

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

GABRIEL FERNANDES REZENDE

ATIVIDADE DE SILÍCIO NA PRODUTIVIDADE E NA INDUÇÃO DE  
RESISTÊNCIA DE GRAMÍNEAS AO ATAQUE DE PRAGAS

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2018



GABRIEL FERNANDES REZENDE

ATIVIDADE DE SILÍCIO NA PRODUTIVIDADE E NA INDUÇÃO DE  
RESISTÊNCIA DE GRAMÍNEAS AO ATAQUE DE PRAGAS

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

Orientador

Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio

Co-orientador

Prof. Dr. Fernando Juari Celoto

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2018

GABRIEL FERNANDES REZENDE

ATIVIDADE DE SILÍCIO NA PRODUTIVIDADE E NA INDUÇÃO DE  
RESISTÊNCIA DE GRAMÍNEAS AO ATAQUE DE PRAGAS

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

APROVADA em 23 de Fevereiro de 2018.

Prof. Dr. Fernando Juari Celoto  
(co-orientador) UFU

Prof. Dr. Carlos Juliano Brant Albuquerque UFMG

Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado UFU

Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio  
ICIAG-UFU  
(Orientador)

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2018

Aos meus pais, Gilda e Gecimar e meu irmão, Gregório.

À minha eterna namorada, Beliza

**DEDICO**



















compostos fenólicos, lignina, peroxidase e outras enzimas responsáveis pela resposta ao estresse (BOWEN et al., 1992; dos SANTOS et al., 2015; MENZIES et al., 1991; DIAS et al., 2014; GOUSSAIN et al., 2002, 2005; CHÉRIF et al., 1994; Fawe et al., 1998; EPSTEIN, 1999).

A hipótese de que o Si poderia induzir resistência de planta às condições desfavoráveis, foi levantada pela primeira vez em publicação datada de 1940, quando plantas de pepino fertilizadas com Si sofreram menores danos por ataque do míldio, pois criou-se uma barreira física que dificultou a penetração da estrutura infectiva do fungo, ressaltando a resistência (WAGNER, 1940).

Visando observar a formação da barreira física em plantas de trigo, Bélanger et al. (2003) utilizaram de análises citológicas e ultra-estruturais. Porém, esses autores observaram que, por vezes, a infecção ocorreu antes da formação da barreira física, mas ainda assim esporos de oídio foram controlados pela indução do Si à formação de papilas, produção de calose e liberação de glicosilato fenólico, que se acumularam próximo à parede celular e ao haustório do fungo. Pesquisas seguintes mostraram que o Si atua como elicitador de defesa química das plantas, aumentando a produção de compostos de defesa, como os jasmonatos, que são marcadores de plantas sobre herbivoria (FAUTEUX et al., 2005).

O Si pode ainda atuar sobre o terceiro nível trófico, os inimigos naturais, alterando a composição dos voláteis liberados pela planta, que agem como semioquímicos, podendo atrair predadores e parasitoides (AMENT et al., 2004; BECKER et al., 2015; MUMM; DICKE, 2010).

O efeito do Si foi constatado em diversa gama de plantas, pragas e doenças. Por exemplo, em dicotiledôneas como pepino, abóbora e videira, teve efeito sobre os patógenos *Sphaerotheca fuliginea* (Schlecht. ex Fr.) Poll e *Uncinula necator* (Schwein) Burrill (BOWEN et al., 1992; CHÉRIF; BÉLANGER, 1992; MENZIES et al., 1991) e nas monocotiledôneas como arroz, trigo e milho, sobre as pragas *Sogatella furcifera* (Horváth, 1899), *Sitobion avenae* (Fabricius) e *Spodoptera frugiperda* (Smith) (KIN; HEINRICHS, 1982; OLIVEIRA, 2016; GOUSSAIN, 2001).

Diante do exposto, o trabalho tem por objetivo avaliar os efeitos da aplicação de Si via foliar em plantas de milho e via solo em plantas de trigo, sobretudo na indução de resistência a *S. frugiperda* e *S. avenae*.



A disponibilização de Si 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 em escórias básicas de siderurgia, na forma de silicatos de cálcio e magnésio, com possibilidade de serem utilizados como corretivos de solo devido à sua basicidade (DATNOFF, 2001; KORNDORFER; DATNOFF, 1995; PIAU, 1995).

Ainda não são padronizados valores de recomendação da aplicação de Si, uma vez que não foi constatada até então efeito tóxico do elemento, o que limitaria as doses máximas. Entende-se que a aplicação de maiores quantidades de fontes de Si possibilita melhores respostas de plantas e, portanto, os fatores limitantes das doses são 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).

Para determinar um material como fonte de Si, espera-se que este tenha elevada concentração de Si solúvel, alta solubilidade, pronta disponibilidade para as plantas, boa relação e quantidades de cálcio e magnésio, baixa concentração de metais pesados e baixo custo (REIS et al., 2007). A utilização de fontes alternativas de Si para correção de solo, como as escórias, apresenta uma finalidade para estes resíduos siderúrgicos. O material, de acordo com pesquisadores, é capaz não só de corrigir a acidez do solo na mesma proporção que o calcário, mas também de disponibilizar nutrientes para as plantas, podendo atribuir ainda maior produtividade (BARNETTE, 1926; CRANE, 1930; GOMES; GARGANTINI, 1965; MACINTYRE et al., 1945; PIEERE, 1930; VALADARES et al., 1974).

A absorção do Si pelas plantas ocorre em sua maioria por transporte passivo com o ácido monossilícico acompanhando a entrada de água, podendo em algumas plantas da família Poaceae, ocorrer via fluxo transpiratório. A longas distâncias no interior da planta, o transporte se limita aos vasos do xilema, depositando grandes quantidades de Si nesta região, evitando sua compressão em ocasiões de elevada transpiração. Após a absorção, a água é evaporada e o Si é depositado na forma insolúvel de sílica-gel no tecido da planta, não translocando para tecidos mais novos (BALASTRA, et al., 1989; JONES; HANDRECK, 1967; RAVEN, 1983; MA; TAKAHASHI, 1990ab; MIYAKE; TAKAHASHI, 1983; PARRY; SMITHSON, 1964).

O transporte de Si das raízes médias para o xilema ocorre, segundo Mitani e Ma (2005), por transporte ativo e passivo, uma vez que plantas submetidas a inibição metabólica por 2,4-D, cianeto de potássio ou baixas temperaturas, apresentaram inibição



































## 2. OBJETIVOS

Avaliar a indução de resistência por produtos formulados com silício a *S. frugiperda* em plantas de milho.

- Hipótese nula (H0): a adubação com os produtos formulados com silício não induz resistência a *S. frugiperda* em milho.

- Hipótese alternativa (H1): a adubação com os produtos formulados com silício induz resistência a *S. frugiperda* em milho.

Avaliar a adubação com os produtos formulados com silício na atratividade de plantas de milho ao predador *D. luteipes*.

- Hipótese nula (H0): a adubação com os produtos formulados com silício não atrai o predador.

- Hipótese alternativa (H1): a adubação com os produtos formulados com silício atrai o predador.































## 6. CONCLUSÕES

A aplicação foliar de produtos formulados com Si em plantas de milho não induz resistência a *S. frugiperda*.

A aplicação foliar do produto 3, formulado com Si, estimula a fotossíntese e a transpiração em plantas de milho.

A aplicação foliar de produtos formulados com Si em plantas de milho não aumenta a produtividade e os demais caracteres agronômicos do milho.













Assim sendo, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da adubação silicatada via solo na indução de resistência de plantas de trigo aos pulgões, na atratividade de inimigos naturais e nos aspectos produtivos da cultura.

## 2. OBJETIVOS

Avaliar a indução de resistência pela aplicação via solo de silício a pulgões em plantas de trigo.

- Hipótese nula (H0): a adubação silicatada não induz resistência a pulgões em trigo.

- Hipótese alternativa (H1): a adubação silicatada induz resistência a pulgões em trigo.

Avaliar a adubação silicatada na atratividade de plantas de trigo aos parasitoides de pulgões.

- Hipótese nula (H0): a adubação silicatada não atrai o parasitoide.

- Hipótese alternativa (H1): a adubação silicatada atrai o parasitoide.

Avaliar o efeito da adubação silicatada nos caracteres agronômicos do trigo.

- Hipótese nula (H0): a aplicação de silício via solo não interfere nos caracteres agronômicos da cultura do trigo.

- Hipótese alternativa (H1): a aplicação de silício via solo interfere nos caracteres agronômicos da cultura do trigo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em três localidades no Estado de Minas Gerais, duas em Uberlândia e uma em Montes Claros. Em Uberlândia, foi realizado na fazenda experimental Capim Branco, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) ( $18^{\circ} 52' 02,88''$ S;  $48^{\circ} 20' 33,65''$ W e 822 m de altitude) e na área experimental da Fazenda Sobradinho, do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) ( $18^{\circ} 45' 59,20''$ S;  $48^{\circ} 17' 43,94''$ W e 642 m de altitude). Já em Montes Claros, foi na área experimental da Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro (FEHAN), do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) ( $16^{\circ} 41' 00,88''$ S;  $43^{\circ} 50' 23,78''$ W e 626 m de altitude). A classificação climática das duas cidades onde foram instalados os experimentos é Aw segundo Köppen, ou seja, clima tropical com estação chuvosa no verão e nítida estação seca no inverno, com precipitação superior a 780 mm anuais, atingindo 1800 (KÖPPEN, 1948).

Os dados climáticos para a temperatura média semanal e precipitação semanal acumulada para Uberlândia foram obtidos da estação meteorológica da Fazenda Capim Branco, a 310 metros do experimento e da estação do Campus Santa Mônica, uma vez que o IFTM não apresenta estação meteorológica. Os dados climáticos de Montes Claros foram obtidos na estação meteorológica da UFMG, a 500 metros do experimento (Figura 1).







### 3. RESULTADOS

#### *Número de pulgões e múmias*

As avaliações de pulgões levaram em conta as espécies encontradas, que foram identificadas e quantificadas separadamente, sendo estas *S. avenae*, *Schizaphis graminum* (Rond.) e *Rhopalosiphum padi* (L.). Apenas *S. avenae* apresentou alta população nas três localidades e, por isso, foi possível incluir os três locais nas análises estatísticas para essa espécie de pulgões. Já para *S. Graminum*, somente na UFMG (Montes Claros) foi possível analisar estatisticamente o número de pulgões por afilho, uma vez que nos dois locais em Uberlândia (UFU e IFTM) essa espécie de pulgões foi encontrada em números baixos. Os indivíduos da espécie *R. padi* apareceram esporadicamente e em baixas populações, sendo desconsiderados em relação às análises estatísticas. Tanto na UFU quanto no IFTM, o somatório das populações de *S. graminum* e *R. padi* representaram aproximadamente 3% da população total de pulgões por avaliação, sendo que na UFMG a população de *R. padi* representou, em média, menos 1% do total de pulgões.

Para o número de *S. avenae* por afilho não houve interação dos fatores aplicação de Si, cultivar e locais (F= 0,232; P= 0,7937), nem interação dos fatores Si e cultivar (F= 0,031; P= 0,8619) ou dos fatores Si e local (F= 1,022; P= 0,3680). O Si não influenciou a população de *S. avenae* (F= 0,172; P= 0,6802) (Tabela 1). A interação dos fatores local e cultivar porém, se mostrou significativa (F= 4,973; P= 0,0112).

Em relação aos locais pode-se afirmar que na UFU obteve-se maiores populações do pulgão *S. avenae* por afilho nas duas cultivares testadas, seguida pelo IFTM e o local com menor média de *S. avenae* por afilho foi a UFMG (F= 139,375; P< 0,0001) (Tabela 2).









**Tabela 7.** Teor de Si (média  $\pm$  erro padrão) em dois cultivares de trigo tratados ou não com silício via solo em três locais de produção no estado de Minas Gerais, Fazenda Capim Branco (UFU) e área experimental do IFTM, no município de Uberlândia e área experimental da UFMG em Montes Claros.

<b>Local</b>	<b>Silício</b>	<b>Cultivar</b>		
		<b>BRS 264</b>	<b>BRS 394</b>	<b>Média</b>
<b>UFU</b>	<b>Com</b>	1,79 $\pm$ 0,30 A	1,42 $\pm$ 0,28 A	1,60 $\pm$ 0,20 c
	<b>Sem</b>	1,52 $\pm$ 0,16 A	1,24 $\pm$ 0,23 A	1,38 $\pm$ 0,14 d
<b>IFTM</b>	<b>Com</b>	3,41 $\pm$ 0,32 A	3,45 $\pm$ 0,44 A	3,43 $\pm$ 0,26 a
	<b>Sem</b>	2,48 $\pm$ 0,28 A	3,41 $\pm$ 0,64 A	2,95 $\pm$ 0,36 b
<b>UFMG</b>	<b>Com</b>	2,49 $\pm$ 0,14 A	2,34 $\pm$ 0,13 A	2,41 $\pm$ 0,09 c
	<b>Sem</b>	2,25 $\pm$ 0,14 A	1,96 $\pm$ 0,07 A	2,10 $\pm$ 0,09 d

Letras distintas maiúsculas na linha e minúscula na coluna diferem entre si a 0,05 pelo teste de Tukey.







sendo esta a unidade utilizada na cotação do grão tendo por base o valor de 78 kg hl<sup>-1</sup>. Esse valor base foi superado no presente trabalho apenas pelo cultivar BRS 394, cultivada na UFU (80,49±0,06 kg hl<sup>-1</sup>).

## **5. CONCLUSÕES**

A aplicação de Si não induz a resistência de plantas de trigo ao pulgão *S. avenae*, aumenta a atratividade a inimigos naturais ou interfere na produtividade do trigo.



