
- ANTUNES, C. S. **Efeito do silício sobre as lagartas-chave e seus inimigos naturais em milho e girassol**. UFLA. LAVRAS - MG, p. 43. 2009.
- ARTIGIANI , A. C. C. A. **Combinações de gesso, silicato e calcário aplicados superficialmente no sistema plantio direto de arroz e feijão irrigados por aspersão**. UNESP, BOTUCATU - SP , 2008.
- BARBOSA, N. C et al. Formas de aplicação de silicato de cálcio e magnésio na cultura do sorgo em neossolo quartzarênico de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia-GO: v. 38, n. 4; 2008.
- BRAGA, et al. Características ambientais determinantes da capacidade produtiva de sítios cultivados com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 291-298, 1999.
- BRAGA, et al. Características anatômicas de mudas de morangueiro micropropagadas com diferentes fontes de silício. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** , Brasília - DF, v. 44, n. 2, p. 128-132, fev. 2009.
- CAMARGO, S. D. et al. Absorção de silício, produtividade e incidência de diatraea saccharalis em cultivares de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas - SP, 2010. 937-944.
- CARVALHO, J. C. **Análise de crescimento e produção de grãos da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de escórias de siderurgia como fonte de silício**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- CARVALHO, E. V. D. et al. Crescimento de milho em níveis contrastantes de nitrogênio e sua correlação com produtividade de grãos. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife - PE, v. 8, n. 3, p. 351-357, Dezembro 2012.

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

CRUZ, et al. Resposta de Cultivares de Milho à Adubação Orgânica para Consumo Verde, Grãos e Forragem em Sistema Orgânico de Produção. **XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. Goiânia: [s.n.]. 2010. p. 2420-2428.

DANTAS JÚNIOR, et al. Desenvolvimento de milho irrigado e adubado com silicato de cálcio e magnésio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, CE, v. 5, n. 4, p. 337 - 350, 2011.

DARÓS, R. Cultura do milho manual de recomendações técnicas. **AGRAER - Agência Regional de Dourados**. Dourado MS. 2015.

DIAS, M. et al. Fontes e concentrações de silício na micropropagação da bananeira 'Caipira'. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa - PB, v. 7, n. 4, p. 7-11, dez. 2013.

EBURNEO, . **Desenvolvimento de plântulas e anatomia foliar comparada de *Catsetum x Apolloi Benelli* & *Grade* (Orchidaceae) submetidas a diferentes doses de silicato de potássio e fontes de luz**, ALTA FLORESTA-MT, p. 73, 2014.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Curso de Pós Graduação "Latu Sensu", Lavras MG, 2005.

FEHR, et al. Fontes de silício no crescimento, produtividade e teor de nutrientes na cultura da banana. **XXIV Congresso de Iniciação Científica**. São Pedro - SP: [s.n.]. 2012.

FEHR, R. M. **Efeito do silício na utilização do fósforo pelas plantas de arroz**, Piracicaba, n. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", p. 68, 2014.

FORNASIERE FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. 1ª. ed. Jaboticabal: Funep, 2007. 574 p.

FREITAS, B. D.; COELHO, ; MAIA, C. M. Avaliação de espigas de milho em função da aplicação foliar de silício. **Cultivando o saber**, Cascavel - PR, v. 2, n. 4, p. 113-120, 2009.

FREITAS, B. D. et al. Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Ceres**, Viçosa - MG, v. 58, n. 2, p. 262-267, mar/abr 2011.

FREITAS, L. B. et al. Efeito da adubação foliar com silício na cultura do milho. **FertBio**, Londrina - PR, Setembro 2008.

GOMES, F. et al. Disponibilidade de silício para a cultura do arroz, em função de fontes, tempo de incubação e classes de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Goiânia - GO, v. 41, n. 4, p. 531-538, out./dez. 2011.

GONÇALVES, G. M. B. **Desempenho agrônômico e adaptativo e divergência genética de populações de milho local derivadas de mpa1 em processo de melhoramento genético.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2013.

GOUSSAIN, M. **Interação trigo-silício-inseticida na biologia e no comportamento de prova do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (rondani) (hemiptera: aphididae) monitorado pela técnica “electrical penetration graphs” (EPG),** Lavras MG, p. 59, 2006.

GUEDES, ; SIMONETTI, P. M. M.; ROSA, A. Aplicação de diferentes doses de silício na cultura do crambe. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Palotina - PR, v. 4, p. 15-23, 2015.

HASCO METALS & MINERALS. HASCO Agricultura. **HASCO Minerais**, 2012. Disponível em: <<http://harscominerais.com.br/agricultura.aspx>>. Acesso em: 03 DEZEMBRO 2016.

LEITE, F. et al. **Desempenho de milho safrinha em duas épocas de semeadura e populações de plantas, em Dourados, MS.** XII Seminário Nacional de Milho Safrinha. Dourados - MS: [s.n.]. 2013.

LIMA, G. D. S. et al. Crescimento e produção de biomassa em plantas de sorgo submetidas ao estresse salino. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Goiânia - GO, v. 10, n. 19, p. 663 - 671, 2014.

MARAFON, A. C.; ENDRES, L. Adubação silicatada em cana-de-açúcar. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, Aracaju, SE, Dezembro 2011.

MARQUES, A. L. et al. Acomp. safra bras. grãos. Safra 2015/2016 - Décimo Segundo levantamento. CONAB, Brasília, DF, v. 12, p. 1-182, setembro 2016.

MAUAD, M. et al. Deposição de sílica e teor de nitrogênio e silício em arroz. **Seminário: Ciências Agrárias**. Londrina PR: [s.n.]. 2013. p. 1653-1662.

MENDONÇA, A. O. D. et al. Acúmulo de silício e compostos fenólicos na parte aérea de plantas de trigo após a adubação silicatada. **Bioscience Journal**, Uberlândia MG, v. 29, n. 5, p. 1154-1162, setembro/ outubro 2013.

PEREIRA et al. Utilização de doses de agrosilício como fertilizante na cultura do milho. EPAMIG, Uberaba, MG, 2007

PRADO et al. 2001 *apud* MONTES, R. M.; MONTES, S. M. N. M.; RAGA, A.; O USO DO SILÍCIO NO MANEJO DE PRAGAS. **Governo do Estado de São Paulo**. Instituto Biológico. Documento Técnico 017. 2015. p13.

MUNSELL SOIL COLOR COMPANY. Munsell soil color chart, Baltimore, p. 117, v. 1, 1975.

NERI, D. K. P. **Efeito do silício na resistência de plantas de milho a *Rhopalosiphum maidis* (fitch.) (hemiptera: aphididae) e sua interação com inseticida no controle de *Spodoptera frugiperda* (j.e. smith) (lepidoptera: noctuidae).** UFLA, Lavras MG, p. 68, 2006.

NEVES, M. G. et al. Teores de Prolina, Aminoácidos e Proteínas Solúveis Totais em Resposta a Deficiência Hídrica e Concentrações de Silício em Plantas de Milho. **XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, Águas de Lindóia - SP, Agosto 2012.

OLIVEIRA, C. E. D. S. et al. Influência de fontes de silício no desenvolvimento inicial e teor de clorofila do híbrido de sorgo DKB 540. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC 2016**, Foz do Iguaçu -PR, agosto a setembro 2016.

PAES, M. C. D. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos. **CIRCULAR TÉCNICA 75**, Sete Lagoas MG, Dezembro 2006.

PINTO, A. L. M. et al. Efeito da substituição do carbonato de cálcio por escória de siderurgia (agrosilício) no crescimento, produção e nutrição mineral da soja. **V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Belo Horizonte - MG, 24-27 Novembro 2014.

RIBEIRO, C.; GUIMARÃES, T. G.; V., H. A. **5ª Aproximação**. Viçosa - MG: UFV, 1999. 359 p.

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. *Informações Agronômicas*, n.134, p.14-20, 2011.

SANTOS, F. M. et al. Avaliação do conteúdo amiláceo em cultivares de milho crioulos como alternativa para a agricultura familiar, Ponta Grossa PR, **13.º CONEX**, Novembro 2015.

SEDIYAMA, A. N. et al. osilício na produção de clones de mandioquinha- Agrosilício na produção de clones de mandioquinha-salsa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá PR, v. 31, n. n. 3, p. 427-432, 2009.

SILVA, D. P. C. D. **Meios de cultura e fontes de silício no desenvolvimento in vitro de gérbera**, Lavras - MG, p. 84, 2007.

SILVA, E. S. D. **EFEITO DAS CONCENTRAÇÕES DE NITROGÊNIO ESILÍCIO EM PLANTAS DE MILHO E DE TRIGO SOB CULTIVO HIDROPÔNICO**. Unesp, Jaboticabal, p. 68, 2013.

SILVA, N. D. et al. Biometria em Plantas de Sorgo Submetidas a Deficiência Hídrica e a Diferentes Concentrações de Silício. **XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**. Águas de Lindóia: [s.n.]. 2012. p. 275-281.

SILVA, P. H. S. **Avaliação de danos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidade) no milho cultivado com dois níveis de fertilidade**. 1995. 84 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1995.

SILVA, S. D. **Efeito das concentrações de nitrogênio e silício em plantas de milho e de trigo sob cultivo hidropônico**, JABOTICABAL, n. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP, p. 68, Janeiro 2013.

SIMONETTI, A. M.; MOURÃO, P. M. Influência da adubação com silicato de potássio nos danos causados por *Spodoptera frugiperda* e na produtividade da cultura do milho. **12º Encontro Científico Cultural Interinstitucional**, Cascavel - PR, outubro 2014.

SOARES, D. R. **Anatomia foliar de uma espécie nativa e um híbrido de orquídeas micropropagadas sob diferentes concentrações de silício**, Lavras - MG, p. 66, 2009.

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

SOUZA, C. D. et al. Compostos nitrogenados, proteínas e aminoácidos em milho sob diferentes níveis de silício e deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas - MG, v. 13, n. 2, p. 117-128, 2014.

SOUZA, N. D. **Silício no desenvolvimento morfofisiológico de mudas de maracujazeiro amarelo**, Lavras MG, n. UFLA, p. 79, 2015.

SOUZA, P. F. D. et al. Efeito de silicato de cálcio e magnésio no crescimento inicial de milho transgênico. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 3, p. 13-17, jul./set. 2015.

TEODORO, et al. Desempenho de híbridos de milho sob aplicação foliar de silício no cerrado sul-mato-grossense. **Bioscience Journal**, Uberlandia - MG, v. 30, n. 1, p. 224-231, junho 2014.

TOSCANO, et al. Híbridos de milho frente ao ataque de *Spodoptera frugiperda* em associação com adubação silicatada e o efeito sobre o predador *Doru luteipes*. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 1, p. 51-55, jan./mar. 2016.

VALE, et al. Influência da adubação química e orgânica no crescimento inicial e acúmulo de nutrientes em variedade de milho crioulo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB, v. 10, n.1, p. 88 - 95, jan./mar. 2015.

VIANA, M. P. Efeito do silício e irrigação na produtividade do tomate de mesa no sudeste goiano. **Universidade Federal de Goiás**, Goiânia GO, 2015.

VISÃO AGRÍCOLA. Fatores de Estresse no Milho são Diversos e Exigem Monitoramento Constante. **VISÃO AGRÍCOLA**, São Paulo SP, v. 13, p. 30-34, 2015.