

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

MORAIS CARNEIRO DOS REIS

DOSES E TEMPO DE SOLUBILIZAÇÃO NO SOLO DO SILICATO DE
CÁLCIO E DE MAGNÉSIO NA POPULAÇÃO DE *Sitobion avenae*
(FABRICIUS) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) E NA PRODUTIVIDADE
DO TRIGO

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL

2021

MORAIS CARNEIRO DOS REIS

DOSES E TEMPO DE SOLUBILIZAÇÃO NO SOLO DO SILICATO DE
CÁLCIO E DE MAGNÉSIO NA POPULAÇÃO DE *Sitobion avenae*
(FABRICIUS) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) E NA PRODUTIVIDADE
DO TRIGO

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Uberlândia como parte das
exigências do Programa de Pós-graduação
em Agronomia – Mestrado para obtenção
do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio

UBERLÂNDIA

MINAS GERAIS – BRASIL

2021

MORAIS CARNEIRO DOS REIS

DOSES E TEMPO DE SOLUBILIZAÇÃO NO SOLO DO SILICATO DE
CÁLCIO E DE MAGNÉSIO NA POPULAÇÃO DE *Sitobion avenae*
(FABRICIUS) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) E NA PRODUTIVIDADE
DO TRIGO

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Uberlândia como parte das
exigências do Programa de Pós-graduação
em Agronomia – Mestrado para obtenção
do título de “Mestre”.

APROVADA em

Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio

Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira

Prof. Dr. Fernando Juari Celoto

Dr. Diego Tolentino de Lima

Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio

ICIAG-UFU

(Orientador)

UBERLÂNDIA

MINAS GERAIS – BRASIL

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

R277d Reis, Morais Carneiro dos, 1996-
2021

Doses e tempo de solubilização no solo do silicato de cálcio e de magnésio na população de *Sitobion avenae* (Fabricius) (Hemiptera: Aphididae) e na produtividade do trigo [recurso eletrônico] / Morais Carneiro dos Reis. - 2021.

Orientador: Marcus Vinicius Sampaio.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.8004>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Sampaio, Marcus Vinicius, 1971-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

André Carlos Francisco
Bibliotecário - CRB-6/3408



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória,
Uberlândia-MG, CEP 38400-902 Telefone: (34) 2512-6715/6716 -
www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 009/2021, PPGAGRO				
Data:	Trinta de julho de dois mil e vinte e um	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	[11:00]
Matrícula do Discente:	11912AGR019				
Nome do Discente:	Morais Carneiro dos Reis				
Título do Trabalho:	Doses e tempo de solubilização no solo dos silicatos de cálcio e de magnésio na população de <i>Sitobion avenae</i> (Fabricius) (Hemiptera: Aphididae) e na produtividade do trigo.				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Hamilton Seron Pereira - UFU; Fernando Juari Celoto - UFU; Diego Tolentino de Lima - Instituto de Ciência e Tecnologia Comigo - ITC; Marcus Vinicius Sampaio - UFU orientador do candidato.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Marcus Vinicius Sampaio, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Marcus Vinicius Sampaio, Professor(a) do Magistério Superior**, em 30/07/2021, às 10:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#)



Documento assinado eletronicamente por **Hamilton Seron Pereira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 30/07/2021, às 10:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Juari Celoto, Professor(a) do Magistério Superior**, em 30/07/2021, às 11:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Diego Tolentino de Lima, Usuário Externo**, em 30/07/2021, às 11:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2839077** e o código CRC **16A3281A**.

RESUMO

REIS, MORAIS CARNEIRO. **Doses e tempo de solubilização no solo do silicato de cálcio e de magnésio na população de *Sitobion avenae* (Fabricius) (Hemiptera: Aphididae) e na produtividade do trigo**. 2021. 52f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.¹

O *Triticum aestivum* (L) é uma planta acumuladora de silício (Si) e sua produtividade no Cerrado brasileiro é limitada devido à intensidade dos danos causados pelo pulgão-da-espiga, *Sitobion avenae* (Fabricius). A aplicação de Si pode ser uma alternativa no controle desta praga. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivos avaliar o efeito de doses Si e do tempo de reação da fonte silicato de cálcio e magnésio no solo na indução de resistência do trigo ao pulgão *S. avenae* e no rendimento da cultura do trigo e da cultura do milho. Foram testadas cinco doses de Si solúvel (0, 400, 600, 800 e 1000 kg ha⁻¹) com o silicato de cálcio e magnésio como fonte de Si. Foram conduzidos em sucessão na mesma área os cultivos de trigo (safra 2019), milho (2020) e trigo (2020) com as semeaduras, respectivamente, 50, 195 e 375 dias após a aplicação do Si no solo. Foram realizadas 11 avaliações semanais por safra de trigo, pela contagem do número de pulgões em 10 aflhos por parcela. A aplicação de silicato de cálcio e magnésio aumentou a disponibilidade de Si no solo de forma linear, passando de 6,2 mg kg⁻¹ (antes da aplicação do silicato) para até 12,61 mg kg⁻¹ (na dose de 1.000 kg ha⁻¹ de Si e após a segunda safra de trigo). A porcentagem de Si nas plantas de trigo no estádio Z94 aumentou de forma linear com o aumento de Si no solo, passando de 1,21% no controle para mais de 2% nas maiores doses. O Si nas plantas de trigo foi em média 17,4% maior na safra de 2020 do que na de 2019. Já no milho o teor de Si foliar se ajustou ao modelo quadrático, aumentando de 0,64% no tratamento controle para 0,79% de Si foliar no ponto de máxima da curva (716 kg Si ha⁻¹). A aplicação de silicato de cálcio e magnésio acarretou a redução linear do número de *S. avenae* nas plantas de trigo nas duas safras, com decréscimo de 29% do número de pulgões com a aplicação de 1000 kg ha⁻¹ de Si no solo em comparação com o controle. Porém, as produtividades de grãos do trigo e do milho e o peso hectolitro do trigo não foram alterados. A aplicação no solo de silicato de cálcio e magnésio em doses a partir de 400 kg Si ha⁻¹ induziu resistência em plantas de trigo semeadas tanto 50 quanto 375 dias após a aplicação do silicato no solo, reduzindo a população do pulgão *S.*

avenae em condições de campo. O Si se apresenta como uma alternativa viável para auxiliar no manejo integrado de pragas do trigo.

PALAVRAS-CHAVE: fertilidade do solo; pulgão-da-espiga; resistência induzida; resistência de plantas a insetos.

¹ Orientador: Marcus Vinicius Sampaio – UFU.

ABSTRACT

REIS, MORAIS CARNEIRO. **Calcium and magnesium silicate doses and solubilization in the soil on *Sitobion avenae* (Fabricius) (Hemiptera: Aphididae) population and wheat productivity.** 2021.52f. Dissertation (Master's in Agriculture) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.¹

Wheat, *Triticum aestivum* (L), is a silicon (Si) accumulating plant and its yield in the Brazilian savannah is reduced due to the intensity of damages caused by the English Grain Aphid, *Sitobion avenae* (Fabricius). Thus, this study evaluated the effect of Si doses and reaction time of calcium and magnesium silicate in the soil on wheat resistance induction against the aphid *S. avenae* and on the productivity of wheat and corn. Five doses of soluble Si were tested (0, 400, 600, 800 and 1000 kg ha⁻¹), using calcium and magnesium silicate as the Si source. Crops of wheat (winter 2019), maize (summer 2020) and wheat (winter 2020) were grown in succession in the same area, and were sown 50, 195 and 375 days, respectively, after Si application to the soil. Eleven weekly evaluations were done per wheat crop season, counting the number of aphids in 10 tillers per plot. The application of silicate linearly increased Si availability in the soil, from 6.2 mg kg⁻¹ (prior to silicating) to 12.61 mg kg⁻¹ (at the Si dose 1,000 kg ha⁻¹, after the second wheat harvest). The percentage of Si in wheat plants at Z94 stage increased linearly with increasing soil Si, from 1.21% in the control to over 2% at the higher doses. In contrast, leaf Si content in maize adjusted to a quadratic model, increasing from 0.64% in the control to 0.79% in the maximum inflexion point (716 kg Si ha⁻¹). Amending the soil with silicate resulted in a linear reduction in the number of *S. avenae* in wheat plant in both seasons, decreasing aphid population by 29% at the dose of 1,000 kg ha⁻¹. However, yield of wheat and corn were unchanged. Soil application of calcium and magnesium silicate over 400 kg ha⁻¹ induced resistance in wheat plants sown at both 50 and 375 days after soil amendment, reducing the population of the aphid *S. avenae* in field conditions. Silicon is a viable alternative to improve wheat integrated pest management.

KEYWORDS: soil fertility; English Grain Aphid; induced resistance; plant resistance against insects.

¹ Advisor: Marcus Vinicius Sampaio – UFU.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO GERAL	14
2.1 Objetivos Específicos	14
3 REVISÃO DA LITERATURA	15
3.1 CULTURA DO TRIGO	15
3.2 CULTURA DO MILHO	18
3.3 SILÍCIO NO SOLO E ADUBAÇÃO SILICATADA	19
3.4 SILÍCIO NA INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA DE PLANTAS AOS INSETOS .	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Caracterização da área experimental e instalação dos experimentos.....	24
4.2 População de pulgões, silício nas plantas e análise do solo.....	27
4.3 Produtividade do trigo e do milho	28
4.4 Análises dos dados	28
5 RESULTADOS	30
5.1 Teores de Si, Ca, Mg e pH do solo	30
5.2 Teor de silício nas plantas de trigo (2019 e 2020) e milho (2020)	34
5.3 População de pulgões <i>Sitobion avenae</i>	38
5.4 Produtividade do trigo e do milho	42
6 DISCUSSÃO	44
7 CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

O trigo é um dos cereais mais utilizados do mundo, ocupando grande parte das terras cultivadas nos cinco continentes (ABITRIGO, 2019). É um ingrediente energético na dieta de cerca de 35% da população mundial, possuindo alto teor de carboidratos, além de apresentar em sua constituição nutrientes como proteínas, gorduras, minerais e vitaminas (VOSS-FELS et al., 2015). Mundialmente, o trigo é um dos principais fornecedores de energia para o ser humano, e tal fato leva à necessidade de pesquisas com o propósito de maximizar a produtividade e diminuir as perdas provocadas por insetos-praga (EMBRAPA TRIGO, 2015; ABITRIGO, 2019). Por outro lado, o milho é o cereal comercial mais relevante no Brasil, sendo utilizado na alimentação tanto humana, quanto animal, graças a suas elevadas características nutricionais, compondo-se de quase todos os aminoácidos conhecidos, exceto a lisina e do triptofano (BARROS et al., 2014). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial da cultura do milho e ocupa a segunda posição no ranking de exportação do grão (USDA, 2021).

Tanto o trigo quanto o milho podem ter sua produtividade reduzida pelo ataque de pragas. A produtividade do milho é prejudicada por injúrias causadas por pragas, como a praga-chave *Spodoptera frugiperda* (Smith), que é capaz de reduzir em até 35% na produtividade de milho (REZENDE, 2018). Já para o trigo, os pulgões são as principais pragas e sabe-se que o conjunto de espécies de pulgões que prejudicam a cultura varia de acordo com a região (SALVADORI et al., 2009). No entanto, nas condições do Cerrado, destaca-se o pulgão-da-espiga, *Sitobion avenae* (Fabricius), devido à intensidade dos danos causados pela presença constante nos trigais (OLIVEIRA, 2016; REZENDE, 2018). Essa espécie de pulgão apresenta potencial de dano para o trigo, inicia a colonização das plantas, preferencialmente, na folha bandeira e, posteriormente, sua população se concentra nas espigas e na base da espigueta, danificando as estruturas vegetais e causando queda significativa no rendimento de grãos (SALVADORI et al., 2009).

Sabendo da relevância do trigo e do milho na alimentação mundial, alternativas de manejo de fertilidade do solo que visam minimizar fatores que limitam a produção, vêm corroborando para potencializar o cultivo e a produtividades dos grãos. Diante disso, recentes estudos apontam um crescimento na produtividade de trigo e do milho com o uso da fertilização silicatada, produto oriundo do processo industrial de siderurgia,

relativamente de baixo custo, que possui em sua composição: silício (Si), óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO). Surge como uma alternativa sustentável ambiental e econômica para induzir resistências das plantas ao ataque de patógenos e insetos, para aumentar a disponibilidade de nutrientes e para restaurar a capacidade produtiva dos solos (SANTOS et al., 2017; GUALBERTO et al., 2018).

A utilização de produtos que contêm Si vai além de uma simples fertilização, apesar de não ser essencial para o crescimento e desenvolvimento de plantas, está envolvido em funções físicas de regulação da transpiração, aumento da produtividade vegetal e na indução de resistência de doenças e pragas (dos SANTOS et al., 2015; LIU et al., 2017; LUYCKX et al., 2017; WANG et al., 2017). O acúmulo de Si possibilita o aumento na indução de defesas diretas exercido pela produção de substâncias químicas de defesa vegetal e pela deposição de sílica amorfa na parede celular da epiderme dos tecidos vegetais, formando-se uma barreira mecânica (LIU et al., 2017; WANG et al., 2017). Em decorrência da deposição da sílica, o acúmulo de Si provoca o aumento da dureza dos tecidos vegetais, reduzindo a digestibilidade da planta e desgastando as peças bucais dos insetos mastigadores, este efeito somado à produção de substâncias químicas de defesa, causa alterações na biologia dos insetos-praga, podendo levar à diminuição de fecundidade e elevação de taxa de mortalidade dos insetos (dos SANTOS et al., 2015; LIU et al., 2017; LUYCKX et al., 2017; WANG et al., 2017). No entanto, o Si também pode aumentar as defesas das plantas de forma indireta, no terceiro nível trófico, por meio da atratividade aos inimigos naturais dos herbívoros (REYNOLDS et al., 2016). Neste contexto, a planta produz diferentes voláteis denominados como semioquímicos que atraem os inimigos naturais como predadores ou parasitoides, levando-os a encontrar o inseto-praga (LUYCKX et al., 2017; LIMA, 2018; OLIVERIA et al., 2020).

Entretanto, ainda são escassas e contraditórias as informações sobre a eficiência da aplicação de Si na cultura do trigo e do milho. De acordo com Reis et al. (2007), os valores de recomendação de Si ainda não são padronizados, uma vez que não foi constatada o efeito tóxico do elemento, o que limitaria as doses máximas. Dentre os fatores limitantes das doses estão a relação custo/benefício e a capacidade corretiva dos silicatos, podendo elevar o pH acima do desejado e causar desequilíbrios nutricionais por reações de insolubilização. Nesse sentido, Oliveira (2016) observou que em plantas de trigo adubadas com 200 kg ha⁻¹ de Si, com o uso da fonte silicato de potássio, a população de *S. avenae* foi menor e a produtividade de grãos do trigo foi maior. Já Rezende et al.

(2020) não obteve resposta com a fonte silicato de cálcio e magnésio com a aplicação de 493 Kg ha⁻¹ de Si. Uma das hipóteses para explicar esta diferença é que a dose utilizada por Rezende et al. (2020) foi baixa, levando em consideração a reduzida solubilidade da fonte, uma vez que Perdomo (2017) e Rodrigues (2020) observaram que a utilização de doses acima de 600 kg ha⁻¹ de Si, com o uso da fonte silicato de cálcio e de magnésio, reduziu a desfolha no milho por *S. frugiperda* sem alterar a produtividade de grãos.

Nesse contexto, esse trabalho avaliou o efeito de diferentes doses de silicato de cálcio e de magnésio na população de *S. avenae* e na produtividade do trigo conduzido por duas safras na mesma área e em sucessão com o milho. Para avaliar o efeito do Si solúvel e residual do silicato foram realizadas duas safras de trigo na mesma área, com uma safra de milho entre elas. A safra do milho foi considerada somente como cultura de sucessão, já que a utilização de apenas uma safra em condições de campo não proporciona resultados conclusivos, porém, assim como no trigo, foram avaliados o teor de Si na planta, no solo e a produtividade desta cultura, visando entender os possíveis efeitos das doses de silicato na absorção deste elemento pela planta.

2 OBJETIVO GERAL

Esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de silicato de cálcio e magnésio via solo na indução de resistência ao pulgão *S. avenae* e na produtividade do trigo e do milho.

2.1 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito de diferentes doses de silicato de cálcio e de magnésio e do tempo de solubilização dessa fonte no solo na redução da população de *S. avenae*.
- Avaliar o efeito de diferentes doses de silicato de cálcio e de magnésio e do tempo de solubilização desta fonte no solo na produtividade do trigo.
- Avaliar o efeito de diferentes doses de silicato de cálcio e de magnésio no solo na produtividade do milho.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 CULTURA DO TRIGO

O trigo foi uma das primeiras espécies a ser cultivada na história e tem como centro de origem a região do Oriente Médio, entre os rios Tigre e Eufrates. Trata-se de uma liliopsida, pertencente à família das Poaceae, subfamília Pooideae, do gênero *Triticum* (ANTUNES, 2014). O gênero *Triticum* conta com uma ampla gama de espécies, que são eventualmente utilizadas em pesquisas de melhoramento genético ou como plantas de cobertura, e apenas duas espécies são cultivadas visando a colheita dos grãos: *Triticum aestivum* (L) que é o trigo comum, utilizado para a panificação; e *T. durum* Desf. que se destina a produção de macarrão (LANZARINI, 2015). Porém, *T. aestivum* é a espécie mais cultivada atualmente e é uma planta híbrida hexaploide, proveniente do cruzamento espontâneo entre *T. turgidum* (L) e *Aegilops squarrosa* (L) (SCHEEREN et al., 2015).

O uso dos grãos da espécie *T. aestivum* na panificação, se deve a um conjunto de propriedades intrínsecas, dadas por sua composição química e bromatológica, que conferem às massas feitas com a farinha desses grãos beneficiados, a viscoelasticidade adequada para a produção de pães de qualidade (SCHEUER et al., 2011). É ampla a gama de possibilidades de utilização da farinha de trigo na indústria alimentícia, além da panificação (56%). A farinha de trigo também é utilizada na produção de massas e biscoitos (26%) e é vendida, no varejo, para uso doméstico (11%), e uma parte menor (7%), principalmente do material de qualidade inadequada para alimentação humana, é destinada à alimentação animal. A produção atual dos moinhos nacionais é perto de 12,2 milhões de toneladas (ABITRIGO, 2019).

O trigo é o segundo cereal mais produzido no mundo ficando atrás somente da cultura do milho e a produção mundial no ano de 2020 foi de cerca de 773,5 milhões de toneladas (USDA, 2020). Cultivado em diferentes ambientes e regiões geográficas tem importância econômica mundial, dando suporte à diversas ramificações industriais, contribuindo para a geração de divisas e de postos de trabalho (De MORI, 2015). No período entre 2009 e 2020 a produção mundial do trigo foi liderada pela coletividade dos países da União Europeia, seguidos pela China, Índia, Rússia e EUA, que juntos responderam por 60% da produção mundial (USDA, 2020). O Brasil ocupa a 16ª posição

entre os países produtores de trigo, com uma área plantada na safra de 2020 de cerca de 2,34 milhões hectares, tendo como estados produtores Bahia, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (USDA,2020). A safra brasileira de 2020 alcançou produção de 6.437 milhões toneladas, com uma produtividade média de 2.693 kg ha⁻¹ (CONAB,2021). A triticultura no bioma do Cerrado tem se expandido, em especial, no estado de Minas Gerais, onde é realizada tanto em condições de sequeiro quanto em plantios irrigados. A produção de trigo no Cerrado ocupou uma área de aproximadamente 83,5 mil hectares, o que rendeu algo em torno de 214,5 mil toneladas, com uma produtividade média um pouco abaixo da média nacional (CONAB, 2021).

O trigo corresponde ao componente energético na dieta de aproximadamente 35% da população mundial, com elevado teor de carboidratos, mas também apresenta em sua constituição, nutrientes como: proteínas, gorduras, minerais e vitaminas, que são, em grande parte, perdidos no processo de refino da farinha para panificação, que é a principal forma de utilização do cereal (VOSS-FELS et al., 2015). Dada à importância do trigo para a segurança alimentar em vários países, é veemente a necessidade de formas que assegurem alta produtividade e qualidade, pois a demanda é crescente, sobretudo por grãos que apresentem a característica de elevada força de glúten, o que garante melhores preços por sua maior aptidão para a panificação (BAUMGRATZ et al., 2017).

A busca por qualidade de grãos e elevada produtividade na triticultura tem levado os produtores a lançar mão de ferramentas como reguladores de crescimento e estimulantes do sistema radicular, o que tem refletido em ganhos nos atributos de produção. Tendo em vista a importância mercadológica, cultural e de segurança alimentar da triticultura, é importante reafirmar a necessidade do incentivo às pesquisas que garantam e aprimorem tanto as características industriais e nutricionais dos grãos de trigo quanto seus parâmetros agronômicos (SCHEUER et al., 2011). Ainda, é imprescindível que se busque o aperfeiçoamento das técnicas de manejo e a utilização de material genético adequado para as regiões produtoras, o que aumenta o rendimento da cultura (ALI et al., 2018).

A exploração do cultivo de trigo (*T. aestivum*) em novas fronteiras agrícolas tem sido impulsionada devido à disponibilidade de genótipos mais adaptados às condições climáticas locais, sobretudo, nas regiões de Cerrado. Em Minas Gerais, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) – Cerrados e Trigo – disponibiliza aos

produtores o genótipo de trigo BRS 394, que é altamente produtivo para o cultivo tanto em áreas de sequeiro, quanto sob irrigação (ALBRECHT et al., 2016). A cultivar BRS 394 é de ciclo precoce (50 dias da emergência ao espigamento e 110 da emergência a maturação) e de porte mediano, atingindo 90 cm de altura. É um material que apresenta elevado potencial de rendimento de grãos e excelente qualidade tecnológica (elevada força de glúten) (ALBRECHT et al., 2016). De fato, esse genótipo se adaptou às condições edafoclimáticas das regiões do Cerrado, mas ainda há necessidade de estudos quanto às suas exigências nutricionais e interação com a entomofauna nesse ambiente, sobretudo os afídeos que costumam ser pragas-chave nessa cultura, como os pulgões (PEREIRA et al., 2015)

O complexo de espécies de pulgões que acometem o trigo varia de acordo com a região, porém, nas condições do Cerrado, tem merecido destaque a espécie *S. avenae*, também chamada de pulgão-da-espiga (OLIVEIRA, 2016; REZENDE et al., 2020). De acordo com Salvadori et al. (2009), esse pulgão coloniza as plantas em épocas nas quais as temperaturas são mais amenas, como na primavera. Esses autores ainda relatam que *S. avenae* inicia sua alimentação nas folhas, preferencialmente na folha bandeira, e posteriormente passa a colonizar as espigas e se alimentar de seiva na base da espiguetta.

Os adultos ápteros de *S. avenae* possuem coloração amarelo-esverdeada, corpo alongado medindo de 1,75 a 2,25 mm de comprimento, antenas negras com seis segmentos e tem $\frac{3}{4}$ do comprimento do corpo, ultrapassando a base dos sífinculos, olhos castanhos-avermelhados e a cauda é de coloração esverdeada clara. Suas pernas são pretas e as tíbias esverdeadas. Os adultos alados apresentam corpo similar aos ápteros, mas com manchas escuras entre os segmentos dorsais (STOETZEL et al., 2001). A longevidade de *S. avenae* varia entre 29,7 a 35,9 dias, nesse período, a fecundidade dos insetos é de 31,7 a 40,1 ninfas. Entretanto, os dados biológicos desses insetos variam bastante, a reprodução dos pulgões é afetada por diversos fatores bióticos e abióticos, como por exemplo a condição nutricional do alimento e as condições climáticas. Quando as condições estão favoráveis, em um curto período podem ser observadas colônias numerosas de pulgões nas lavouras de trigo (SALVADORI et al., 2001). Vale ressaltar que essa espécie de pulgão prefere a fase reprodutiva do trigo, causando danos diretos à produção por impedir o acúmulo adequado de fotoassimilados necessários à obtenção de bons níveis de produtividade (REBONATTO et al., 2015).

3.2 CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é a planta comercial originária das Américas mais importante no cenário agrícola. É pertencente à família Poaceae, seu provável centro de origem é a América Central, entre o México e a Guatemala. A hipótese mais provável da diversidade da cultura é que tenha sido originada do ancestral Teosinto, através de pressões de seleção humana, a fim da sua domesticação. Devido a sua ampla adaptabilidade a diferentes localidades, é cultivada há mais de 5000 anos em muitas partes do mundo (GALVÃO, 2017). A área mundial cultivada na safra 2020/2021 foi de 196,9 milhões de hectares, com produção de 1.136,3 milhões de toneladas de grãos, obtendo média de produtividade 5,77 toneladas por hectare. Os maiores produtores deste cereal são os Estados Unidos, China e Brasil, os quais são responsáveis por cerca de 64% da produção mundial (USDA, 2021).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial e ocupa a segunda posição no ranking de exportação deste grão (USDA, 2021). A produção total brasileira em 2020/2021 atingiu 108,1 milhões toneladas, ou seja, aumento de 5,4% em relação à safra 2019/2020. (CONAB, 2021). Embora tais números sejam expressivos e o milho ser o cereal mais produzido no Brasil (ALVES et al., 2015), a produtividade média brasileira ainda é considerada baixa, 5,54 toneladas por hectare, em comparação aos Estados Unidos, que na safra 2020/2021 produziu em média 10,79 toneladas por hectare (USDA, 2021).

Nas condições brasileiras o cultivo do milho atualmente é semeado em duas safras no mesmo ano agrícola. Normalmente é semeado nos meses de setembro/outubro a primeira safra, e a segunda safra, geralmente semeado em fevereiro. O milho de segunda safra se tornou a principal cultura de outono-inverno, devido a sua perspectiva de colheita e comercialização (CONTINI et al., 2019). A área plantada de milho, primeira safra foi de 4.235,8 milhões de hectares na safra 2019/2020, sendo os estados que mais semeou milho primeira safra, foi Rio Grande do Sul e Minas Gerais, com uma área de 791,4 e 720,4 mil hectares, respectivamente. É com relação ao milho segunda safra, realizado no mesmo ano agrícola, a área plantada foi de 13.757,3 milhões de hectares, sendo o Mato Grosso o maior estado de área plantada de milho segunda safra com 5.414,4 mil hectares (CONAB, 2020). Segundo Baretta et al (2017) o milho é um importante commodity de grande representatividade no mercado interno no agronegócio brasileiro, e está presente

em diversas cadeias produtivas com mais de 3500 possibilidades de uso em diferentes segmentos de produção.

3.3 SILÍCIO NO SOLO E ADUBAÇÃO SILICATADA

Si é o segundo elemento mais abundante da litosfera, compondo 27,7% da crosta terrestre, superado somente pelo oxigênio (BAKHAT et al., 2018). É constituinte de até 10% da matéria seca de plantas consideradas acumuladoras do elemento, como as das famílias Poaceae, Cyperaceae e Equisitaceae (SAVANT et al., 1997). Na verdade, a capacidade de absorção de Si é variável entre espécies de plantas, podendo ser classificadas como acumuladoras aquelas com teores superiores a 1 g kg^{-1} de Si na massa seca, como o arroz e o trigo; plantas como cana-de-açúcar e milho são consideradas intermediárias, com $0,5$ a 1 g kg^{-1} de Si e as plantas não acumuladoras tem concentração de Si na massa seca inferior a $0,5 \text{ g kg}^{-1}$, como as dicotiledôneas (MARAFON et al., 2013). Em algumas ocasiões as plantas contêm quantidades de Si similares aos macronutrientes (BAKHAT et al., 2018), entretanto, Si não é considerado um elemento essencial às plantas, por não obedecer a todos os critérios de essencialidade de nutrientes e sim como um elemento benéfico (LUYCKX et al., 2017).

À temperatura ambiente, Si encontra-se no estado sólido e está presente na composição dos minerais secundários mais importante na formação dos solos, sendo a base da maioria dos argilominerais (RESENDE et al., 2002). Segundo Gurr (2010), mesmo com a enorme quantidade de silício na crosta terrestre e nos solos, as formas disponíveis para as plantas geralmente estão escassas, principalmente em solos antigos, em virtude da avançada intemperização dos solos tropicais, o que coincide com a condição dos solos do cerrado brasileiro. Nesse contexto, o óxido de silício é o mineral mais abundante nos solos, porém, apenas uma pequena quantidade desse elemento químico está disponível aos vegetais devido à sua baixa solubilidade (KORNDORFER, 2006). Nesses solos, os minerais secundários contendo tal elemento praticamente já não são mais encontrados, podendo apresentar teores menores que 2 mg dm^{-3} de Si disponível no solo (KORNDORFER, 2006).

Segundo Korndorfer (2015), cultivos consecutivos podem reduzir o nível de Si até um ponto em que a adubação seja necessária. De acordo com o mesmo autor, os valores de Si, no solo inferiores a 20 mg dm^{-3} , extraídos com ácido acético $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, ou

ainda de 6 a 8 mg dm⁻³, extraídos em CaCl₂ 0,05 mol L⁻¹, em geral, indicam a necessidade de adubação com Si, e ressalta que esses solos apresentam bons resultados com a aplicação desse elemento e, acima desses valores, as respostas tendem a ser mais discretas. Sob essa perspectiva, espera-se que as plantas cultivadas em áreas de cerrado respondam à aplicação de Si na forma de fertilizantes ou corretivos de solo (KORNDORFER et al., 2004). Porém, de acordo com Reis et al (2007), os valores de recomendação de Si ainda não são padronizados, uma vez que não foi constatado o efeito tóxico do elemento, o que limitaria as doses máximas. Dentre os fatores limitantes das doses estão a relação custo/benefício e a capacidade corretiva dos silicatos, podendo elevar o pH acima do desejado e causar desequilíbrios nutricionais por reações de insolubilização (REIS et al., 2007).

A disponibilização de Si na forma de fertilizantes na agricultura se dá por fontes como metassilicatos e o ácido silícico, semelhantes em efeitos e forma de utilização. Porém, o elemento também se encontra na forma de silicatos de cálcio e magnésio, proveniente de escórias básicas de siderurgia, com possibilidade de serem utilizados como corretivos de solo devido a sua basicidade (DATNOFF, 2001). Um fertilizante silicatado deve ter baixo custo, baixa concentração de metais pesados, boa relação e quantidades de cálcio e magnésio, e principalmente, espera-se que este tenha elevada concentração de Si solúvel com alta solubilidade e pronta disponibilidade para as plantas (REIS et al., 2007).

O silício solúvel, disponível para as plantas, está presente na solução do solo como ácido monossilícico (H₄SiO₄), e é absorvido como ácido ortossilícico, um composto químico com fórmula (Si (OH)₄) que está presente quando a sílica é dissolvida juntamente com água. Por ser um elemento não móvel, o Si é depositado e acumulado como fitólitos em diferentes estruturas intracelulares e extracelulares das plantas na forma de sílica amorfa (SiO₂.nH₂O), o que promove a defesa física (SINGH et al, 2020). Apesar do elemento não ser considerado essencial, estudos têm demonstrado que sua absorção desenvolve diversos efeitos benéficos às plantas, como a indução de resistência contra estresse salino (HAGHIGHI et al., 2013), hídrico (CAO et al., 2015), toxicidade por metais (KELLER et al., 2015), na melhoria do estado nutricional e da redistribuição de nutrientes, o aumento na eficiência fotossintética (LIANG et al, 2015), além de estar relacionado a resistência contra doenças (POZZA et al., 2015) e pragas (SINGH et al, 2020).

Os principais mecanismos de defesa induzidos pelo Si têm sido atribuídos a fatores físicos, bioquímicos ou moleculares (REYNOLDS et al., 2016). De acordo com Hernández (2014), o Si pode ser uma importante ferramenta para melhorar o desenvolvimento das plantas, visto que, apresenta efeitos benéficos melhorando o desempenho das plantas no alívio de estresses de natureza biótica e abiótica. Dessa forma, o silício pode ser utilizado como indutor de resistência contra insetos-praga (GOMES, 2009).

3.4 SILÍCIO NA INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA DE PLANTAS AOS INSETOS

O Si está entre os indutores de resistência de plantas mais estudados, o acúmulo de silício proporciona o aumento na indução de defesas diretas (LIU et al., 2017), exercido pela deposição de sílica amorfa na parede celular da epiderme dos tecidos vegetais (LUYCKX et al., 2017), formando uma barreira mecânica, elevando a dureza dos tecidos nas plantas e reduzindo a digestibilidade e desgastando as peças bucais dos insetos (WANG et al., 2017), causando alterações na biologia dos insetos-praga, podendo levar a diminuição de fecundidade e elevação de taxa de mortalidade (dos SANTOS et al., 2015). Segundo Hartley et al., (2015), outra forma de indução de resistência pelo silício seria por estimular os mecanismos naturais de defesa da planta, mediante a produção de compostos químicos.

O Si muda a concentração de ácido jasmônico (JA) e fomenta a síntese e mobilidade de compostos fenólicos e produção de enzimas peroxidases, as quais participam da regulação hormonal que ativa as respostas sistêmicas à herbivoria nas folhas (KIM et al., 2014). O Si induz a produção de compostos que são relacionadas aos mecanismos de defesa contra os insetos, interferindo no metabolismo de enzimas polifenol oxidase, tripsina protease (BAKHAT et al., 2018) e dos flavonoides (MANIVANNAN et al., 2017). Ainda, o Si pode aumentar as defesas das plantas de forma indireta, no terceiro nível trófico, por meio da atratividade aos inimigos naturais dos herbívoros (REYNOLDS et al., 2016). Neste sistema, a planta produz diferentes voláteis denominados como semioquímicos que atraem os inimigos naturais como predadores ou parasitoides, levando-os a encontrar o inseto-praga (LIMA, 2018; LUYCKX et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2020).

O uso de Si no controle de pragas vem sendo demonstrado para diversas culturas. Em relação aos insetos mastigadores, Rodrigues et al., (2017) estudando o efeito do silício na cultura do feijão, obteve sucesso no controle de *S. frugiperda* nas doses de 100 e 200 kg ha⁻¹ de Si, via aplicação no solo pela fonte silicato de potássio. Mesmo não sendo uma cultura acumuladora de silício, a aplicação de Si no feijoeiro diminuiu a preferência alimentar das lagartas e aumentou o período de desenvolvimento larval da praga. Pesoli et al., (2018) estudando o efeito do silício em plantas de arroz, cultura já considerada a maior acumuladora do elemento, observou que o fornecimento de silício via aplicação entre 106,40 e 121 kg ha⁻¹ de silicato de cálcio e magnésio, promoveu o incremento do teor de Si nas folhas das plantas, causando menor peso larval em *D. saccharalis*. Já para a cultura do milho, Albuquerque (2010) verificou que aplicações de doses Agrosilício (25,00% CaO; 6,00% MgO; 10,50% Si) via solo (500, 750 e 1000 kg ha⁻¹) reduziram significativamente a injúria por desfolha causada por *S. frugiperda* e Perdomo (2017) observou que nas plantas adubadas com 600 kg ha⁻¹ de Si, com o uso da fonte silicato de cálcio e de magnésio, o teor de silício foliar teve aumento linear com o aumento da dose de silício aplicada no solo, induzindo a resistência das plantas a *S. frugiperda*, no entanto, não afetando a produtividade de grãos.

Já relacionado ao efeito do silício no controle de pulgões, Lima (2018) observou em campo com a aplicação de 400 kg ha⁻¹ de Si, pela fonte Agrosilício Plus via solo, o silício induziu resistência direta e indireta do sorgo ao pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani), no entanto, não foi verificada influência do Si sobre o rendimento de grãos nem na massa fresca nem seca. Em casa de vegetação, Sampaio et al. (2020), utilizando a dose de 600 kg ha⁻¹ de Si (5.100 kg ha⁻¹ de sílica gel e 6.000 kg ha⁻¹ de Agrosilício), verificou a redução da fecundidade de *S. graminum* criados individualmente em plantas de sorgo, porém, não reduziu o crescimento populacional dos pulgões desenvolvidos em colônias. De acordo com os mesmos autores, houve ganho de peso do parasitoide *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) criados em plantas com aplicação de Si, o que pode favorecer o controle biológico dos pulgões. Filgueiras et al. (2011), trabalhando em laboratório e casa de vegetação, avaliou a indução de resistência ao pulgão-verde *S. graminum* em plantas de trigo tratadas com ácido silícico, e verificou a redução do número de ninfas e o aumento da mortalidade dos pulgões. Moraes et al., (2013) trabalhando em laboratório com aplicação de silício via solo (silicato de cálcio e magnésio) e via foliar (silicato de sódio) em plantas de trigo, observou que não houve

alteração no comportamento de prova do pulgão *S. graminum*. Almeida et al. (2015) estudando o efeito da atratividade de *R. maidis* por plantas de milho tratadas com Si, observaram que a aplicação de 600 kg ha⁻¹ silicato de cálcio e de magnésio contribui para indução da não-preferência para alimentação desse inseto.

Mais especificamente em relação ao pulgão-da-espiga, *S. avenae*, o efeito do Si na indução de resistência em plantas de trigo em laboratório foi observado por Dias et al. (2014), os quais constataram não-preferência do pulgão *S. avenae* por plantas adubadas com Si, independentemente da fase fenológica do trigo (vegetativa ou reprodutiva). Em condições de campo, Oliveira (2016) observou que em plantas de trigo adubadas com 200 kg ha⁻¹ de Si, com o uso da fonte silicato de potássio, a população de *S. avenae* foi menor, além de incrementar a produtividade com o uso deste elemento. Já Rezende (2018) não obteve resposta com a fonte silicato de cálcio e magnésio com a aplicação de 493 Kg Si ha⁻¹ para a mesma espécie de pulgão em trigo. Uma das hipóteses para explicar esta diferença é que a dose utilizada por Rezende (2018) foi baixa, levando em consideração a reduzida solubilidade da fonte.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental e instalação dos experimentos

Os experimentos (duas safras de trigo e uma safra de milho) foram conduzidos na fazenda experimental Capim Branco, situada no município de Uberlândia, Estado de Minas Gerais, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 18°53'02,05"S; longitude 48°20'33,41"W e altitude de 822 metros. O clima da região se caracteriza como Aw, tropical chuvoso quente (ALVARES et al., 2013), segundo a classificação de Köppen & Geiger, apresentando duas estações bem definidas: verão chuvoso e inverno seco. As médias anuais de precipitação e temperatura são de 1342 mm e 22,3° C, respectivamente. Os dados meteorológicos durante o período das safras foram coletados a 300 metros do experimento, na estação da área experimental da Fazenda Capim Branco e a pluviosidade total durante os experimentos foi de 1.370,20 mm (Figura 1).

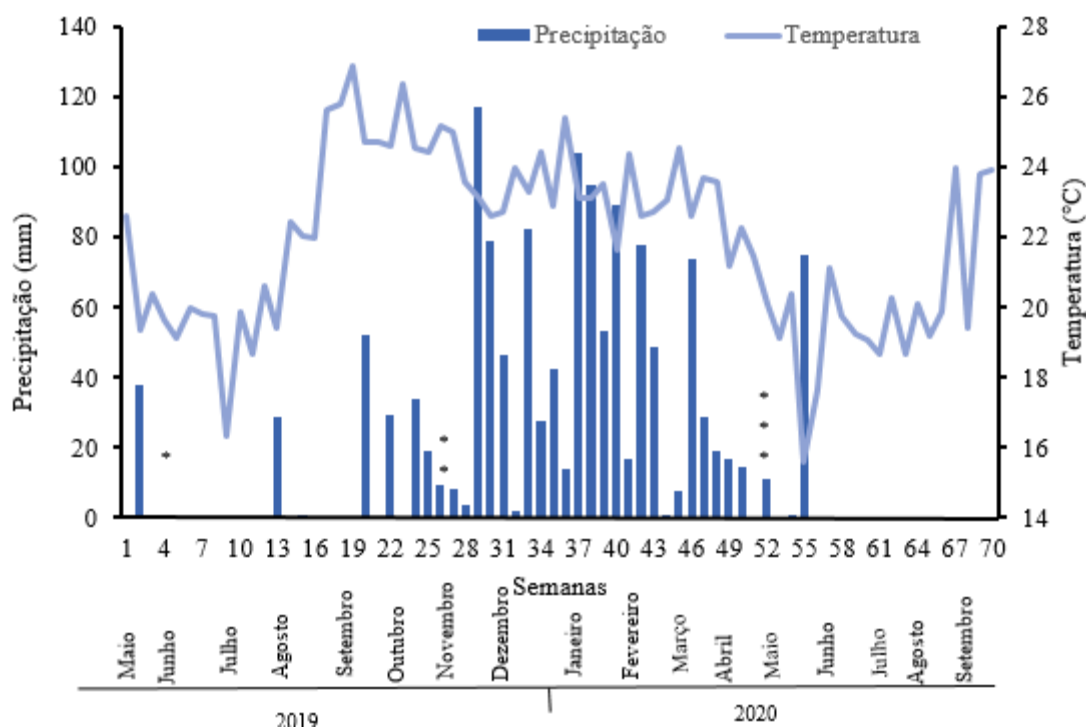


Figura 1. Temperatura média e precipitação acumulada semanais na Fazenda Capim Branco em Uberlândia-MG, das safras de trigo e milho, do dia 10 de maio de 2019 a 8 de setembro de 2020. Fonte: Estação meteorologia da Fazenda Capim Branco. Semeaduras * Trigo primeira safra, ** Milho e *** Trigo segunda safra.

Análise química e granulométricas do solo da área dos experimentos coletadas no dia 11/04/2019 (Tabela 1) foram realizadas no LABAS - Laboratório de Análise de Solo e Planta e a análise de silício no solo no LAFER - Laboratório de Tecnologia de Fertilizantes, ambos do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico (EMBRAPA, 2009) de textura argilosa.

Tabela 1 - Características químicas e granulométricas do solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade. Uberlândia, MG, 2021.

pH água	Si*	Mat. Org.	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	m	V
	mg kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	..mg dm ⁻³cmol _c dm ⁻³								%
5,3	6,2	2,3	4,9	103	4,0	1,4	0,1	1,90	5,66	5,76	7,56	2	75
	Argila			Silte			Areia						
	g kg ⁻¹			g kg ⁻¹			g kg ⁻¹						
	580			295			125						

Extratores: pH em água, Si extraído por Cloreto de Cálcio, K e P-assimilável por Mehlich⁻¹, teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis extraídos por KCl; acidez potencial por Acetato de Cálcio; matéria orgânica total (MOS) por titulometria, segundo metodologia da EMBRAPA (2009).

Anteriormente à instalação do experimento, a área estava formada em pasto com *Brachiaria ruziziensis*, sem correção ou adubação. Foram realizados três safras, duas de trigo (datas de semeadura: 29/06/2019 e 20/05/2020) e uma de milho (data de semeadura: 26/11/2019) na mesma área de 250 m², dividida em 25 parcelas de 10,0 m² (2,0 metros de largura e 5,0 metros de comprimento). O preparo de solo foi efetuado por meio de aração a 0,40 m de profundidade, com o objetivo de romper camada compactada, e posteriormente com enxada rotativa para destorroamento e nivelamento da área.

Como fonte de Si foi utilizado foi o silicato de Ca e Mg (Agrosilício[®] Plus) aplicado via solo e incorporado manualmente no dia 10/05/2019, com as seguintes características físicas e químicas: granulometria fina (pó), poder relativo de neutralização total (PRNT) de 88%, 4,76% de Si solúvel, 12,26% de Si total, e teor total de CaO de 37,82 % e 9,30 % de MgO. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com cinco doses de Si solúvel (0, 400, 600, 800 e 1000 kg ha⁻¹) e cinco repetições. Visando equilibrar os teores de cálcio e magnésio foi aplicado calcário dolomítico Ercal[®] (30,56 % de CaO e 8,66% de MgO). (Tabela 2).

Tabela 2 - Doses (Kg ha^{-1}) de Silicato de Ca e Mg e calcário dolomítico Ercal[®] aplicado no solo para obter o equilíbrio da quantidade de cálcio e magnésio e as doses de silício no solo para os as semeaduras de trigo (2019 e 2020) e milho (2020). UFU, Uberlândia, MG, 2021.

Tratamento	Agrosilício	Calcário Kg	Ca	Mg	Si (Total)	Si (Residual)	Si (Solúvel)*
Kg ha^{-1}							
T1	0	26.370	5.750	1.190	0	0	0
T2	8.510	15.830	5.750	1.190	1.038	638	400
T3	12.770	10.550	5.750	1.190	1.558	958	600
T4	17.020	5.270	5.750	1.190	2.076	1.276	800
T5	21.280	0	5.750	1.190	2.596	1.596	1000

*Solúvel em carbonato de sódio + nitrato de amônio

As semeaduras das safras de trigo 2019, de milho 2019/2020 e de trigo 2020 foram realizadas 50, 195 e 375 dias, respectivamente, após a aplicação do Si no solo e em sucessão na mesma área. As parcelas foram delimitadas com placas de identificação de 30 cm nas extremidades e codificadas, de forma que garantiu a utilização dos mesmos tratamentos nas mesmas áreas nas três safras. As semeaduras das duas safras de trigo (2019 e 2020) foram realizadas manualmente na densidade de 350 sementes aptas/m² sendo 70 sementes por metro linear.

Utilizou-se a cultivar BRS 394, indicada para o cerrado (EMBRAPA TRIGO, 2015). As parcelas foram compostas de 10 linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,20 m entre linhas. A parcela útil formada pelas seis linhas centrais descartando meio metro de cada extremidade. Desta forma, foram formadas uma área total de 10 m² por parcela e 4,8 m² de área útil. A adubação de plantio foi feita com a aplicação manual de 576 kg ha⁻¹ do adubo formulado NPK 07-25-10 na linha de plantio. Para a adubação de cobertura, foi aplicado 232 kg ha⁻¹ de ureia, realizada 14 dias após a semeadura. Para possibilitar o desenvolvimento adequado das plantas, foi realizada irrigação por aspersão a uma lâmina de água de 5,0 mm/dia.

A semeadura do milho (safra 2019/2020) foi realizada, por meio de semeadora adubadora para plantio direto marca Baldan Solografic 4500, com oito linhas espaçadas de 0,5m e mecanismo de distribuição de fertilizante por meio de disco duplo desencontrado e de distribuição de semente mecânico. Utilizou-se o híbrido 30F35 VY HR PIONEER, objetivando estande inicial de 60.000 plantas ha⁻¹, espaçadas 0,5 m entre

linhas e 0,33 m entre plantas em uma área total de 250 m². Cada parcela foi composta por 60 plantas distribuídas em quatro linhas de 5,0 m de comprimento e a área útil foi formada por 12 plantas, seis de cada linha, das duas linhas centrais da parcela, formando uma área útil de 4,0 m² por parcela. A área útil total do experimento foi de 100 m². A adubação básica de sementeira constituiu-se de 400 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 08-28-16 para o fornecimento de 32; 112 e 64 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) respectivamente, segundo de recomendação Alvarez et al., (1999). A adubação de cobertura foi feita 18 dias após a sementeira (DAS), no estágio V4 (quatro folhas completamente desenvolvidas), com 104 kg ha⁻¹ de ureia mais 72 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, e após 13 dias foi realizado a segunda adubação de cobertura com ureia a 104 kg ha⁻¹ na fase de crescimento V8 (oito folhas completamente desenvolvidas).

4.2 População de pulgões, silício nas plantas e análise do solo

No período de desenvolvimento das plantas de trigo foram realizadas avaliações semanais do número de pulgões sadios, avaliando-se 10 afilhos aleatoriamente por parcela. As avaliações foram iniciadas desde sete dias após a sementeira até a maturação fisiológica da cultura. Foram realizadas 11 avaliações, até a planta perder umidade e a presença de pulgões ser reduzida.

Foram realizadas análises nas plantas e do solo para verificar o teor de Si. Para as análises de Si nas plantas no trigo foram realizadas em duas épocas, no momento de pré-floração (aparecimento das anteras) e após a maturação fisiológica. Na pré-floração foram retiradas cinco plantas da área útil de cada parcela no estágio Z50 (primeira espiguetta da inflorescência recém visível) onde foram separadas as folhas bandeira das demais estruturas da planta e determinadas a análise de silício individualmente de cada parte, exceto das raízes. Após a maturação fisiológica a partir do estágio Z94 (sementes em maturação, palha seca e quebradiça) foram retiradas cinco plantas e determinadas análise de silício de toda a estrutura da planta, exceto da raiz.

Já para a análise de Si nas plantas de milho, no momento de pré-endoamento, foram coletadas a folha opostas à espiga de cinco plantas da área central de cada parcela. O material vegetal coletado para a análise de Si nas plantas foi seco em estufa de

circulação forçada de ar, triturado em moinho de facas para a determinação da porcentagem de Si contida nas plantas, segundo metodologia de Korndorfer et al. (2004).

Para a verificação do teor de Si no solo, assim como do pH e macro nutrientes, realizou-se amostragem de solo de 0-20 cm após 150, 210 e 480 dias da aplicação do silicato de Ca e Mg. Foram realizadas cinco amostras simples por parcela, as quais formaram uma amostra composta para a determinação do pH em cloreto de cálcio, e a determinação de cálcio e magnésio por espectrofotometria de absorção atômica, conforme EMBRAPA (1997). Já a análise de silício no solo foi realizada por colorimetria (KORNDORFER et al., 2004). Os procedimentos para as análises de Si foliar e análises de solo foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Fertilizantes (LAFER/UFU).

4.3 Produtividade do trigo e do milho

A avaliação de produtividade de grãos ocorreu, em ambas as culturas, aos 130 dias após o plantio, sendo obtida a partir da colheita de forma manual e pesagem dos grãos provenientes da área útil de cada parcela. Para os experimentos de trigo, foram coletadas as espigas das seis linhas centrais descartando meio metro de cada extremidade, e para o experimento de milho as 12 espigas das plantas composta pela a área útil.

Conseqüentemente, as espigas foram debulhadas e as sementes separadas das demais impurezas. No Laboratório de Sementes (LASEM/UFU) avaliou-se a aferição umidade de grãos para a cultura do trigo e do milho e peso hectolitro (PH) para cultura do trigo, utilizando para ambos o medidor portátil de modelo G650i e estimada a produtividade em $t\ ha^{-1}$, corrigindo como padrão a umidade dos grãos a 13%.

4.4 Análises dos dados

Os dados obtidos foram submetidos a testes de pressuposição a 0,05 de significância (normalidade de resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk, homogeneidade de variância pelo teste de Levene, e aditividade de blocos pelo teste de Tukey). Verificado o atendimento das pressuposições, foi realizada a análise de variância (ANAVA) e os modelos de regressão para as doses de silício foram ajustados. Para as variáveis relacionadas ao cultivo do trigo, foi realizado também a Análise Conjunta para verificar

o efeito dos anos de cultivo, após considerar que as variâncias residuais foram homogêneas, em que a relação entre o maior e menor quadrado médio do resíduo ($QMr+/QMr-$) deveria ser menor do que sete (GOMES et al. 2002).

Para os dados de contagem do pulgão, foi realizado a soma dos afídeos encontrados nos 10 afilhos avaliados e ajustado um Modelo Linear Generalizado Misto (MLGM) com distribuição binomial negativa e função de ligação log, em que as doses de silício, as épocas de coleta e os anos de cultivo foram considerados efeitos fixos e as épocas de coleta dentro de cada ano como efeitos aleatórios. O modelo foi ajustado pelo método de estimação de verossimilhança via TMB (Template Model Builder). Se significativo, as doses ajustadas a modelos paramétricos e não paramétricos de regressão. As análises foram executadas no software R v. 4.0.0.

5 RESULTADOS

5.1 Teores de Si, Ca, Mg e pH do solo

Não houve interação para as semeaduras e doses de silicato de cálcio e magnésio para os teores no solo de Si (QM = 1,650; F= 0,656; P= 0,727), cálcio (QM= 0,349; F=0,719; P= 0,673) e magnésio (QM= 0,019; F= 0,573; P= 0,795), assim como para o pH do solo (QM= 0,024; F= 0,989; P= 0,456) (Tabela 3).

Tabela 3. Quadro da Análise de Variância (ANOVA) para Análise Conjunta das variáveis silício, cálcio, magnésio e pH do solo (profundidade de 0 - 20) após as semeaduras em sucessão na mesma área de trigo (2019), milho (2020) e trigo (2019) e a aplicação no solo de cinco doses de silicato de cálcio e magnésio.

Causas de variação	Gl	Silício	Cálcio	Magnésio	pH
		Quadrado Médio			
Semeadura (S)	2	33,520**	2,102 ^{ns}	0,421*	0,185 ^{ns}
Dose de silicato (D)	4	143,150**	1,008 ^{ns}	0,422**	0,116**
S*D	8	1,650 ^{ns}	0,349 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,024 ^{ns}
Resíduo	48	2,510	0,485	0,034	0,024
Bloco (ano)	12	3,320	0,600	0,092	0,051
CV		16,26%	10,83%	12,00%	2,32%

gl: grau de liberdade. *Significativo a 0,05 de significância pelo teste de F. **Significativo a 0,01 de significância pelo teste de F. ns: Não significativo. CV: coeficiente de variação.

Os teores de Si (QM= 33,520; F= 10,100; P= 0,026) e de magnésio (QM= 0,421; F= 4,584; P= 0,033) no solo foram menores após o cultivo do milho do que após as safras de trigo, as quais foram iguais entre si (Tabela 4). O teor médio do Si no solo antes da aplicação de silicato foi de 6,2 mg kg⁻¹, mantendo-se em níveis altos, 10,9 mg kg⁻¹; 8,6 mg kg⁻¹ e 9,6 mg kg⁻¹ após, respectivamente, a safra 2019 do trigo, do milho e da safra 2020 do trigo (Tabela 4). Tais resultados indicam que o silício solúvel do silicato de cálcio e magnésio se manteve disponível (10,9 mg kg⁻¹) aos 150 dias após adubação silicato de cálcio e magnésio (DAA Si), havendo uma redução após a safra do milho, aos 270 DAA Si (8,6 mg kg⁻¹ de silício no solo) e aumento após a safra 2020 trigo aos 420 DAA Si,

atingindo o valor de $9,6 \text{ mg kg}^{-1}$, possivelmente decorrente do silicato que sofreu reações no solo e ficou disponível para as plantas após esse período.

Tabela 4. Teores médios de silício e magnésio no solo (profundidade de 0 - 20) após a aplicação no solo de silicato de cálcio e magnésio e as safras de trigo 2019, milho 2020 e trigo 2020 em sucessão na mesma área. UFU, Uberlândia, 2021.

Silício kg (ha ⁻¹)	Silício (mg kg ⁻¹)			Magnésio (cmol _c dm ⁻³)		
	Trigo 2019	Milho	Trigo 2020	Trigo 2019	Milho	Trigo 2020
0	6,25	4,56	4,92	1,43	1,14	1,23
400	9,43	7,02	8,24	1,62	1,34	1,55
600	11,19	9,15	10,30	1,71	1,42	1,70
800	14,74	10,60	12,38	1,69	1,54	1,70
1000	13,04	11,73	12,61	1,71	1,53	1,81
Média	10,93 A	8,61 B	9,69 AB	1,63 A	1,39 B	1,60 AB

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$), quando comparados entre si os teores de silício e de magnésio.

Assim como nos resultados de silício, para os teores de magnésio no solo também foram observadas o mesmo comportamento entre as safras (Tabela 4). O teor médio de magnésio no solo antes da aplicação do silicato foi de $1,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e manteve-se em $1,63 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $1,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $1,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ após, respectivamente, a safra 2019 do trigo, a safra do milho e da safra 2020 do trigo (Tabela 4). Já os teores de cálcio (QM= 2,102; F= 3,500; P= 0,063) e o pH do solo (QM= 0,185; F= 3,594; P= 0,059) não foram alterados em função dos sucessivos cultivos de trigo e milho (Tabela 5).

Tabela 5. Teores médios de cálcio e pH no solo (profundidade de 0 - 20) após a e a aplicação no solo de silicato de cálcio e magnésio e as safras de trigo 2019, milho 2020 e trigo 2020 em sucessão na mesma área. UFU, Uberlândia, 2021.

Silício kg (ha ⁻¹)	Cálcio (cmol _c dm ⁻³) ^{ns}			pH		
	Trigo 2019	Milho	Trigo 2020	Trigo 2019	Milho	Trigo 2020
0	6,17	6,10	6,37	6,70	6,64	6,66
400	6,90	5,78	6,49	6,85	6,62	6,75
600	7,15	6,14	6,73	6,95	6,74	6,84
800	7,04	6,41	6,73	6,95	6,81	6,92
1000	6,13	6,14	6,20	6,94	6,77	6,63
Média	6,68	6,11	6,50	6,88	6,71	6,76

Médias na linha não se diferem entre si pelo teste F ($p < 0.05$) para a comparação dos teores de cálcio e para a comparação do pH. ns: médias nas colunas não se diferem entre si pelo teste F ($p < 0.05$).

O teor de cálcio no solo antes da aplicação do silicato foi de $4,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e o mesmo mantendo-se em $6,68 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $6,11 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $6,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ após, respectivamente, a safra 2019 do trigo, do milho e da safra 2020 do trigo. Já o pH do solo antes da aplicação de silicato foi de 5,30 e manteve-se em 6,88; 6,71 e 6,76 após, respectivamente, a safra 2019 do trigo, do milho e da safra 2020 do trigo.

O teor de cálcio no solo não foi alterado pela aplicação das doses de silicato (QM= 1,008; F= 2,078; P= 0,098) (Tabela 5), uma vez que foi realizado o balanço deste nutriente com a adição de calcário dolomítico nas parcelas. Porém, os teores de Si (QM = 143,150; F= 57,071; P< 0,0001) (Figura 2A) e de magnésio (QM= 0,422; F=12,349; P= 0,000) (Figura 2B) aumentaram de forma linear com a aplicação das doses de silicato no solo. Antes da aplicação do silicato o teor de Si no solo foi de $6,2 \text{ mg kg}^{-1}$ e após as safras de trigo e milho, observa-se que no tratamento controle, no qual não houve a adição de silicato, este teor foi de $5,24 \text{ mg kg}^{-1}$, e na maior dose de silicato, $1000 \text{ kg Si ha}^{-1}$, foi observado um aumento nos teores de Si de 148% ($12,46 \text{ mg kg}^{-1}$). No tratamento controle foi observada a menor concentração de magnésio no solo, $1,26 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e na maior dose de silicato, $1000 \text{ kg Si ha}^{-1}$, foi observado um aumento nos teores de magnésio de 30,7% ($1,68 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Já o pH do solo aumentou até a dose de 600 kg de Si e depois estabilizou nas maiores doses (QM= 0,116; F= 4,683; P= 0,002) (Figura 2 C). Os tratamentos elevaram de forma positiva os valores de pH, apresentando valores iniciais de 5,3 aumentando para 6,89 na dose de $803 \text{ kg Si ha}^{-1}$ (Figura 2C).

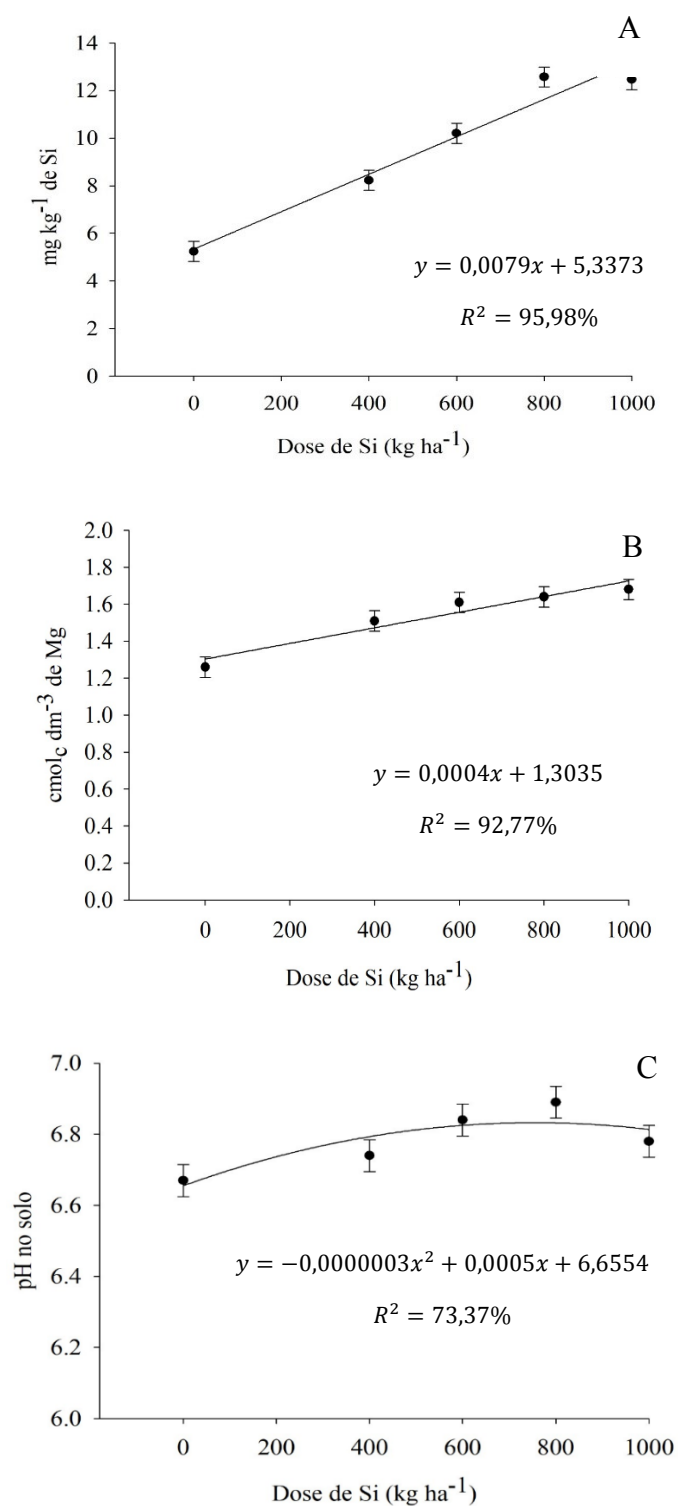


Figura 2. Teores médios no solo (profundidade de 0 - 20) de silício (A) e magnésio (B) e pH do solo (C) após as safras de trigo 2019, milho 2020 e trigo 2020 em sucessão na mesma área com a aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio no solo.

5.2 Teor de silício nas plantas de trigo (2019 e 2020) e milho (2020)

Não houve interação para as sementeiras e doses de silicato de cálcio e magnésio tanto para as porcentagens de Si na folha bandeira (Tfolha) ($F= 1,344$; $P= 0,275$) e no restante da planta com exceção das folhas bandeiras (Tplanta) ($F=1,172$; $P= 0,341$) nas plantas de trigo no estágio Z50 (primeira espigueta da inflorescência recém visível), quanto nas plantas de trigo no estágio Z94 (sementes em maturação, palha seca e quebradiça) (Tciclo) ($F= 1,986$; $P= 0,120$) (Tabela 6).

Tabela 6. Quadro da Análise de Variância (ANOVA) para Análise Conjunta dos teores de silício foliar (%) na folha bandeira (Tfolha) e no restante da planta com exceção da folha bandeira (Tplanta) em plantas no estágio de desenvolvimento Z50 (primeira espigueta da inflorescência recém visível) e nas plantas no estágio Z94 (sementes em maturação, palha seca e quebradiça), na cultura do trigo com as sementeiras em sucessão na mesma área de trigo (2019), milho (2020) e trigo (2020) e a aplicação no solo de cinco doses de silicato de cálcio e magnésio.

Causas de variação	gl	Tfolha (% Si)	Tplanta (% Si)	Tciclo (% Si)
		Quadrado Médio		
Sementeiras (S)	1	1,125 ^{ns}	0,842 ^{ns}	1,397*
Dose (D)	4	2,899**	0,650**	1,321**
S*D	4	0,662 ^{ns}	0,173 ^{ns}	0,169 ^{ns}
Resíduo	32	0,492	0,148	0,085
Bloco (ano)	8	0,526	0,164	0,148
Coeficiente de variação		29,73%	28,22%	16,82%

gl: graus de liberdade. *Fator significativo a 0,05 de significância pelo teste de F.

**Fator significativo a 0,01 de significância pelo teste de F. ^{ns}: Não significativo

O teor de Si nas plantas de trigo no estágio Z50 não foi alterado pela época de sementeira quando avaliadas as porcentagens deste elemento nas folhas bandeiras (Tfolha: $F= 2,136$; $P= 0,182$) ou no restante da planta (Tplanta: $F= 5,125$; $P= 0,0534$) (Tabela 1). Porém, quando avaliadas as plantas no final do ciclo, em estágio Z94, houve maior teor de Si ($F= 9,434$; $P= 0,0153$) nas plantas da sementeira de 2020 do que naquelas sementeiras em 2019 (Tabela 7).

Tabela 7. Teor de silício em plantas de trigo (estágio Z94) com a aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio e sucessão na mesma área das safras de trigo 2019, milho 2020 e trigo 2020.

Silício kg ha ⁻¹	Tciclo (% Si)	
	2019	2020
0	1,14	1,27
400	1,52	1,85
600	1,58	1,70
800	1,75	2,52
1000	1,85	2,18
Média	1,57 B	1,90 A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey e F ($p < 0.05$).

A aplicação no solo de doses crescentes de silicato resultou no aumento da porcentagem de Si nas folhas bandeiras (Tfolha: $F=5,884$; $P= 0,01$) e no restante da planta (Tplanta: $F= 4,396$; $P= 0,006$) de trigo no estágio Z50, ajustando-se ao modelo quadrático (Figuras 3A e 3B). Para Tplanta (Figura 3B), o aumento da porcentagem de Si ocorreu de forma linear até a dose 852 kg Si ha⁻¹, havendo a estabilização da porcentagem de Si após essa dose. Já quando a porcentagem de Si foi avaliada em plantas no estágio Z94, observou que o aumento das doses de silicato no solo provocou aumento linear ($F=15,518$; $P < 0,0001$) da porcentagem de Si nas plantas de trigo (Figura 3C).

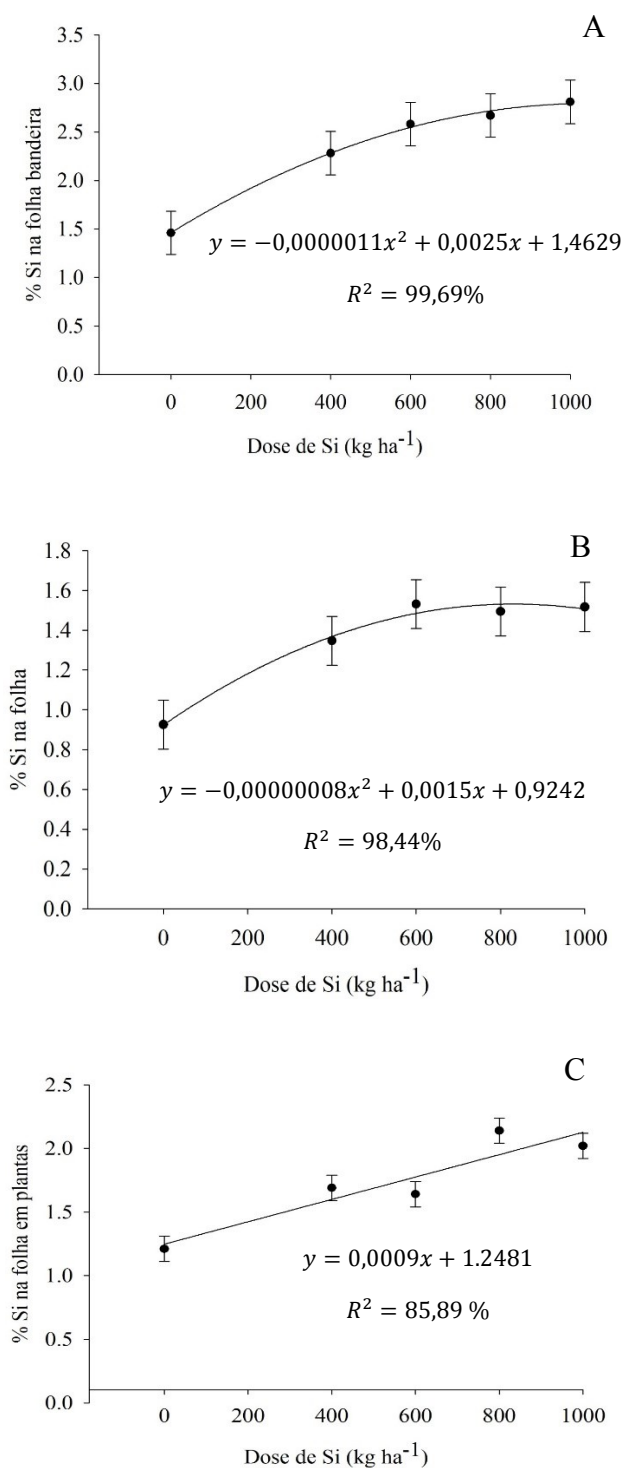


Figura 3. Teores médios de silício nas plantas de trigo nas semeaduras de 2019 e 2020 em estágio Z50 (A) folha bandeira e (B) planta menos a folha bandeira e em plantas inteiras em estágio Z94 (C), com a aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio e sucessão na mesma área das safras de trigo 2019, milho 2020 e trigo 2020.

Para a porcentagem de Si em folhas de milho, verificou-se um comportamento quadrático com aumento das doses de silicato de cálcio e magnésio aplicadas no solo ($F=3,839$; $P=0,022$), provocou o aumento do Si foliar até a dose $716 \text{ kg Si ha}^{-1}$ (Tabela 8; Figura 4).

Tabela 8. Quadro da análise de variância (ANOVA) para o teor de silício foliar na cultura do milho (2020) com as semeaduras em sucessão na mesma área de trigo (2019), milho (2020) e trigo (2020) e a aplicação de cinco doses de silicato de cálcio e magnésio no solo.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc	CV%
Dose	4	0,115	0,028	3,839	0,022*	11,49
Bloco	4	0,062	0,015			
Resíduo	16	0,120	0,007			

*Significativo pelo teste F a ($p<0.05$).

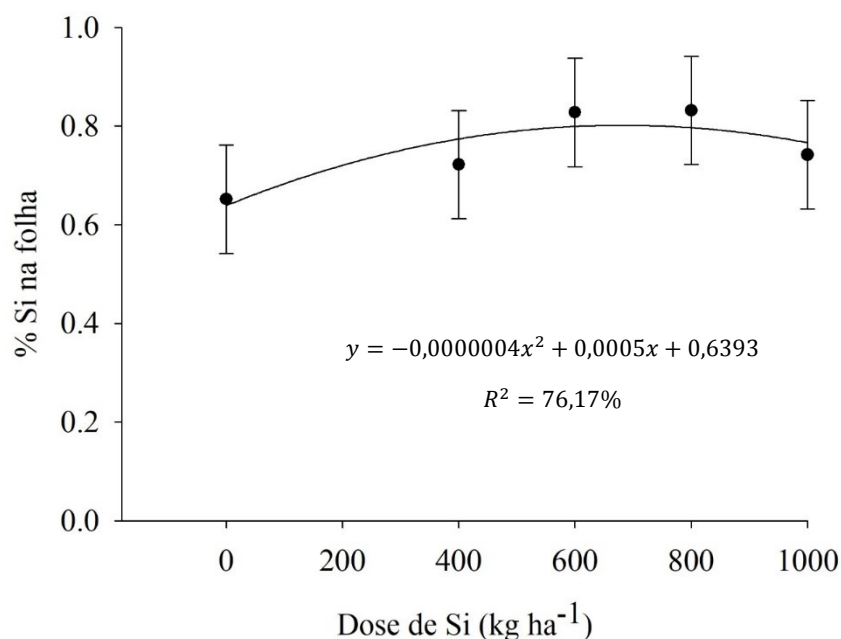


Figura 4. Teores médios de silício nas folhas de milho (2020) com a aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio e sucessão na mesma área das safras de trigo 2019, milho 2020 e trigo 2020.

5.3 População de pulgões *Sitobion avenae*

Não houve interação ($P= 0,471$) para a dose de silicato de cálcio e magnésio, semeadura do trigo e data da avaliação para o número de pulgões, *S. avenae*, por 10 afilhos de trigo (Tabela 9). Também não houve interação para a dose de silicato de cálcio e magnésio e a data da avaliação ($P = 0,226$) e entre a dose de silicato e a semeadura ($P = 0,226$) para o número deste pulgão (Tabela 9). A única interação encontrada na população de *S. avenae* foi para a semeadura e a data de avaliação ($P < 0,0001$) (Tabela 9).

Tabela 9. Quadro de Análise de Deviance para número de pulgões *Sitobion avenae* por 10 afilhos, em 11 avaliações semanais na cultura do trigo (semeaduras 2019 e 2020), com as semeaduras em sucessão na mesma área de trigo (2019), milho (2020) e trigo (2020) e a aplicação no solo de cinco doses de silicato de cálcio e magnésio.

Causas de variação	gl	X^2
Dose de Silício (D)	4	18,977**
Semeadura (S)	1	1318,171**
Avaliação (A)	10	1472,897**
Bloco	4	41,501
D*S	4	5,655 ^{ns}
D*A	40	42,373 ^{ns}
S*A	10	977,722 **
D*S*A	40	39,976 ^{ns}

gl: graus de liberdade. X^2 : valor do Qui-Quadrado. *Fator significativo a 0,05 de significância pelo teste do X^2 . **Fator significativo a 0,01 de significância pelo teste de X^2 . ns: Não significativo pelo teste do X^2 .

Foi observado que o aumento de silicato de cálcio e magnésio aplicado no solo acarretou na redução linear ($P < 0,0001$) do número de *S. avenae* nas plantas de trigo (Figura 5A), com redução de 29% do número de pulgões com a aplicação de 1000 kg ha⁻¹ de Si no solo (Figura 6). O número médio de pulgões por 10 afilhos foi menor ($P < 0,0001$) em 2019 (menos de 0,1 pulgão/afilho) do que em 2020 (entre cinco e oito pulgões/afilho) (Figura 5B, Figura 7). Foi observado que a população de *S. avenae* foi

maior ($P < 0,0001$) tanto em 2019 quanto em 2020 quando as plantas se aproximavam do período reprodutivo (Figura 7).

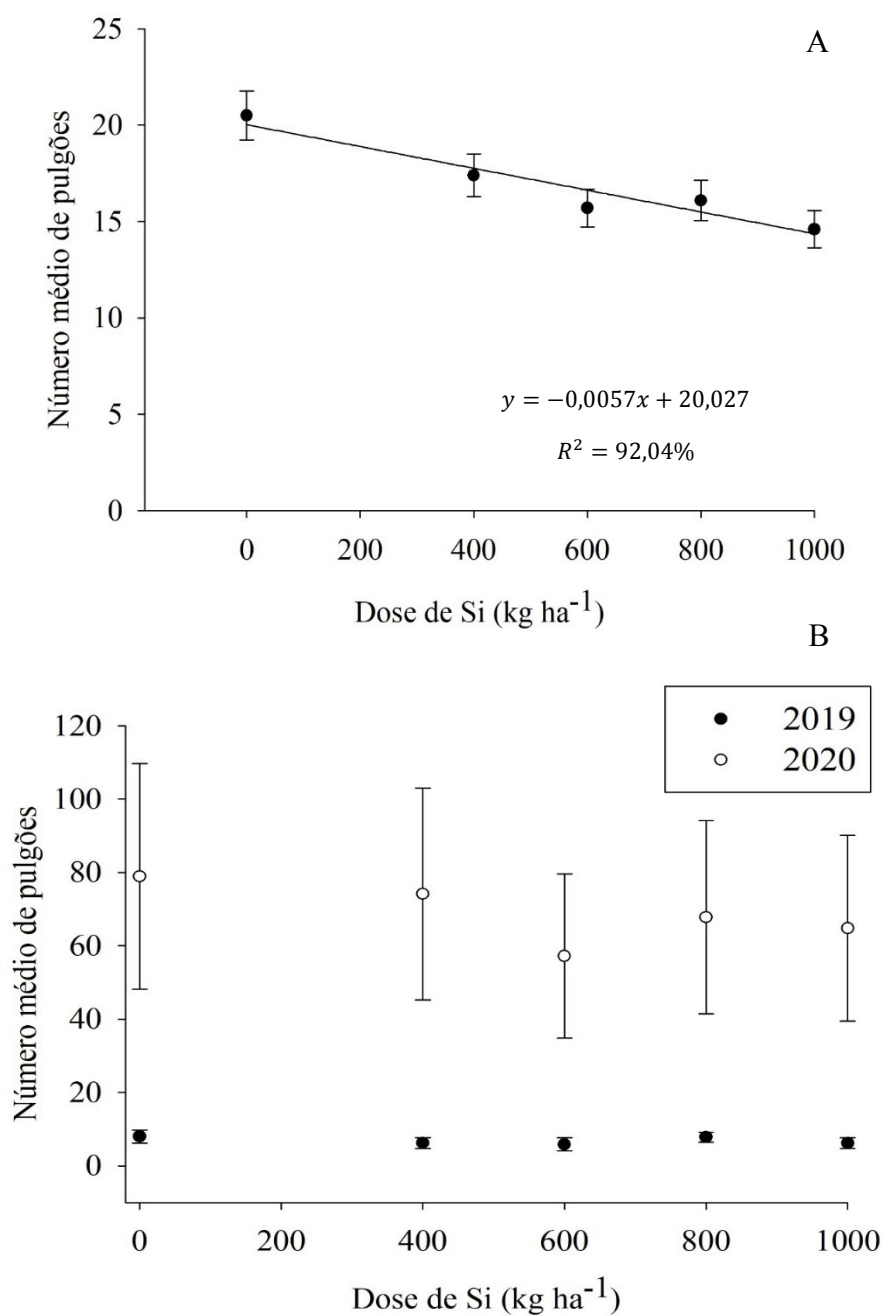


Figura 5. População de *Sitobion avenae* em plantas de trigo (2019 e 2020), média de 10 afixos dos dois anos (A) e de cada ano (B), com a aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio e sucessão na mesma área das safras de trigo 2019, milho 2020 e trigo 2020.

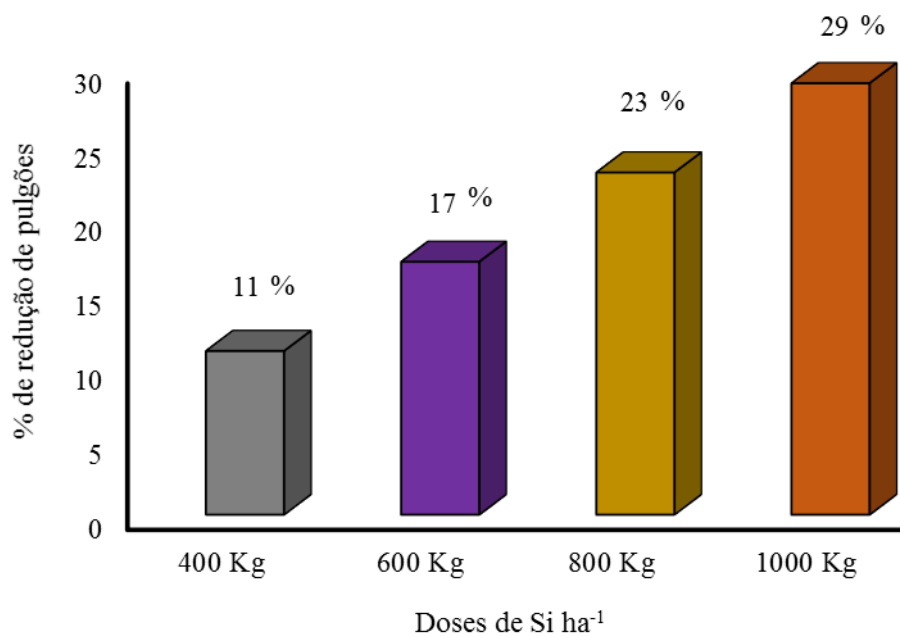


Figura 6. Porcentagem de redução de *Sitobion avenae* em plantas de trigo (2019 e 2020) com a aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio e sucessão na mesma área das safras de trigo 2019, milho 2020 e trigo 2020.

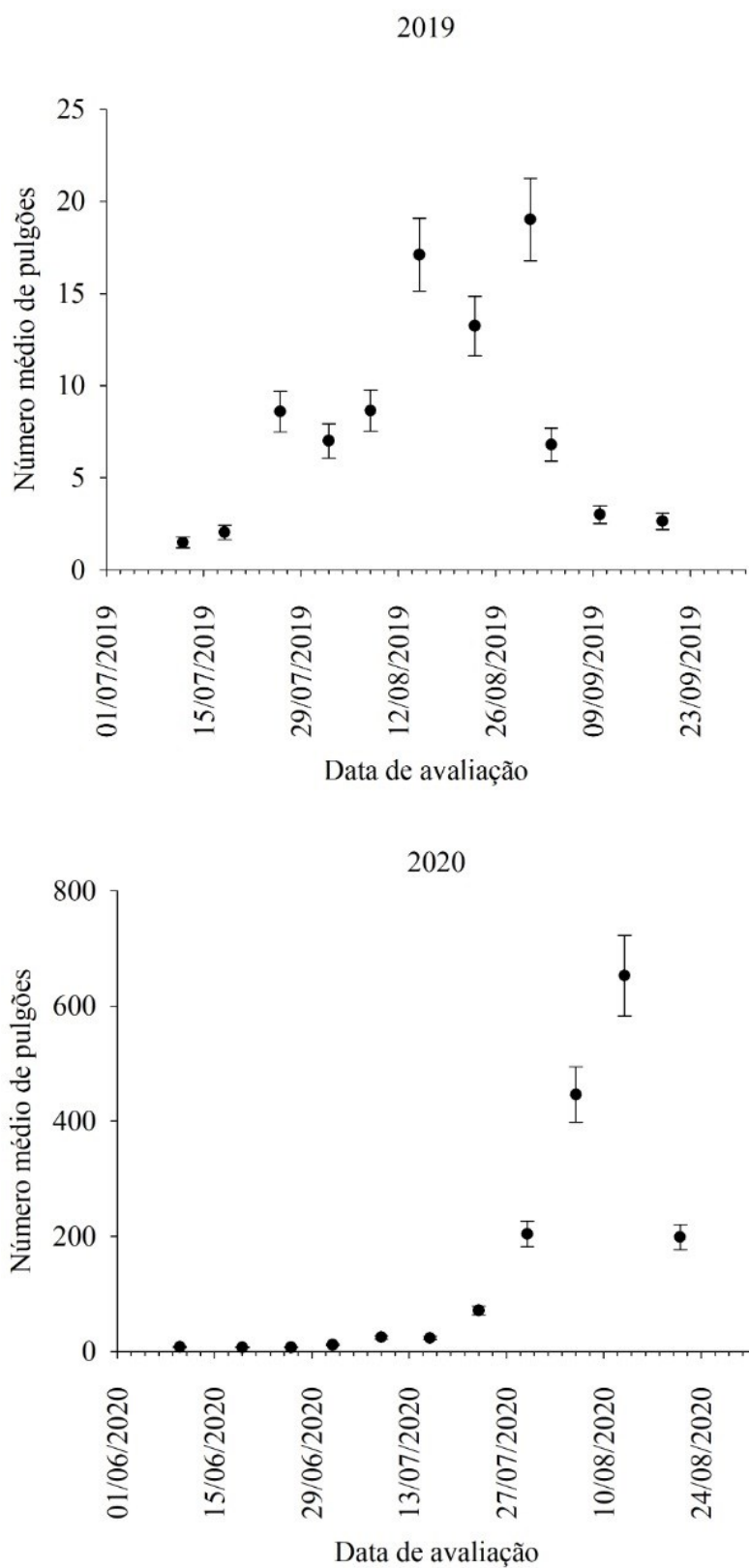


Figura 7. População semanal (pulgões/10 afilhos) de *Sitobion avenae* em plantas de trigo nas safras de 2019 e 2020, com a aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio e sucessão na mesma área das safras de trigo 2019, milho 2020 e trigo 2020.

5.4 Produtividade do trigo e do milho

Não houve interação para as sementeiras e doses de silicato de cálcio e magnésio aplicadas no solo para a produtividade ($F= 0,634$; $P= 0,642$) e para o peso hectolitro ($F= 0,088$; $P= 0,985$) do trigo. Também, não houve efeito nem das doses de silicato e nem da época de sementeira na produtividade (dose: $F= 1,248$; $P= 0,311$; sementeira: $F= 0,130$; $P= 0,727$) e no peso hectolitro (dose: $F= 0,330$; $P= 0,856$; sementeira: $F= 4,528$; $P= 0,066$) na cultura do trigo (Tabela 9 e 11).

Tabela 9. Quadro da Análise de Variância (ANOVA) para Análise Conjunta para produção e peso hectolitro na cultura do trigo com as sementeiras em sucessão na mesma área de trigo (2019), milho (2020) e trigo (2020) e a aplicação no solo de cinco doses de silicato de cálcio e magnésio.

Causas de variação	gl	Quadrado Médio	
		Produtividade	Peso Hectolitro
Sementeira (S)	1	87.237,0 ^{ns}	18,727 ^{ns}
Dose (D)	4	627.425,0 ^{ns}	2,952 ^{ns}
S*D	4	318.555,0 ^{ns}	0,791 ^{ns}
Resíduo	32	502.785,0	8,947
Bloco (ano)	8	668.885,0	4,136
Coeficiente de variação		17,32%	4,12%

gl: graus de liberdade. ns: Não significativo pelo teste F a ($p > 0.05$)

De forma análoga à produtividade do trigo, a produtividade do milho também não foi influenciada ($F= 0,235$; $P= 0,914$) pela aplicação de silicato de cálcio e magnésio no solo (Tabela 10 e 11).

Tabela 10. Quadro da análise de variância (ANOVA) para produtividade média da cultura do milho (2020) com as sementeiras em sucessão na mesma área de trigo (2019), milho (2020) e trigo (2020) e a aplicação de cinco doses de silicato de cálcio e magnésio no solo.

	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Produtividade	Dose	4	973141	243285	0,2353	0,91436 ^{ns}
	Bloco	4	219253	548133		
	Resíduo	16	165448	103405		
Coeficiente de variação				10,44%		

ns: Não significativo pelo teste F ($p > 0.05$).

Tabela 11. Produtividade média de trigo e do milho (kg ha^{-1}) e peso hectolitro do trigo diante a aplicação de silicato de cálcio e magnésio. UFU, Uberlândia, 2021.

Silício kg ha^{-1}	Cultura do Trigo	
	Produtividade ^{ns}	
	kg ha^{-1}	$(\text{sc ha}^{-1})^*$
0	3.695,0	(61,58)
400	4.187,0	(68,64)
600	4.088,0	(68,13)
800	4.111,0	(68,51)
1000	4.383,0	(73,05)
Média	4.092,0	(67,98)
Silício kg ha^{-1}	Produtividade do Milho ^{ns}	
	kg ha^{-1}	$(\text{sc ha}^{-1})^*$
	0	9.449,0
400	9.710,0	(161,8)
600	9.623,0	(160,4)
800	9.912,0	(165,2)
1000	9.996,5	(166,6)
Média	9.738,1	(163,7)

ns: Não Significativo pelo teste F ($p > 0.05$) *: Sacas de 60 kg

6 DISCUSSÃO

A aplicação de silicato de cálcio e magnésio aumentou a disponibilidade de Si no solo, aumentando a porcentagem de Si nas plantas de trigo e reduzindo a população de pulgões, *S. avenae*, tanto após 50 dias (semeadura trigo 2019) quanto após 375 dias (semeadura trigo 2020) da aplicação do silicato no solo. Porém, aumentos na concentração de Mg e do pH do solo foram encontradas com o aumento da dose de silicato aplicado e a produtividade de grãos, tanto de trigo quanto de milho não foram alteradas.

Para ser ter uma correta avaliação do efeito do Si na indução de resistência de plantas é preciso equilibrar, em todos os tratamentos, os teores no solo dos elementos fornecidos pela fonte de Si testada. Somente assim, é possível avaliar o efeito do Si sem a interferência de outros nutrientes e do pH do solo. No presente trabalho, com o uso de silicato de cálcio e magnésio, foi utilizado o calcário dolomítico para o equilíbrio de Ca e Mg, esperando-se, também, o equilíbrio do pH do solo. Apesar de ter havido equilíbrio do Ca, foi observado aumento dos níveis de Mg e do pH do solo com o aumento das doses de silicato. Contudo, os teores médios no solo de Ca (5,78 a 7,15 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e Mg (1,14 a 1,81 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) mantiveram-se em níveis adequados para solos do Cerrado e com o equilíbrio recomendado da relação Ca/Mg (SOUZA et al., 2004). Entretanto, o pH médio (6,62 a 6,95) manteve-se acima do limite adequado para o desenvolvimento da maioria das plantas cultivadas, e maior do que 6,5, o que pode desequilibrar a disponibilidade de micronutrientes para as plantas (ALVAREZ et al., 1999; SOUZA et al., 2004). Desta forma, apesar da evidente relação entre a redução da população de *S. avenae* com o aumento da dose de Si aplicada no solo, não se pode descartar o efeito da qualidade nutricional das plantas de trigo e dos índices crescentes do Mg e do pH do solo na redução populacional de *S. avenae*. Apesar da possibilidade de interferência de outros nutrientes da fonte de Si na população dos insetos, não é comum a verificação dos teores desses elementos no solo quando se avalia a indução de resistência de plantas a insetos pelo Si (BOER et al., 2019; LIMA 2018; OLIVEIRA, 2016; PERDOMO, 2017; RODRIGUES, 2020).

Os teores observados de Si disponível no solo, mesmo após mais de um ano da aplicação do silicato e a realização de três cultivos em sucessão, foram maiores do que os encontrados no tratamento controle e naquele obtido antes da aplicação do silicato. Desta forma, pode-se observar que a fonte de Si utilizada foi eficiente desde a primeira safra do

trigo e continuou reagindo no solo e disponibilizando o silício residual gradativamente. Com isso, foi observado que as plantas de trigo e milho absorveram maiores quantidades de Si do que as plantas do tratamento controle, respondendo de forma gradativa ao aumento do Si no solo. O teor de Si nas plantas de trigo cultivadas com a dose 1000 kg ha⁻¹ de Si chegou a ser 92% superior àquele observado nas plantas cultivadas sem adição de Si. Ressalta-se que a resposta de acúmulo de Si pelas plantas de trigo e milho no presente trabalho estão relacionadas, provavelmente, a baixa disponibilidade deste elemento no solo testado (6,2 mg kg⁻¹), já que plantas cultivadas em solos cujo teor de Si disponível é inferior a 8 mg dm⁻³ têm maior propensão a responder à aplicação de silicatos (KORNDORFER et al., 1999 e 2010)

O aumento do teor de Si nas plantas indica que houve indução de resistência nas plantas de trigo ao pulgão *S. avenae*, reduzindo a população de pulgões em ambas as safras de trigo (2019 e 2020). Em condições de campo é difícil determinar se a redução da população praga está relacionada a redução da capacidade biológica do inseto (antibiose) ou pela menor atratividade da planta (não-preferência). O aumento do teor de Si pode reduzir a população dos insetos pela maior atividade do sistema de defesa das plantas, promovendo a resistência por antibiose, visto que com a produção de maiores quantidades de compostos secundários promovida pelo Si, o desenvolvimento dos insetos pragas é prejudicado (MENDONÇA et al., 2013; YE et al., 2013; OLIVEIRA, 2016; BAKHAT et al., 2018). Para Ye et al. (2013), o Si reduz a população de pulgões devido ao aumento da atividade de enzimas associadas ao sistema de defesa vegetal, que está envolvido na ativação da rota do jasmonato, que, por sua vez, estimula a produção de compostos secundários prejudiciais ao desenvolvimento do herbívoro.

O efeito da não-preferência também pode ser associado à redução de populações de pulgões no campo. O efeito da não-preferência promovido pelo Si foi observado para *S. avenae* (DIAS et al., 2014) em trigo e para *Aphis aurantii* em cacauzeiro (PINTO et al., 2012), porém, esse tipo de resistência é de difícil avaliação no campo. Por isso, Boer et al. (2019) desenvolveram testes em condições de telado, simulando condições de campo, e concluíram que o efeito da não preferência foi determinante na redução da população do pulgão *R. maidis* em milho.

Foi possível observar que a aplicação de doses a partir de 400 Kg ha⁻¹ de Si solúvel reduziu a população de *S. avenae*, com a utilização de silicato de cálcio e magnésio como

fonte de Si. A redução na população de *S. avenae* em condições de campo pela indução de resistência em plantas de trigo com doses menores (200 kg ha^{-1} de Si) de Si do que as testadas no presente trabalho foi observado com a utilização de uma fonte de alta solubilidade (silicato de potássio) (OLIVEIRA, 2016). Porém, a indução de resistência pela fonte menos solúvel, silicato de cálcio e de magnésio, aparentemente, depende de doses maiores de Si. Por exemplo, o uso silicato de cálcio e magnésio na dose de 493 Kg ha^{-1} de Si total, não reduziu a população deste pulgão em campos de trigo (REZENDE, 2018). Porém, a utilização de silicato de cálcio e magnésio na dose de 400 Kg ha^{-1} de Si total foi suficiente para reduzir a população do pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani) em dois genótipos de sorgo, contudo, para outros dois genótipos testados não foi encontrada redução na população deste pulgão com o uso do silicato (LIMA, 2018). Já para insetos mastigadores, o uso de silicato de cálcio e magnésio em doses a partir de 600 Kg ha^{-1} de Si total foram necessárias para diminuir a desfolha por *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em campos de milho (PERDOMO, 2017; RODRIGUES, 2020).

O aumento da produtividade de grãos de trigo pode ter sido obtido em consequência da redução da população de *S. avenae*, a qual se deu em decorrência da aplicação de silicato de cálcio e magnésio no solo. Porém, não houve efeito da aplicação do Si nem na produtividade do trigo e nem do milho. Oliveria (2016) encontrou redução de *S. avenae* e aumento de $2,28 \text{ kg}$ de grãos de trigo a cada 1 kg ha^{-1} de Si adicionado ao solo e Mendonça et al. (2013) observou que a aplicação de 1.720 kg ha^{-1} de Si no solo (via caulim e cinza de casca de arroz) acresceu significativamente o número e rendimento de grãos de trigo. Porém, a ausência do efeito do Si na produção de grãos, mesmo com redução da população de pragas, é frequentemente relatada (BOER et al., 2019; LIMA 2018; OLIVEIRA, 2016; PERDOMO, 2017; RODRIGUES, 2020).

O silicato de cálcio e magnésio em doses a partir de 400 Kg ha^{-1} de Si solúvel, mesmo após mais de um ano de sua aplicação no solo, se mostrou uma ferramenta útil para reduzir a população de *S. avenae*, contribuindo para o manejo integrado de pragas da cultura do trigo.

7 CONCLUSÕES

A aplicação no solo de silicato de cálcio e magnésio em doses a partir de 400 kg ha⁻¹ induziu resistência em plantas de trigo semeadas tanto 50 quanto 375 dias após a aplicação do silicato, reduzindo a população do pulgão *S. avenae* (Fabricius) em condições de campo, porém, sem influenciar a produtividade de grãos de trigo e milho.

REFERÊNCIAS

- ABITRIGO – Associação Brasileira da Indústria de Trigo. Farinha de Trigo. Copyrights, São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/conhecimento/a-farinha-de-trigo/>. Acesso: 08 mar. 2021.
- ALBRECHT, J. C.; SOARES SOBRINHO, J.; SÓ E SILVA, M.; CHAGAS, J. H.; CAIERÃO, E.; SCHEEREN, P. L.; EICHELBERGER, L.; MIRANDA, M. Z. de; ANDRADE, S. R. M. de; SUSSEL, A. A. B.; DIANESE, A. de C.; CASTRO, R. L. de; FRONZA, V.; MORESCO, E. R. Trigo BRS 394 - nova cultivar para o cerrado. *In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE*, 10., 2016, Londrina. **Anais [...]**. Londrina: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2016. 5 p. 1 CD-ROM.
- ALI, SHAHZAD; XU, YUEYUE; JIA, QIANMIN; AHMAD, IRSHAD; TING, WEI; REN, XIAOLONG; ZHANG, PENG; RUIXIA, DIN; LAÇO, CAI; JIA, ZHIKUAN. Cultivation techniques combined with déficit irrigation improves winter wheat photosynthetic charecteristics, dry matter translocations and water use efficiency under simulated rainfall conditions. **Agricultural Water Management**, [s. l.], v. 201, p. 207-218. 31 mar. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.01.017>.
- ALMEIDA, A. C. L., SILVA, L. P.; JESUS, F. G.; NOGUEIRA, L.; SOUZA NETO, M.; CUNHA, P. C. R. Efeito de indutores de resistência em híbridos de milho na atratividade do pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae). **Revista Agrarian**, Dourados, v. 8, n. 27, p. 23-29, 2015.
- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- ALVAREZ, V. H. A.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. *In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a Aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 1999. p. 143-167.
- ALVES, B. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BURIN, C. TOEBE, M.; SILVA, L. P. Divergência genética de milho transgênico em relação à produtividade de grãos e à qualidade nutricional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 5, p. 884-891, maio 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140471>.
- ANTUNES, P. I. C. **Aplicação do método da capacidade de retenção de solventes na determinação da qualidade de farinhas panificáveis**. Lisboa, 2014, 76f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova, Lisboa, 2014.
- BAKHAT, H.S.F.G.; BIBI, N.; ZIA, Z.; ABBAS, S.; HAMMAD, H.M.; FAHAD, S.; ASHRAF, M.R.; SHAH, G.M.; RABBANI, F.; SAEED, S. Silicon mitigates biotic stresses in crop plants: A review. **Crop Protection**, [s. l.], v. 104, p. 21-34, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.008>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219417302946?via%3Dihub>. Acesso em: 23 mar. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.008>.

BARETTA, D.; NARDINO, M.; CARVALHO, I. R.; PELEGRIN, A. J.; FERRARI, M.; SZARESKI, V. J.; BARROS, W. S.; SOUZA, V. Q.; OLIVEIRA, A. C.; MAIA, L. C. Estimates of genetic parameters and genotypic values prediction in maize landrace populations by REML/BLUP procedure. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 2, p. 1-14, 2017. <https://doi.org/10.4238/gmr16029715>.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J.G. **A Cultura do Milho**. Évora: Universidade de Évora, Escola de Ciência e Tecnologia e Departamento de Fitotecnia, 2014. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/10804/1/Sebenta-milho.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2021.

BAUMGRATZ, E. I.; MERA, C. M. P. D.; FIORIN, J.; DE CASTRO, N. L. M.; DE CASTRO, R. Produção de trigo. A decisão por análise econômico-financeira. **Revista de Política Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 8-21, 2017.

BOER, C. A., SAMPAIO, M. V., PEREIRA, H. S. Silicon-mediated and constitutive resistance to *Rhopalosiphum maidis* (Hemiptera: Aphididae) in corn hybrids. **Bulletin of Entomological Research**, v. 119, n. 3, p. 356–364, 2019. <https://doi.org/10.1017/S0007485318000585>.

CAO, B.; MA, Q.; ZHAO, Q.; WANG, L.; XU, K. Effects of silicon on absorbed light allocation, antioxidant enzymes and ultrastructure of chloroplasts in tomato leaves under simulated drought stress. **Sci. Hort**, v. 194, p. 53–62, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.07.037>

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra Brasileira: Produção e balanço de oferta e demanda grãos. Boletim – março de 2021. v.8– Safra 2020/21, n.6 - Sexto levantamento, Brasília, p. 1-106, ed. Sumac, ISSN: 2318-6852. Disponível em < https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/36194_8144bfc95d544b42d23ab308b7016813 > Acesso: 12 mar. 2021.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra Brasileira: décimo segundo levantamento. Boletim -- setembro 2020. v. 7 - Safra 2019/20, n.12, Brasília, p. 1-33, ed. Sumac. ISSN 2318 6852. Disponível em < https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/33172_abb800f121502edc4c1c562149aabb3e > Acesso: 12 mar. 2021.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R; V.; MENDES, S. M. **Milho**: caracterização de desafios tecnológicos. [Brasília, DF: Embrapa; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo], 2019.

DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. 403p.

DE MORI, C. Aspectos Econômicos da Produção e Utilização. *In*: BÓREM, A.; SCHEEREN, P. L. **Trigo**: do plantio à colheita. 22. ed. [S. l.]: UFV, 2015. p. 260.

DIAS, P. A. S.; SAMPAIO, M. V.; RODRIGUES, M. P.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. Induction of resistance by silicon in wheat plants to alate and

- apterous morphs of *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, v. 43, n. 4, p. 949-56. ed. [S. l.] 2014. <https://doi.org/10.1603/EN13234>.
- DOS SANTOS, M.; JUNQUEIRA, A. R.; DE SÁ, V. M.; ZANÚNCIO, J.; SERRÃO, J. Effect of silicon on the morphology of the midgut and mandible of tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) larvae. **Invertebrate Survival Journal**, Modema, v. 12, p. 158–165, maio 2015.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2009. 306p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.
- TRIGO - BRS 394. Brasília, DF, 2015. Portal: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/2076/trigo---brs-394>. Acesso em: 15 fev. 2021.
- FILGUEIRAS, C. C., MORAES, J. C., SANTOS, F. A., & LOPES, A. T. Avaliação do tempo de indução de resistência ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo tratadas com ácido silícico. **Brazilian Journal of Agriculture - Revista de Agricultura**, v. 86, n. 1, p. 24-31, 2011. <https://doi.org/10.37856/bja.v86i1.77>.
- GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. 2. ed., ISBN: 9788572695831, p. 1-382, UFV, 2017.
- GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; NERI, D. K. P. Adubação com silício como fator de resistência a insetos-praga e promotor de produtividade em cultura de batata-inglesa em sistema orgânico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n 1, p. 18-23, jan./fev. 2009. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000100002>.
- GOMES, F.P.; GARCIA, C.H. 2002. Análise de grupos de experimentos. In: GOMES, F. P. E.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 169-192.
- GUALBERTO, C. A.C. **Subprodutos industriais como fontes de silício e condicionadores de solos tropicais em cultivo de arroz inundado**. Uberlândia: UFU, 2018. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.747>. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/21430/3/SubprodutosIndustriaisFontes.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- GURR, G. M.; KVEDARAS, O. L. Synergizing biological control: scope for sterile insect technique, induced plant defences and cultural techniques to enhance natural enemy impact. **Biological control**, Orlando, v. 52, p. 198-207, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.02.013>.
- HAGHIGHI, M.; PESSARAKLI, M. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. **Scientia Horticulturae**, v. 161, p. 111–117, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.06.034>.

- HARTLEY, S. E.; FITT, R. N.; MCLARNON, E.L.; WADE, R.N. Defending the leaf surface: intra- and inter-specific differences in silicon deposition in grasses in response to damage and silicon supply. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. 35, p. 1-8, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00035>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2015.00035/full>. Acesso em: 3 mar. 2021.
- HERNANDEZ, A. L. Can silicon partially alleviate micronutrient deficiency in plants? a review. **Planta**, [s. l.], v. 240, p. 447–458. 2014. <https://doi.org/10.1007/s00425-014-2119-x>.
- KELLER, C.; RIZWAN, M.; DAVIDIAN, J. C.; POKROVSKY, O. S.; BOVET, N.; CHAURAND, P. MEUNIER, J. J. D. Effect of silicon on wheat seedlings (*Triticum turgidum* L.) grown in hydroponics and exposed to 0 o 30 μ M Cu. **Planta**, v. 241, p. 847-860, 2015. <https://doi.org/10.1007/s00425-014-2220-1>.
- KORNDORFER, G. H. Elementos benéficos. *In*: FERNANDES, M. S. (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. CDD 22.ed. 631.811, p. 355-374.
- KORNDÖRFER, G. H. **Uso do Silício na Agricultura**. Uberlândia: ICIAG, 2015.
- KORNDÖRFER, G. H.; ARANTES, V. A.; CORRÊA, G. F.; SNYDER, G. H. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 3, p. 635-641, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0100-06831999000300017>.
- KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSiICIAG-UFU, 2004. 39 p.
- KORNDÖRFER, G. H.; NOLLA, A.; OLIVEIRA, L. A. **Silício no solo e na planta**. 2. ed. Uberlândia: UFU-GPSi-ICIAG, 2004.
- KORNDÖRFER, G.H.; SILVA, G.C.; TEIXEIRA, I.R.; SILVA, A.G.; FREITAS, R. S. Efeito da adubação silicatada sobre gramíneas forrageiras e características químicas do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 119- 125, 2010. <https://doi.org/10.5216/pat.v40i2.3922>.
- KIM, Y.H.; KHAN, A.L.; KIM, D.; LEE, S.Y.; KIM, K.M.; WAQAS, M.; JUNG, H.; SHIN, H.; KIM, J.; LEE, I. Silicon mitigates heavy metal stress by regulating P-type heavy metal ATPases, *Oryza sativa* low silicon genes, and endogenous phytohormones. **BMC Plant Biology**, v. 14, n. 9, jan. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2229-14-13>. Disponível em: <https://bmcplantbiol.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1471-2229-14-13.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2021. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-14-13>.
- LANZARINI, D. P. **Controle de qualidade aplicado a farinha de trigo panificável produzida em moinhos do estado do Paraná**. Francisco Beltrão, 2015, 30 f. Monografia (Especialização em Gestão da Qualidade na Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica do Paraná, Francisco Beltrão, 2015.
- LIANG, Y.; NIKOLIC, M.; BELANGER, R.; HAIJUN, G.; SONG, A. **Silicon in Agriculture: from theory to practice**. Dordrecht: Springer, 2015.
- LIMA, D. T. **Silício na produtividade e na indução de resistência direta e indireta do sorgo aos pulgões**. 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade

- Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2018.471>. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/21623/1/Sil%c3%adicioProdutividadeIndu%c3%a7%c3%a3o.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2021.
- LIU, J.; ZHU, J.; ZHANG, P.; HAN, L.; REYNOLDS, O.L.; ZENG, R.; WU, J.; SHAO, Y.; YOU, M.; GURR, G.M. Silicon supplementation alters the composition of herbivore induced plant volatiles and enhances attraction of parasitoids to infested rice plants. **Front Plant Science**, v. 8, p. 1-8, 2017. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01265>.
- LUYCKX, M., HAUSMAN, J. F., LUTTS, S., and GUERRIERO, G. Silicon and plants: current knowledge and technological perspectives. **Plant Science**. v. 8, n. 411, p. 1-8, March 2017. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00411>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.00411/pdf>. Acesso em: 05 jan. 2021.
- MANIVANNAN, A.; AHN, Y.K. Silicon regulates potential genes involved in major physiological processes in plants to combat stress. **Frontiers in plant science**, n. 8, v. 1346, p. 1-13, 2017. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01346>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01346/pdf>. Acesso em: 05 jan. 2021.
- MARAFON, A. C.; ENDRES, L. Silicon: fertilization and nutrition in higher plants. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, n. 4, p. 380–388, out./dez. 2013. DOI: 10.4322/rca.2013.057. Disponível em: <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2013.057>. Acesso em: 05 jan. 2021. <https://doi.org/10.4322/rca.2013.057>.
- MENDONÇA, A. O.; TAVARES, L. C.; BRUNES, A. P.; MONZÓN, D. L. R.; VILLELA, F. A. Acúmulo de silício e compostos fenólicos na parte aérea de plantas de trigo após a adubação silicatada. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1154-1162, set./out. 2013.
- MORAES, J. C., GOUSSAIN, M. M., VILELA, M., & PRADO, E. Comportamento de prova do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo tratadas com silício e dimetoato. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 1, 2013.
- OLIVEIRA, R. S. **Silício na indução de resistência à *Sitobion avenae* (Fabricius, 1775) (Hemiptera: Aphididae), na produtividade do trigo e na produção de voláteis**. 2016. 90 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.
- OLIVEIRA, R.S. DE; PEÑAFLORES, M.F.G.V.; GONÇALVES, F.G.; SAMPAIO, M.V.; KORNDÖRFER, A.P.; SILVA, W.D. *et al.* Silicon-induced changes in plant volatiles reduce attractiveness of wheat to the bird cherry-oat aphid *Rhopalosiphum padi* and attract the parasitoid *Lysiphlebus testaceipes*. **PLoS ONE**, v. 15, n. 4, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231005>. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/42984>. Acesso em: 14 fev. 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231005>.
- PERDOMO, D. N.; SAMPAIO, M. V.; CELOTO, F. J. **Doses de silício na produtividade e na indução de resistência de plantas de milho a *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2017. 39 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

PEREIRA, P. R. V. S.; JÚNIOR, A. L. M.; LAU, D.; PANIZZI, A. R.; SALVADOR, J. R. *In: Livro técnico: trigo: do plantio à colheita*. 22. ed. Viçosa, MG: UFV, 2015. p. 185-202.

PINTO, D. G.; AGUILAR, M. A. G.; SOUZA, C. A. S.; SILVA, D. M.; SIQUEIRA, P. R.; CAO, J. R.; ZANETTI, L. V. Alterações fisiológicas após aplicação de silício em cacau e sua influência na preferência por pulgões. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 360-367, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000300010>.

POZZA, E. A.; ADÉLIA, A. A. P.; DEILA, M. D. S. B. Silicon in plant disease control. **Revista Ceres**, [S. l.], v. 62, p. 323-331, 2015. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562030013>.

REBONATTO, A.; SALVADORI, J. R.; LAU, D. Temporal changes in cereal aphids (Hemiptera: Aphididae) populations in Northern Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 7, n. 10, p. 71-78, 2015. <https://doi.org/10.5539/jas.v7n10p71>.

REIS, T. H. P.; GUIMARÃES, P. T. G.; FIGUEIREDO, F. C.; POZZA, A. A. A.; NOGUEIRA, F. D.; RODRIGUES, C. R. **O silício na nutrição e defesa de plantas**. Belo Horizonte.: EPAMIG, 2007.

RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S. B. de; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4. ed. Viçosa: NEPUT, 2002. 338p

REYNOLDS, O. L., PADULA, M. P., ZENG, R., AND GURR, G. M. Silicon: potential to promote direct and indirect effects on plant defense against arthropod pests in agriculture. **Front. Plant Science**, v. 7, n. 744, 2016. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00744>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4904004/pdf/fpls-07-00744.pdf>. Acesso em: 24 mar.2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00744>.

REZENDE, G F. **Atividade de silício na produtividade e na indução de resistência de gramíneas ao ataque de pragas**. 2018. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

REZENDE, G. F.; SAMPAIO, M. V; MACHADO, B. Q. V; LIMA, D. T.; PERDOMO, D. N; CELOTO, F. J.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; SILVA, E. J. M.; OLIVEIRA, R. S.; PEREIRA, H. S. Effect of silicon on aphid populations and wheat yield in Minas Gerais, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 41, n. 6, p. 2481-2494, nov./dez. 2020. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6p2481>.

RODRIGUES, A. A. R. **Silício e herbivoria no metabolismo e resistência induzida em milho e sorgo**. 2020. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. DOI: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2021.6009>. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/31649>. Acesso em: 29 mar. 2021.

RODRIGUES, J. H. V., ANGELINI, M. R., CANUTO, R. S. O., FIGUEIREDO, K. M. E., BORGES, T. T. N. Influência de diferentes doses de silício na indução de resistência à lagarta militar, *Spodoptera frugiperda*, em feijoeiro. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOSSANIDADE*, 2017, Uberlândia. **Anais** [...]. ISSN: 2675-0775, Uberlândia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, 2017.

- SALVADORI, J. R.; LAU, D.; PEREIRA, P. R. V. da S. **Cultivo de trigo: Pragas e métodos de controle (Sistema de Produção)**. Brasília, DF, 2009. Portal: Embrapa. Disponível em:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1022691/1/ID430712015trigodoplan tioacolheitacap9.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021
- SALVADORI, J. R.; TONET, G. E. L. **Manejo integrado dos pulgões do trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 52 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 34).
- SAMPAIO, M. V., FRANCO, G. M., LIMA, D. T., OLIVEIRA, A. R. C., SILVA, P. F., SANTOS, A. L. Z., RESENDE, A.V.M., SANTOS, F.A.A., GIRÃO, L. V. C. Plant silicon amendment does not reduce population growth of *Schizaphis graminum* or host quality for the parasitoid *Lysiphlebus testaceipes*. **Neotropical Entomology**, [S. l.], v. 49, n. 745-757, 2020. <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00775-w>.
- SANTOS, G. A. Silício na produção de cana-de-açúcar. 2017. 111 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2017.69>. Disponível em:
<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19796/1/SilicioProducaoCanaAcucar.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2021.
- SAVANT, N. K.; SNYDER, G. H., DATNOFF, L. E. Silicon management and sustainable rice production. **Advances in Agronomy**, [S.l.], v. 58, p.151-199, 1997. DOI: 10.1016/S0065-2113(08)60255-2. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211308602552>. Acesso em: 28 mar. 2021. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60255-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60255-2).
- SCHEUER, M. P.; FRANCISCO, A.; MIRANDA, Z. M.; LIMBERGER, M. V. Trigo: características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 211-222, 2011. <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v13n2p211-222>.
- SCHEREN, P. L.; CASTRO, R. L.; CAIERÃO, E. In: **Livro técnico: Trigo: do plantio à colheita**. 22. ed. Viçosa, MG: UFV, 2015. p. 35-55.
- SINGH, A.; KUMAR, A.; HARTLEY, S., SINGH, I. K. Silicon: its ameliorative effect on plant defense against herbivory. **Journal of Experimental Botany**, 27 June, 2020. DOI: 10.1093/jxb/eraa300. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32591824/>. Acesso em: 03 jan. 2021.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Cerrado, 2004.
- STOETZEL, M. B.; MILLER, G. L. Aerial feeding aphid of corn in the United States with reference of the roor-feeding *Aphis maidiradicis* (Homoptera: Aphididae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 84, n. 1, p. 83-98, 2001. <https://doi.org/10.2307/3496667>.
- USDA. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **Databases: production, supply and distribution online**. Disponível em:
<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>. Acesso: 12 mar. 2021.

VOSS-FELS, K.; FRISCH, M.; QIAN, L.; KONTOWSKI, S.; FRIEDT, W.; GOTTWALD, S.; SNOWDON, R. J. Subgenomic diversity patterns caused by directional selection in bread wheat gene pools. **The Plant Genome**, v. 8, n. 2, p. 1195 – 1206, 2015. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2015.03.0013>.

WANG, M.; GAO, L.; DONG, S.; SUN, Y.; SHEN, Q.; GUO, S. Role of silicone on plant-pathogen interactions. **Frontiers in plant science**, v. 8, n. 701, p. 1-14, 2017. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00701>.

YE, M.; SONG, Y.; LONG, J.; WANG, R.; BAERSON, S. R.; PAN, Z.; ZHU-SALZMAN, K.; XIE, J.; CAI, K.; LUO, S.; ZENG, R. Priming of jasmonate-mediated antiherbivore defense responses in rice by silicon. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 110, n. 38, p. 3631-3639, 2013. <https://doi.org/10.1073/pnas.1305848110>.