

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

MARIANA PELEGRINI RODRIGUES

**METODOLOGIA DE FOLHAS DESTACADAS DE TRIGO EM PLACAS COM  
ÁGAR PARA AVALIAR O EFEITO DO SILÍCIO NA BIOLOGIA DE *Sitobion  
avenae* (FABRICIUS) (HEMIPTERA: APHIDIDAE)**

UBERLÂNDIA

2013

MARIANA PELEGRINI RODRIGUES

**METODOLOGIA DE FOLHAS DESTACADAS DE TRIGO EM PLACAS COM  
ÁGAR PARA AVALIAR O EFEITO DO SILÍCIO NA BIOLOGIA DE *Sitobion  
avenae* (FABRICIUS) (HEMIPTERA: APHIDIDAE)**

Monografia apresentada à Universidade Federal de  
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de  
Graduação em Agronomia para obtenção do título de  
Engenheira Agrônoma.

Orientador:

Prof.Dr. Gaspar Henrique Korndorfer

UBERLÂNDIA

MINAS GERAIS – BRASIL

2013

## RESUMO

Metodologia de folha destacadas de trigo em placas com ágar para avaliar o efeito do silício na biologia de *Sitobion avenae* (Fabricius) (Hemiptera: Aphididae)

O silício é considerado um elemento benéfico e sua eficácia é comprovada no controle de insetos pragas para algumas gramíneas. A utilização de folhas destacadas sobre solução solidificada de ágar-água é um método prático e rápido para condução de ensaios. Contudo, não se conhece a adequação dessa metodologia para avaliar o efeito do silício sobre a biologia de insetos. Dessa forma, objetivou-se avaliar a utilização de folhas destacadas, em placas de petri com ágar, como um método para avaliar o efeito do silício nos parâmetros biológicos de pulgões em trigo. O experimento foi conduzido em laboratório a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e fotofase de 12 horas, instalado em esquema fatorial  $2 \times 2$  (aplicação ou não de silício e folhas destacadas ou plantas inteiras) e com 30 repetições. Os períodos de desenvolvimento, pré-reprodutivo e reprodutivo e a longevidade de *S. avenae* foram significativamente maiores quando o pulgão se desenvolveu em folhas destacadas do que em plantas inteiras. O Si reduziu o número de ninfas (fecundidade total) independente da metodologia de criação utilizada. A sobrevivência de *S. avenae* variou de 53% a 70% (com e sem Si, respectivamente), não havendo diferença significativa entre as duas metodologias. Conclui-se que independente da metodologia utilizada foi observado o efeito do Si na biologia de *S. avenae*, influenciando principalmente as taxas de fecundidade e de longevidade. A metodologia de folhas destacadas mostrou confiável para a análise do efeito do silício para os parâmetros biológicos do pulgão estudado.

**Palavras-chaves:** BRS-254; Sílica-gel; *Triticum aestivum*; Resistência induzida;

## ABSTRACT

Methodology of detached wheat leaf on petri dishes with agar to evaluate the effect of silicon on the biology of *Sitobion avenae* (Fabricius) (Hemiptera: Aphididae)

Silicon is considered as beneficial element and its effectiveness is proven by controlling insects for some grasses. The use of detached leaves on solidified agar-water is fast method for conducting trials. However, it is unknown the suitability of this methodology to evaluate the effect of silicon on the biology of insects. This research had as goal evaluate the use of detached leaves in petri dishes with agar, as a method to estimate the effect of silicon on biological parameters of aphids in wheat. The experiment was conducted in the laboratory at  $23 \pm 1$  ° C and 12 hours of photoperiod, installed in 2 x 2 factorial arrangement (Silicon fertilizer or not; detached leaves or whole plants) and 30 repetitions. Periods of development, pre-reproductive and reproductive and longevity of *S. avenae* were higher when the aphid developed in detached leaves than in whole plants. Silicon reduced the number of nymphs (total fertility) independent of the design methodology used. The survival of *S. avenae* ranged from 53% to 70% (with and without Si, respectively), with no significant difference between the two methodologies. Independent of the methodology used, it has been observed the effect of Si on the biology of *S. avenae*, mainly influencing fertility rates and longevity. The methodology of detached leaves showed reliable for the analysis of most biological parameters studied aphid.

**Palavras-chaves:** BRS-254; Sílica-gel; *Triticum aestivum*; Induced resistance;

## SUMÁRIO

<u>3.1 Obtenção e criação de Sitobion avenae.....</u>	<u>23</u>
<u>3.2 Produção de plantas para o experimento.....</u>	<u>23</u>
<u>3.2.1 Obtenção e preparo do solo.....</u>	<u>23</u>
<u>3.2.2 Plantio e condução das plantas.....</u>	<u>25</u>
<u>A obtenção de plantas de trigo para a utilização no experimento foi realizada em casa-de-vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da UFU (ICIAG). Foi utilizado solo preparado conforme descrição no item 3.2.1. Duzentos gramas de solo foram colocados por copo plástico (200 mL), nos quais foram semeados 4 sementes da cultivar de trigo “BRS 254”. Foram semeados 45 copos de cada tratamento (solo com silício e solo sem silício) a cada cinco dias, desta forma, permitiu a obtenção constante de plantas com mesmo estágio de desenvolvimento. As plantas foram utilizadas no experimento 25 dias após a semeadura. ....</u>	<u>25</u>
<u>Das quatro plantas presentes em cada copo, uma foi seccionada para compor a criação de S. avenae em placas de Petri com seção foliar sobre ágar-água, duas para a avaliação do teor de silício foliar e uma permaneceu no copo para a criação de Sitobion avenae em planta inteira. ....</u>	<u>25</u>

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L. Thell), é uma gramínea com grande importância no cenário agrícola mundial, sendo um dos cereais mais consumidos no mundo devido às suas características nutricionais (MOREIRA et al., 2006). Os pulgões (Hemiptera, Aphididae) estão entre as principais pragas do trigo (SALVADORI et al. 2009). Várias espécies de afídeos podem ser encontradas atacando o trigo, mas o pulgão-da-espiga, *Sitobion avenae* (Fabricius), é um dos principais. Esse inseto foi introduzido no Brasil no ano de 1966 e causou danos alarmantes, possivelmente, pela falta de parasitoides na região (ZUÑIGA, 1990). Ao se constituir nos anos 1970 como uma das principais pragas da cultura de trigo e de outros cereais de inverno, o pulgão *S. avenae*, juntamente com *Metopolophium dirhodum* (Walker), atingiram populações muito elevadas em pouco tempo, provocando reduções no rendimento da ordem de até 88% em áreas sem controle da praga. Estima-se que, no período entre 1967-1972, os pulgões tenham causado prejuízos da ordem de 20% na produção tritícola do Brasil (CAETANO, 1973; SALVADORI, 1999). Porém, o bem-sucedido programa de controle biológico de pulgões do trigo, com a introdução de parasitoides na década de 1980, fez com que esses danos fossem reduzidos drasticamente. Atualmente, *S. avenae* e *R. padi* continuam merecendo destaque entre as principais pragas do trigo no país, embora em níveis bastante reduzidos quando comparados com os encontrados nos anos 1970 (SALVADORI; SALLES, 2002; ALVES et al., 2005; ROZA-GOMES et al., 2008).

Dessa forma, deve-se buscar alternativas compatíveis com o controle biológico para reduzir ainda mais as populações de pulgões em trigo, como a resistência induzida promovida pela aplicação de silício (MORAES et al., 2004; KVEDARAS et al., 2009; OLIVEIRA, 2012). Essa resistência é uma ferramenta que apresenta benefícios por ser uma tecnologia que se enquadra no Manejo Integrado de Pragas – ela não agride o meio ambiente e o ser humano. Nesse sentido, o silício é um agente promotor de defesas contra insetos, pois age como elicitador, induzindo a produção de metabólitos de defesa, como os compostos fenólicos, em plantas (GOMES et al., 2005; GOMES et al., 2008); por conseguinte, estresses de origem biótica ou abiótica podem ter seus efeitos degradantes reduzidos por meio do uso do silício. De acordo com Epstein (2001), o silício é capaz de aumentar o teor de clorofila das folhas e a tolerância das plantas aos estresses como seca, calor, frio, desbalanço nutricional e toxicidade a metais, além de enrijecer a parede celular, aumentando a resistência contra patógenos e insetos.



Diversos trabalhos têm demonstrado que a aplicação de silício altera alguns aspectos biológicos e a preferência pelas plantas hospedeiras de insetos sugadores (CARVALHO et al., 1999; BASAGLI et al., 2003; CORREA et al., 2005; GOMES et al., 2008) e mastigadores (GOUSSAIN et al., 2002; MASSEY et al., 2006; KVEDARAS et al., 2009). O aumento na taxa de mortalidade (CARVALHO et al., 1999; MORAES, CARVALHO, 2002) e redução na fecundidade (CARVALHO et al., 1999; MORAES, CARVALHO, 2002; BASAGLI et al., 2003; GOMES et al., 2008; CAMARGO et al., 2008) de pulgões ápteros foram verificados com a aplicação de silício em gramíneas.

Estudos que visam avaliar o efeito do silício na biologia dos pulgões têm sido realizados com plantas inteiras (MORAES et al., 2004; GOMES et al. 2005; COSTA et al., 2007; COSTA et al., 2009). A utilização de partes das plantas, como pedaços de folhas, por exemplo, apresenta vantagens quando comparada com a planta inteira, como praticidade no manuseio dos insetos, rapidez para condução dos ensaios e possibilidade de várias repetições em reduzido espaço físico (MICHEL et al., 2010). A metodologia de criação de pulgões em folhas destacadas sobre solução solidificada de ágar-água desenvolvida por Shelt e Steinberg para o controle de qualidade de parasitoides de pulgões do gênero *Aphidius* Nees (LENTEREN 1994; LENTEREN ET AL. 2003), tem sido amplamente utilizada para ensaios com pulgões (SAMPAIO et al. 2001a,b; SOGLIA et al. 2002, 2003; SAMPAIO et al. 2008; De CONTI et al. 2010, 2011; OLIVEIRA et al. 2013). No entanto, não se sabe se as características de resistência de plantas adubadas com silício são alteradas quando comparadas partes destacadas com a planta inteira, o que pode inviabilizar esta técnica para a o estudo do efeito do silício sobre a biologia dos pulgões.

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram avaliar a metodologia de criação de pulgões em folhas destacadas sobre solução ágar-água e estudar o efeito do silício na biologia de *S. avenae*.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A cultura do Trigo**

O trigo (*Triticum aestivum* L. Thell) é considerado um produto alimentar estratégico pela universalidade de sua aceitação em todas as camadas da população, pela facilidade de estocagem, industrialização e diversidade de usos industriais e culinários

(MUNDSTOCK, 1983; BARBOSA, 1996).

O trigo é uma gramínea originária do Oriente Médio, cuja importância está ligada ao desenvolvimento da civilização e da agricultura moderna. É considerado um dos principais alimentos da humanidade por fornecer cerca de 20% das calorias provenientes de alimentos consumidos pelo homem. Com o grande número de cruzamentos possível, o gênero *Triticum* conta com cerca de 30 mil variedades. No entanto, apenas três espécies *Triticum aestivum*, *T. compactum* e *T. durum* são cultivadas com finalidade alimentícia perfazendo 90% do trigo cultivado no mundo (ABITRIGO, 2012).

A União Européia liderou a produção de trigo mundial na safra de 2010/2011, produzindo 140 milhões de toneladas, seguida da China segundo dados Ross(2012).

As grandes áreas produtoras de trigo situam-se em regiões de baixa ou média precipitação, com um período de baixas temperaturas no início do ciclo da cultura e umidade do ar relativamente baixa, sem geadas (MUNDSTOCK, 1999). Segundo Didonet (1991) condições favoráveis para o desenvolvimento da cultura do trigo são aquelas que permitem o máximo crescimento da planta e a máxima duração da área de tecido verde no período pós-floração, pois a maior parte do nitrogênio encontrado nos grãos é assimilada no período pré-antese e os carboidratos são produzidos após a antese.

Segundo relatos de Bered et al. (2000) o trigo começou em meados do século XVI sendo introduzido no Brasil por Martim Afonso de Souza, quando suas naus trouxeram as primeiras sementes para as terras da capitania de São Vicente, de onde, posteriormente, foram disseminadas para as demais capitanias.

No Brasil sua produção concentra-se na região sul do país, a qual concentra mais de 90% da produção nacional (CONAB, 2010) e tendo como principais produtores os estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, de acordo com os dados IBGE (2010) citado por MAPA 2012. Este montante representa menos de 50% do consumo interno do cereal, fazendo com que o Brasil seja um dos principais países importadores de trigo no mundo (FIORENZE, 2011).

No entanto, a cultura do trigo vem alcançando, a cada dia, maior importância frente aos países produtores e exportadores, alicerçada nos ganhos de produtividade, na rentabilidade e na melhoria de sua qualidade industrial (TIBOLA et al., 2008, citado por FIORENZE,2011).

A expansão da fronteira agrícola do trigo tem sido feita através do desenvolvimento de novas cultivares mais adaptadas as condições adversas as condições

naturais ao centro-de-origem citando-se esta expansão principalmente para a região Centro Oeste, a qual oferece ótimas condições de clima e solo, posição estratégica de mercado e capacidade de industrialização, além de poder ser colhido na entressafra da produção dos estados do Sul e da Argentina e com características superiores de qualidade industrial para panificação (ALBRECHT et al., 2005). Desde o final da década de 1980, o trigo vem expandindo para o Centro-oeste brasileiro onde ganhou condições excepcionais de cultivo, pelas semelhanças climáticas do Cerrado, com o Oriente Médio, caracterizado por grandes alterações de temperatura ao longo do período, com dias bem quentes e noites muito frias. Dessa forma, tem sido constatado pelos pesquisadores da Embrapa que o grão de trigo produzido no cerrado brasileiro é de altíssima qualidade. Segundo a EPAMIG (2007), a triticultura em Minas Gerais, além de ser excelente alternativa como rotação de culturas no inverno, é mais rentável e estável em comparação a outros estados localizados mais ao sul.

No Brasil a expansão do cultivo do trigo vem ocorrendo principalmente em Minas Gerais, Goiás, e Distrito Federal, onde tem sido feita a rotação com outras culturas, em sistema Plantio Direto, e sob pivôs (IBGE, 2010). Atualmente a cultivar BRS 254 desenvolvida pela Comissão Centro Brasileira de Pesquisa de Trigo (CCBPT), é altamente recomendado tanto para as regiões do cerrado brasileiro quanto para outras localidades como Mato Grosso e Bahia onde prevalece a irrigação por aspersão (ALBRECHT et al., 2008).

Esta cultivar apresenta ciclo médio (120 dias da emergência a maturação) e desenvolvendo panículas aos 56 dias após a emergência e classificada em grãos tipo duro. Apresenta elevada qualidade industrial, grãos com alto teor de proteínas (11,4%), além de ser considerado um cultivar tolerante a chuvas na pré-colheita, apresentando boa sanidade em relação às principais doenças no cerrado do Brasil Central (ALBRECHT et al., 2006).

A produtividade média no Cerrado gira em torno de seis toneladas por hectare, mas é comum ver produtor colhendo até oito ou dez toneladas por hectare, enquanto a média da Região Sul oscila entre 2,5 e três toneladas. Outra vantagem é que no Cerrado não há registro de frio intenso ou geadas na fase de desenvolvimento do grão. Além disso, a colheita da região acontece entre os meses de agosto e setembro, antes do escoamento da safra do Sul, que vai do final de setembro ao final de novembro (FRANCO, 2011).

## 2.2 Pulgões como pragas do trigo

O “agrossistema trigo” é utilizado por centenas de espécies que o utilizam para a sua sobrevivência. No entanto, é relativamente pequeno o número das espécies que podem ser consideradas pragas (SALVADORI et al., 2009).

Pragas e doenças são fatores preponderantes ao rendimento econômico em áreas produtoras de trigo reconhecidos por Cunha (1960), Prates e Fernandes (1999), Peruzzo (2007). CAETANO (1973) estimou que os danos causados pelos pulgões à produção de trigo no Sul do Brasil foram superiores a 20% no período de 1967-1972. Na região do planalto gaúcho, as populações de pulgões atingiram níveis alarmantes, ocasionando drásticas reduções na produtividade de trigo.

Os pulgões também conhecidos como afídeos são insetos sugadores pertencentes à ordem Hemiptera e à família Aphididae estão dentre as espécies fitófagas, agrupadas como pragas primárias principalmente devido ao nível e a frequência da incidência e a abrangência geográfica de sua ocorrência no Brasil (PERUZZO, 2007).

Constitui importantes pragas dos cereais de inverno, em especial, a cultura do trigo, ocasionando danos diretos pela sucção da seiva, comprometendo o rendimento de grãos, diminuindo tamanho, número e peso dos grãos e o poder germinativo de sementes (SALVADORI, 2000). Indiretamente os prejuízos resumem pela transmissão de fitopatógenos, como o *Barley Yellow Dwarf Virus (BYDV)* e o *Cereal Yellow Dwarf Virus (CYDV)*, e o vírus do nanismo amarelo da cevada – *VNAC* agentes causais do nanismo amarelo em cereais de inverno (SALVADORI, 2000).

O *VNAC* sobrevive em diversas espécies hospedeiras e é disseminado de plantas infectadas para sadias, através da saliva do vetor. Em trigo, pode provocar sintomas como nanismo das plantas e folhas de coloração amarela-intensa com bordas arroxeadas, mais curtas e eretas. *S. graminum* e *R. padi* provocam um dano adicional, causado pela toxidez da saliva; nos locais picados pelo pulgão ocorrem manchas cloróticas que podem evoluir para necrose do tecido, secamento de folhas e morte de plântulas (SALVADORI;PEREIRA, 2010).

Os pulgões são nativos da Ásia e da Europa, de onde provavelmente foram introduzidos na América. São insetos de corpo pequeno (em torno de 2,5 mm de comprimento), piriforme e mole, de coloração geral verde, com tonalidades claras e escuras. Possuem aparelho bucal picador-sugador, antenas relativamente longas e filiformes e dois processos abdominais alongados e típicos, denominados sinfúnculos ou

cornículos. Apresenta desenvolvimento hemimetabólico e períodos de desenvolvimento, longevidade e taxa de reprodução e sobrevivência que variam com a espécie e com fatores bióticos (qualidade do alimento, inimigos naturais etc.) e abióticos (chuva, temperatura etc.). São altamente prolíficos e, em nosso meio, se reproduzem por partenogênese telítoca. Localizam em diferentes órgãos da planta de trigo (raízes, colmos, folhas e espigas), onde se alimentam e formam colônias constituídas por ninfas de diferentes instares e por fêmeas adultas, ápteras e aladas. Estas últimas são as formas de disseminação que surgem em condições de competição por alimento e espaço físico (PARRA et al., 2002).

Os pulgões do trigo desenvolvem-se e multiplicam-se melhor em temperaturas amenas (18 a 25 °C) e em períodos de estiagem. Clima frio prolonga o ciclo de vida e diminui a multiplicação (SALVADORI, 2000a). Os pulgões podem viver até três meses sob temperatura inferior a 5 °C, e morrer a temperaturas constantes superiores a 28 °C (GASSEN, 2003).

No Brasil, de acordo com Fagundes e Caetano (1972), dez espécies de pulgões estão associadas ao trigo, sendo cinco as mais comuns: *Metopolophium dirhodum* (Walker), o pulgão-da-folha-do-trigo; *Schizaphis graminum* (Rondani), o pulgão-verde-dos-cereais; *Sitobion avenae* (Fabricius), o pulgão-da-espiga-do-trigo; *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus), o pulgão-verde-da-aveia; e *Rhopalosiphum rufiabdominale* (Sasaki), o pulgão-da-raiz-do-trigo.

Salvadori e Tonet (2001) consideram *Metopolophium dirhodum* (Walker), *Schizaphis graminum* (Rond.) e *Sitobion avenae* (Fabr.) as espécies de maior importância entre aquelas associadas ao trigo.

Considerando os últimos oito a dez anos, as espécies mais frequentes têm sido, pela ordem, *R. padi*, *S. graminum* e *S. avenae*. *S. graminum* e *R. padi* são considerados pragas de início de ciclo, incidindo desde a emergência da cultura e, à medida que a planta vai crescendo, vão se estabelecendo no colmo e nas folhas mais baixas (SALVADORI et al., 2009).

### **2.3 Descrição e biologia de *S.avenae***

*Sitobion avenae* (*Aphis avenae*, *Macrosiphum granarium* e *Macrosiphum avenae*), conhecido como pulgão-da-espiga, como o nome diz, é uma praga de cereais

que tem preferência por alimentar da espiga das plantas hospedeiras (LATTEUR,1971; PHILLIPS,1916).

No Brasil *S. avenae* e *S. graminum* foram detectados em 1966, quando causaram sérios prejuízos para as propriedades agrícolas, devido principalmente a falta de parasitóides nesta parte do sul da América (ZUÑIGA, 1990).

O pulgão-da-espiga do trigo, é uma importante praga em sistemas agrícolas, especialmente em climas temperados dos hemisférios norte e sul. *Sitobion avenae*, na forma áptera, mede cerca de 1,3-3,3 mm e na forma alada, cerca de 1,6-2,9 mm de comprimento. A coloração do corpo na forma áptera varia de amarelo para verde, vermelho, roxo e marrom. A coloração é determinada geneticamente, ou de acordo com a resposta a fatores ambientais, incluindo a nutrição. Porém, a coloração geral do corpo é verde amarelada, geralmente com mancha negra dorsal, havendo predominância das cores verde e marrom. Esse pulgão apresenta: sifúnculo cilíndrico mais escuro que o corpo, ou com nítida diferença de pigmentação entre o corpo e a base do sifúnculo; antenas enegrecidas com seis segmentos, apresentando cerdas com comprimento menor que o diâmetro do 3º segmento antenal e processo terminal reto ultrapassando a base do sifúnculo e tubérculos antenais bem desenvolvidos; cauda pálida com cerca de  $\frac{3}{4}$  do comprimento do sifúnculo; pernas amarelas; ponta dos fêmures, tíbias e tarsos enegrecidos (PEREIRA et al., 2009; SILVA,2011).

De acordo com Blackman e Eastop (2000), a espécie *S. avenae* é monoécia e holocíclica, tendo várias gramíneas como plantas hospedeiras. Todavia, em regiões de clima com inverno mais ameno é comum o desenvolvimento anholocíclico, como no Brasil (DIAS, 2012).

Loxdale et al. (1985), citado por Silva (2011), observou que semelhante a outras espécies de afídeos, *S. avenae* produz, em ciclos alternados, fêmeas apteras adaptadas principalmente para sediar a exploração de plantas *in situ*, e fêmeas aladas para a dispersão da espécie a longas distâncias, sendo que os indivíduos alados também se movem através da cultura em suas fases finais de ninfa, se dispersando pelo ar logo depois de se tornarem adultos. Estudos eletroforéticos realizados por Loxdale et al. (1985) mostraram que há um fluxo de genes importantes na Europa, devido à migração dos alados. De acordo com testes de laboratório realizados por Chena e Feng (2004), as fêmeas adultas aladas são capazes de voar até 9 km em um período de 5h, assim, com a ajuda do vento, a dispersão poderia ser muito maior.

Pela definição de Calow (1979, 1982), citado por Celis et. al (1997), os pulgões são considerados estrategistas “r” , apresentando alto potencial reprodutivo (PIANKA, 1970), devido ao uso de inúmeros recursos que possibilitam o aumento da taxa reprodutiva, melhorando a fecundidade, ou aumentando o crescimento e a alocação de células somáticas para melhorar consequentemente a sobrevivência (CALOW, 1979, 1982).

A taxa de crescimento de *Sitobion avenae* em trigo é fortemente afetada pelo estágio de crescimento da planta hospedeira, com a maior taxa de crescimento durante a alimentação em grãos no estágio leitoso-maduro (VEREIJKEN, 1979) e sob temperaturas mais amenas Salvadori (2009). Em invernos atípicos, secos e poucos rigorosos, pode haver ocorrência de surtos dessas espécies. A temperatura ideal para aumentar a taxa reprodutiva é a 20 °C (GALLO et al., 2002). A taxa de crescimento, esta diretamente relacionado com a longevidade e a fecundidade destes insetos que variam entre 29,7 a 35,9 dias; e de 31,7 a 40,1 ninfas , respectivamente. Esses dados variam bastante, o que pode ser em função de fatores bióticos e ou abióticos, como a condição nutricional do alimento, a presença de inimigos naturais, as condições climáticas, entre outros aspectos (GASSEN 1988; GASSEN, 1993; CELIS et al., 1997).

Além disto, diferentemente de outras espécies de afídeos, este pulgão não apresenta hábito gregário quando se alimenta de plantas jovens sobre as folhas (BEIRNE, 1972).

#### **2.4 Danos causados por *S.avenae***

O pulgão da espiga, apesar do nome, inicia a colonização nas folhas, geralmente um pouco antes do espigamento, e depois migra para a inflorescência quando o trigo inicia o espigamento (DEAN, 1974). Esses afídeos podem gerar danos diretos, como o número de grãos por espiga, enrugamento do grão, e o peso dos grãos; e como danos indiretos causados pelo pulgão-da-espiga, é citado a perda do poder germinativo, a mela e a virose do nanismo amarelo da cevada. A mela, secreção de afídeos rica em açúcares, pode provocar mudanças fisiológicas e sintomas de clorose nas folhas, afetando a assimilação de dióxido de carbono líquido em trigo (ROSSING, 1991), podendo, também, provocar senescência precoce das folhas (VEREIJKEN, 1979).

Assim o pulgão-da-espiga do trigo causa prejuízos até o grão se apresentar formado (GALLO et. al, 2002).

De acordo com Dean (1974) o dano causado em trigo por *S.avenae* é maior que o dano gerado pelo ataque de *M. dirhodum* , devido principalmente ao comportamento de *S. avenae* de se local preferencialmente na folha bandeira, e na espiga. O mesmo autor apontou que *S. avenae* deve afetar em maior grau o peso do grão, já que a sua formação depende basicamente da fotossíntese realizada pela folha bandeira e espiga.

Kolbe e Linke (1974), com base em resultados de cinco anos de pesquisas realizadas na Alemanha, apontam que controlando 20-30 pulgões por espigas com a aplicação de única dose de inseticidas, esses insetos geram perdas superiores a 10% e que com a infestação de 150 afídeos por plantas as perdas podem chegar a 30% .

George (1974) na Inglaterra, determinou que o nível médio de 4 pulgões por espiga e folhagem, não produzem perdas consideráveis.No entanto, em outro ensaio, variando a densidade de 8 a 29 afídeos por espiga e de 30-31 nas espigas e folhagens, as perdas atingiram 46% da produção nos tratamentos testemunhas que não receberam uma única dose de produto químico durante a floração.

Pimenta e Smith (1976) verificaram que, num período de quatro semanas (período que compreendeu a floração e a formação de grãos), *S. avenae* causou queda de 30% na produção de trigo, com infestação nas espigas de 200 pulgões/espiga.

Wratten et al. (1979) mostraram em seus estudos, que o ataque de *S. avenae* provocou a máxima perda de produtividade na cultura do trigo entre os estádios de emergência e o florescimento da espiga e que as infestações mais tardias (durante a maturação de grãos) não causaram danos significativos, porém, reduziram a qualidade da farinha para fazer pão.

## **2.5 Metodologia de folhas destacadas em ágar**

O aprimoramento de técnicas para avaliar o desenvolvimento de insetos em laboratório teve início na década de 1980, quando se observou a necessidade de estabelecer parâmetros de qualidade para a criação massal de insetos benéficos para uso em casa-de-vegetações (LETEREN, 2009; LETEREN,1986 A,B; LEPPLA, 2007).

As avaliações de biologia de insetos é comumente feita utilizando folhas destacadas sobre solução solidificada de ágar-água visando principalmente a praticidade e rapidez para condução dos ensaios.



Diversos fatores podem afetar a reprodução dos afídeos, tais como a qualidade da planta hospedeira, temperatura, umidade relativa, ocorrência de agentes de controle natural (Kocourek et al., 1994; Narváez ;Notz, 1993). Estudos indicam que a mudança na temperatura resulta em alteração na taxa reprodutiva e na longevidade dos afídeos (DIXON, 1987; SOGLIA et. al., 2003). Além disso, considerando a dificuldade de encontrar algumas espécies de insetos em um dado momento para a instalação de ensaios na área de entomologia, devido à sazonalidade e ou aos seus ciclos de desenvolvimento, é evidenciado a importância no desenvolvimento de técnicas que favoreçam a criação e manutenção de insetos sadios em laboratório.

A criação e definição de uma metodologia para multiplicação de insetos tem sido um grande desafio nos estudos da biologia e da criação de insetos, principalmente, devido à dificuldade de estabelecimento de populações em casa de vegetação e campo. Ao se propor estudos de biologia, comportamento, avaliação de métodos de controle, entre outros, é necessário que se tenham indivíduos em quantidade e qualidade, o que tem sido um dos entraves, principalmente quando se considera as etapas de criação e multiplicação, quando é necessária a obtenção de indivíduos em quantidades suficientes ao propósito da pesquisa, padronizadas em relação à idade, tamanhas e sexo, além de apresentarem com bom aspecto sanitário (OLIVEIRA et.al 2010).

Para avaliação de fecundidade de *Aphidius* spp., é recomendado a utilização de placas arredondadas de plástico ou de petri, preenchidas com solução de água-ágar 1% , com altura de 1 cm, seguindo recomendação de (LETEREN, 1994;LETEREN et. al. 2003). Quando o ágar está quase solidificando, deve-se colocar um pedaço de uma folha fresca, com máximo turgor, com a nervura para cima.As placas devem ser tampadas com pedaços de tecido “gaza”, permitindo a troca de ar. Com o auxílio de um pincel fino, 15 adultos de *A.gossypii* ou de *Myzus persicae* são colocados na folha. As placas devem ser colocadas em uma sala climatizada, posicionadas com a extremidade tampada com “gaze” para baixo, com a finalidade de simular uma situação natural para os afídeos e evitar que a folha fique recoberta de honeydew. Dois dias após os adultos devem ser retirados com o auxílio de um pincel úmido (SCHELT;STEINBERG, 1994).

Sampaio (2002) desenvolveu alguns trabalhos objetivando a criação massal e observando o desenvolvimento de algumas espécies de parasitóides adaptando as metodologias propostas por (SCHELT;STEINBERG, 1994). Na maioria de seus trabalhos propõe utilizar lâminas foliares sobre soluções de água-ágar (1%), no entanto, diferentemente de Schelt e Steinberg (1994), preocupou-se em delimitar um período

para troca do conjunto ágar-lâmina foliar, sendo este no máximo de 5 dias, dependendo da espécie vegetal trabalhada, visando a qualidade da planta hospedeira não prejudicando o desenvolvimento biológico dos mesmos, de forma que se tem uma uniformidade no desenvolvimento, assim como naturalmente os insetos tem quando se alimentam de uma planta inteira. Avaliando a fecundidade e longevidade de *Aphis gossypii* em diferentes temperaturas (15, 20, 25 e  $30 \pm 1$  °C) e cultivares comerciais de crisântemo (Yellow Snowdon, White Reagan e Dark S. Reagan), Soglia et. al. (2003) utilizou placas de petri (5 cm de diâmetro) com ágar-água (1%) com uma seção de folha destacada de crisântemo, com a face abaxial voltada para cima, colocando uma ninfa de primeiro instar por tratamento. A cada sete dias, as ninfas eram transferidas para uma nova unidade experimental contendo um novo disco foliar e submetidas a observações diárias sob microscópio estereoscópico em sala climatizada a  $25 \pm 1$  °C, até atingirem a fase adulta, quando foi avaliada a duração do período reprodutivo, fecundidade diária e total de ninfas e a longevidade de *A. gossypii*.

Existem muitas metodologias utilizadas para a criação de insetos e parasitóides. Em um de seus trabalhos Sampaio et. al (2008) avaliando a qualidade e a suscetibilidade de *Aphis gossypii*, *B. brassicae*, *M. persicae*, *R. maidis* e *S. graminum* ao *Aphidius colemani*, utilizou diferentes metodologias para obter e manter a população de insetos. A espécie de *A. gossypii*, por exemplo, foi obtida de uma criação de laboratório e mantida em plantas de pepino sobre condição ambiente de temperatura e fotoperíodo. *B. brassicae* e *M. persicae*, obtidos de plantas de couve foram mantidos em seções foliares de couve colocado sobre uma solução de 1% água-ágar, em placas de petri com 15 cm de diâmetro, dentro de uma BOD com temperatura a  $25 \pm 1$  °C e fotofase de 12 horas. Neste mesmo trabalho de Sampaio (2008), as espécies de *R. maidis* e *S. graminum* foram mantidas em seções foliares de sorgo em copos plásticos com água, com sob temperatura e fotofase controladas a  $25 \pm 2$  °C e 12 horas, respectivamente.

Soglia et. al (2002) avaliando o desenvolvimento e a sobrevivência de *Aphis gossypii* em diferentes temperaturas e cultivares comerciais de Crisântemo, utilizou como unidade experimental placas de petri (10cm de diâmetro) contendo solução estéril de ágar/água a 1% e uma folha de crisântemo, sobre a qual foram colocadas dez fêmeas adultas ápteras de *A. gossypii*. A cada sete dias, os insetos eram transferidos para nova unidade experimental e submetidos a observações diárias sob microscópio estereoscópico, avaliando-se o número de ínstars, a duração de cada instar e do período ninfal, e a sobrevivência ninfal.

Alguns trabalhos utilizam filme de PVC perfurado com auxílio de estilete para vedar as placas de petri com uma seção foliar sob solução de ágar-água, conforme o trabalho de Carnevale, et al (2003).

Em um de seus trabalhos Sampaio et.al (2001), para manter a criação de *M. persicae* e *A. gossypii*, para posterior utilização, utilizou tubos de vidro (25 x 4 cm) vedados com tela de organza, em câmara climática com temperatura de  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ , fotofase de 12h e umidade relativa de  $70\pm 10\%$ . A criação de manutenção foi feita utilizando uma folha destacada da planta hospedeira respectiva umedecida em seu pecíolo por um chumaço de algodão.

Utilizando a mesma metodologia de placas com ágar, Sampaio et. al (2005), avaliou a resposta a diferentes temperaturas de indivíduos de *A. colemani*, originários de diferentes regiões climáticas do estado de Minas Gerais.

Vieira et. al (2002), avaliando a resistência de cultivares de algodoeiro ao ácaro branco *Polyphagotarsonemus latus*, utilizou algodão umedecido nas placas de Petri utilizadas para os testes de antibiose e antixenose, com o intuito de manter a turgência temporária das folhas destacadas.

## 2.6 Resistência de plantas a insetos

Uma das estratégias de manejo integrado de pragas (MIP) é a redução da população do inseto-praga abaixo do dano econômico. Dentre as inúmeras técnicas adotadas para controlar insetos-pragas destaca-se o uso de resistência de plantas. A resistência de plantas tem sido uma alternativa em crescimento e que vem ganhando atenção devida principalmente ao fato de conseguir reduzir as injúrias causadas aos vegetais sejam estas de ordem quantitativa (redução quantidade de grãos), sejam alterações qualitativas, como a textura e coloração do grão de trigo.

A melhor estratégia de controle de moléstias virais à longo prazo é o melhoramento genético para a tolerância ou resistência aos vírus ou aos seus vetores (MATTHEWS, 1991).

A resistência de plantas a insetos é definida como o método ideal para reduzir a população de pragas abaixo do nível de dano econômico, sem causar distúrbios ao meio ambiente e ou despesas adicionais ao agricultor. Para Moraes et. al (2010) uma planta é considerada resistente ao inseto-praga, devido a sua constituição genética, quando sofre

menos danos que outras da mesma espécie em igualdade de condições de solo e de clima.

Esta resistência aos insetos-pragas pode ser oriunda de três causas: causas físicas, químicas, e morfológicas. As causas físicas estão relacionadas principalmente a ondas eletromagnéticas, como por exemplo, a coloração das folhas do algodoeiro, sendo que algumas cultivares apresentam cor ocre, que não atrai o bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*). Das causas químicas são conhecidas substâncias que atuam no metabolismo ou no comportamento de insetos, exemplo: taninos, alcalóides, enzimas e inibidoras. A terceira causa, morfológica está relacionada com a dimensão e a disposição de estruturas da epiderme Moraes et. al (2010).

Existem três tipos ou mecanismos de resistência: antibiose, antixenose e tolerância (PAINTER, 1951;LARA, 1991).

Uma variedade é definida como resistência do tipo não-preferência, ou antixenose, quando em igualdade de condições, é menos utilizada para oviposição, alimentação e abrigo que outro cultivar sendo um mecanismo de resposta de uma espécie de inseto a determinado hospedeiro Kogan e Ortman, (1978), citado por Perruzzo (2007).

Para Lara (1991), o uso de variedades resistentes como tática única de manejo é interessante quando uma pequena população de inseto-praga não atinge o nível de dano econômico, não ocasionando em perdas. Mas esta técnica não exclui a empregabilidade no sistema de MIP, apresentando algumas como o fato de manter a qualidade do meio ambiente, exigindo pouca ou nenhuma alteração nos tratos culturais; e o fato de que resistência é uma herança monogênica, persistente, cumulativa e assim uma redução na população do inseto praga provavelmente resultará em baixas fecundidades e, conseqüentemente, reduzindo o potencial reprodutivo das próximas gerações (Moraes et.al, 2010).

As relações parasitóides/predadores e hospedeiros/presas podem ser influenciadas diretamente pela planta hospedeira, ou ainda, indiretamente, pela alteração da população ou da qualidade do herbívoro hospedeiro, e este, por sua vez, atua no seu inimigo natural de forma positiva ou negativa (Lara 1991). A condição fisiológica, como presença de componentes químicos, e a morfológica da planta hospedeira podem determinar a sua resistência inerente, bem como as condições para o crescimento da população de afídeos. Plantas hospedeiras resistentes podem influenciar a atividade e a biologia dos inimigos naturais (PAINTER 1951, BETHKE *et al.* 1998). Como resultado

da interação controle biológico e plantas resistentes podem surgir efeitos negativos, como alta mortalidade e período de desenvolvimento mais longo dos inimigos naturais (OBRYCKI, TAUBER 1984, GAMARRA *et al.*1997), ou positivos, com a maior redução da praga (OBRYCKI *et al.* 1983, FARID *et al.* 1998, MESSINA e SOURESAN 2001).

Antibiose ocorre quando a planta pode exercer um efeito adverso sobre a biologia da praga, ou seja, o inseto alimenta-se normalmente da planta, no entanto as substâncias químicas de defesa da planta desencadeiam um efeito adverso na sua biologia (redução de peso, aumento do ciclo biológico e da mortalidade) Lara (1991); Morais *et. al* (2010).

Planta tolerante é aquela que sofre poucos danos em relação às outras, sob um mesmo nível de infestação da praga (LARA, 1991). A planta suporta o ataque da praga, devido ao mecanismo de regeneração de tecidos destruídos, emissão de novos ramos. (MORAES *et.al.* 2010).

A resistência de plantas pode necessariamente não estar presente nas plantas antes de um agente agressor. Este fenômeno de repelir insetos-pragas pode ser induzida, provocando mudanças desde a quantidade até na qualidade de metabólitos secundários produzidos (VENDRAMIN & FRANÇA ,2006; MASSEY *et. al*, 2007). Para tanto, resistência induzida corresponde ao aumento da capacidade defensiva das plantas contra patógenos, pragas, adquiridos através de um elicitador (MORAES *et.al*, 2010).

Nessa situação, o silício pode atuar como elicitador do processo de resistência induzida (FAWE *et. al*, 2001). Chérif *et. al* (1992), ressaltaram que o Silício está relacionado com reações específicas de defesa das plantas, sem alterar qualquer segmento do genoma vegetal.

## **2.7 Efeito do silício na resistência de plantas a insetos**

O silício geralmente não é considerado parte do grupo de elementos essenciais ou funcionais para o crescimento das plantas. No entanto, estudos crescentes têm demonstrado que este pode aumentar o rendimento de algumas espécies cultivadas, promovendo vários processos fisiológicos desejáveis para as plantas (KORNDORFER & DATNOFF,1995) além de ser relatado como um indutor de proteção as plantas contra o ataque de pragas (EPSTEIN, 1994; 1999).

O Si é absorvido pela planta como ácido monossilícico,  $H_4SiO_4$  (JONES E HANDRECK, 1967). Para Malavolta (1980), o processo de absorção do Si, é ativo, sensível a inibidores metabólicos e a temperatura. Como evidência do processo ativo, relata que na seiva bruta do arroz a quantidade de ácido monossilícico é centena de vezes mais alto que na solução do solo.

Yassuda (1989) relata que o Si é absorvido por fluxo de massa, como ácido silícico solúvel ( $Si(OH)_4$ ) e depositado em várias partes da planta como sílica amorfa sólida ( $SiO_2 \cdot nH_2O$ ) pelas gramíneas, por processo não seletivo (RAVEN, 1983; GURR E KVEDARAS, 2009). Kabata-Pendias e Pendias (1985) concluíram que a absorção de Si é passiva pela maioria das gramíneas, e no arroz é preferencialmente absorvido por processo ativo. O transporte de Si a longa distância é feito pelo xilema, onde está presente na forma de ácido monossilícico, e a sua distribuição na parte aérea depende da taxa de transpiração desses órgãos.

Nas plantas, este elemento pode ser encontrado na forma de sílica amorfa hidratada,  $SiO_2 \cdot nH_2O$  e também na forma de polímeros, formando complexos com polifenóis de grande estabilidade e baixa solubilidade. Dessa forma além da menor transpiração reflete uma maior economia de água, e sendo comprovado que em plantas de arroz mantém suas folhas mais eretas promovendo maior aproveitamento de luz e esta refletindo num maior aproveitamento fotossintético (TAKAHASHI, 1995).

Os silicatos de cálcio e magnésio são constituídos, basicamente de  $CaSiO_3$  e  $MgSiO_3$ , sendo comercializados em pó. Os efeitos benéficos a aplicação de silicatos de cálcio e magnésio, estão, normalmente associados ao aumento do Si disponível, a elevação do pH e do aumento do Ca e Mg trocável no solo. Os silicatos podem também, atuar nas reduções de toxicidade do Fe, Mn e Al, para as plantas além de aumentar a disponibilidade de P no solo (PULZ, 2007).

Os efeitos da nutrição mineral sobre o crescimento e a produtividade de plantas são bem conhecidos em termos da função dos nutrientes no metabolismo das plantas. No entanto, a nutrição mineral pode também ter um efeito secundário sobre a resistência de plantas ao ataque de pragas e doenças (MARSCHNER, 1986). Esta resistência das plantas pode ser diminuída pelo efeito da nutrição mineral sobre as estruturas anatômicas como células epidérmicas e cutículas mais finas, parede celular com menor grau de silificação, suberização e lignificação. Além disso, a nutrição pode afetar as propriedades bioquímicas como redução de compostos fenólicos que atuam como inibidores do desenvolvimento de pragas e doenças ou de compostos orgânicos de baixo

peso molecular (sacarose e aminoácidos) resultado do aumento da atividade de enzimas decompositoras como amilase, celulase, protease e sacarase, muito comum na deficiência de potássio (ELLET, 1973; HUBER; ARNY, 1995; MARSCHNER, 1986; PERRENOUD, 1990).

A proteção conferida às plantas pelo silício pode ser devido ao seu acúmulo e polimerização de silicatos nas células epidérmicas, logo abaixo da cutícula, formando uma barreira mecânica conhecida como dupla camada silício-cutícula (YOSHIDA et al., 1962; SAVANT et al., 1997). O acúmulo de silício nas folhas das plantas aumenta a rigidez desta, gerando uma dificuldade para a alimentação dos insetos e assim podendo ser considerado como uma importante ferramenta anti-herbivoria em sistemas agrícolas (McNaughton et al. (1985). Trabalhos desenvolvidos por Kvedarasand e Keeping (2007); Kvedaras et al., (2007) mostraram que a aplicação de silicato de cálcio reduziu significativamente a taxa de ataque, de crescimento e sobrevivência, da broca-da-cana-de-açúcar *Eldana saccharina* (Walker).

A silificação da epiderme impede a penetração de estiletes e a mastigação resultantes do ataque de insetos, devido ao endurecimento da parede das células vegetais (DATNOFF et al., 1991).

Em trabalhos realizados para estudar a influência de silício, em aplicação foliar ou no solo, na preferência de *S. graminum* em plantas de trigo, Moraes et al. (2004) constataram que a aplicação do silício aumentou o grau de resistência das plantas diminuindo a preferência do pulgão em relação à testemunha. Os autores consideram que este fato pode estar relacionado à barreira mecânica proporcionada pela deposição de sílica na parede celular, dificultando a penetração do estilete no tecido da planta, como também ao aumento da síntese de compostos de defesa da planta. Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho et al. (1999) e Moraes e Carvalho (2002) com *S. graminum* em sorgo.

Utilizando a aplicação de silício na forma de silicato de sódio, Basagli et al. (2003) também constataram que houve redução na preferência de *S. graminum*, conferindo resistência de plantas de trigo. Além disso, os inimigos naturais chaves de pulgões, *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) e *Aphidius colemani* Viereck, 1912 (Hymenoptera: Aphidiidae) não demonstraram alterações em sua biologia quando alimentados com *S. graminum* criado em trigo tratado com silício (MORAES et al., 2004).

De acordo com Jones e Handreck (1967) e Raven (1983), a aplicação de silício no solo promove o transporte de uma elevada quantidade deste elemento às partes de crescimento da planta, através da absorção pelas raízes, ocorrendo acúmulo nas células da epiderme, na forma de sílica, tornando as folhas mais rígidas.

Costa e Moraes (2006) demonstraram que a aplicação de silício ou ASM (acibenzolar-S-methyl) via solo, reduziu o número de ninfas produzidas, a taxa de crescimento populacional, o período pós-reprodutivo e a longevidade de *S. graminum*, em trigo.

Estudos conduzidos em casa de vegetação, com cultivares de cevada, centeio, trigo e aveia resistentes e suscetíveis ao biótipo D de *S. graminum*, permitiram concluir que nos cultivares suscetíveis os pulgões apresentaram menor mobilidade em relação aos resistentes, sendo que o movimento diminuiu ainda mais, com o aumento do tempo de permanência dos insetos sobre as plantas. O aumento da mobilidade dos pulgões nas plantas resistentes pode reduzir a alimentação e, conseqüentemente, o dano, ocorrendo também, efeitos adversos na fecundidade dos pulgões (STARKS & BURTON, 1977).

A resistência das plantas às doenças pode ser aumentada por meio da formação de barreiras mecânicas e/ou pela alteração das respostas químicas da planta ao ataque do parasita, aumentando a síntese de toxinas que podem agir como substâncias inibidoras ou repelentes. Barreiras mecânicas incluem mudanças na anatomia, como células epidérmicas mais grossas e um grau maior de lignificação e/ou silicificação (acúmulo de silício). Além da barreira física, devido à acumulação na epiderme das folhas, o silício ativa genes envolvidos na produção de compostos secundários do metabolismo, como os polifenóis, e enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa das plantas. Deste modo, o aumento de silício nos tecidos vegetais faz com que a resistência da planta ao ataque do fungo patogênico aumente, devido à produção suplementar de toxinas que podem agir como substâncias inibidoras do patógeno. Alguns exemplos de doenças que encontram resistência do hospedeiro com a suplementação de silício incluem bruzone e mancha- parda em arroz, cancro-da-haste em soja, oídio em trigo, soja, cevada, pepineiro e tomateiro, rizoctoniose em arroz e sorgo, cercosporiose em cafeeiro, dentre outras (PEREIRA, 2007).

A acumulação de silício nas células da epiderme, particularmente em gramíneas, mantém as folhas mais eretas, aumentando a penetração da luz no dossel, diminui a transpiração excessiva, evitando ou diminuindo o estresse hídrico nas folhas e aumenta a resistência ao acamamento, pois aumenta a força mecânica do colmo.



Trigo suplementado com silício pode apresentar maior altura, área foliar, matéria seca, massa de grãos e número de espiguetas em relação a uma planta de trigo com deficiência do elemento (Takahashi, 1995; Epstein, 1999).

Em condições de estresse hídrico, plantas alimentadas com silício mantêm maior teor e potencial hídrico e área foliar. Além disso, apresentam folhas mais grossas e densas. O arroz e a cana-de-açúcar são culturas acumuladoras de silício, concentrando em seus tecidos teores mais elevados do que outros nutrientes, como nitrogênio e potássio. Em arroz, a suplementação com silício proporciona aumento na produção, na massa individual das sementes, no número de grãos e panículas e diminuição da esterilidade. Com o suprimento do silício a diferença no comprimento das lâminas foliares, principal responsável pela altura, tende a aumentar de acordo com o desenvolvimento da planta. A maior expansão foliar determina maior taxa de assimilação de gás carbônico por planta. Com isso, há uma maior translocação de assimilados para a produção de grãos, aumentando a produtividade. Em arroz irrigado o silício aumenta o poder de oxidação das raízes, minimizando os efeitos tóxicos de níveis elevados de ferro.

A cana-de-açúcar também pode responder à adubação silicatada. Ao aumentar o comprimento e o diâmetro dos colmos, e o número de perfilhos, a aplicação de silicato aumenta a produtividade. Além da barreira física, devido à acumulação na epiderme das folhas, o silício ativa genes envolvidos na produção de compostos secundários, como fenóis, e enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa das plantas. Deste modo, o aumento de silício nos tecidos vegetais faz com que a resistência da planta ao ataque do fungo patogênico aumente, devido à produção suplementar de toxinas que podem agir como substâncias inibidoras do fungo. Reações bioquímicas elicítadas pelo silício, em função do ataque de um fungo patogênico, foram estudadas em trigo e pepineiro.

Plantas de trigo tratadas com silício e atacadas por oídio apresentam reações de defesa específicas que incluem a formação de papilas, calose, liberação de compostos fenólicos glicosilados, aumento na síntese de enzimas como peroxidases e superóxido dismutase e incremento na produção de lignina (FILHO, 2013).

Estratégias alternativas de manejo de controle de doenças, pragas e a utilização de novos insumos no manejo nutricional do solo têm despertado bastante interesse, principalmente pelo potencial de uso comercial e baixo impacto ambiental. A tecnologia baseada no uso do silício é limpa e sustentável, com enorme potencial para diminuir o

uso de agroquímicos e aumentar a produtividade por meio de uma nutrição mais equilibrada e fisiologicamente mais eficiente.

### **3.0 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Controle Biológico de Insetos do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (ICIAG).

#### **3.1 Obtenção e criação de *Sitobion avenae***

Os pulgões usados nos experimentos foram coletados numa lavoura de trigo no *campus* da Universidade Federal de Lavras, na cidade de Lavras (MG), e mantidos em gaiolas de acrílico (58 x 28 x 28 cm) em sala climatizada a  $23\pm 1^{\circ}\text{C}$  e 12 horas de fotofase. Para a criação dos pulgões foram utilizadas plantas de trigo da cultivar BRS 254, produzidas em casa de vegetação e em vasos com substrato comercial para mudas, com população de 10 plantas por vaso. As plantas utilizadas na criação de *S. avenae* apresentavam a inflorescência completamente desenvolvida, no estágio 58 a 60 – de acordo com a escala de Zadoks (ZADOKS et al., 1974) –, e foram trocadas a cada sete dias, aproximadamente, quando estavam iniciando seu depauperamento. Para a criação dos insetos e os experimentos foi utilizada a cultivar BRS 254, suscetível a *S. avenae* (SILVA et al., 2011).

#### **3.2 Produção de plantas para o experimento**

Este trabalho foi conduzido em duas etapas: a primeira que consistiu na obtenção das plantas e folhas sendo desenvolvida na casa de Vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da UFU (ICIAG), e em uma segunda parte, que trata da condução do experimento no Laboratório de Controle Biológico do ICIAG.

##### **3.2.1 Obtenção e preparo do solo**

###### **Preparo do solo usado nos experimentos**

O solo utilizado nos experimentos foi o Neossolo Quartzarênico Órtico típico, coletado na fazenda do Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia no

município de Uberlândia (MG). O solo apresentou 81% de areia, 5% de silte e 14% de argila. Este solo foi escolhido devido a baixa quantidade de silício disponível às plantas (1,2 mg dm<sup>-3</sup> de silício) (Tabela 1).

Após a coleta, o solo foi peneirado e, depois de seco, foi colocado em sacos de 50 kg e deixado para incubar por 30 dias. No processo de incubação foi colocado, com base em análise de solo, o equivalente a 970 kg ha<sup>-1</sup> de carbonato de cálcio e 380 kg ha<sup>-1</sup> de carbonato de magnésio, dissolvidos em seis litros de água.

Após o período de incubação foi feita a adubação do solo: 80 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfosfato simples, 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio e 100 kg ha<sup>-1</sup> de FET BR 12 (fonte de micronutrientes).

No solo utilizado no tratamento com silício, foi adicionado o correspondente a 600 kg ha<sup>-1</sup> desse elemento, sendo que 300 kg ha<sup>-1</sup> de silício (na forma de sílica gel dissolvida em água) foram adicionados ao solo na incubação, e os outros 300 kg ha<sup>-1</sup> (na forma de sílica gel triturada) na adubação do solo.

**Tabela 1.** Análise química do Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQO).

Solo	pH	P	Si	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	t	CTC	V	m	M.O.
		---mg dm <sup>-3</sup> ---					cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----		----- % -----		g kg <sup>-1</sup>
RQo	5,0	2,3	1,2	0,4	0,40	0,3	0,76	1,16	2,96	26	34	16

P, K = (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol L<sup>-1</sup>); Al, Ca, Mg = (KCL 1 mol L<sup>-1</sup>); M.O. = (Método colorimétrico); SB = Soma de bases / t = CTC efetiva / T = CTC a pH 7,0 / V = Sat. por Bases / m = Sat. por Al.

### 3.2.2 Plantio e condução das plantas

A obtenção de plantas de trigo para a utilização no experimento foi realizada em casa-de-vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da UFU (ICIAG). Foi utilizado solo preparado conforme descrição no item 3.2.1. Duzentos gramas de solo foram colocados por copo plástico (200 mL), nos quais foram semeados 4 sementes da cultivar de trigo “BRS 254”. Foram semeados 45 copos de cada tratamento (solo com silício e solo sem silício) a cada cinco dias, desta forma, permitiu a obtenção constante de plantas com mesmo estágio de desenvolvimento. As plantas foram utilizadas no experimento 25 dias após a semeadura.

Das quatro plantas presentes em cada copo, uma foi seccionada para compor a criação de *S. avenae* em placas de Petri com seção foliar sobre ágar-água, duas para a avaliação do teor de silício foliar e uma permaneceu no copo para a criação de *Sitobion avenae* em planta inteira.

### 3.2.3 Avaliação da metodologia com folhas destacadas em placas com ágar

O ensaio avaliando a biologia de *S.avenae* em folhas destacadas foi conduzido no Laboratório de Entomologia e Controle Biológico (LACOB), em câmara climática tipo BOD, com temperatura de  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , fotofase de 12 horas e umidade relativa de 50-55%. Para a instalação deste ensaio utilizou uma das plantas de cada parcela (item 3.2.1) com 30 dias após a semeadura. Foi determinado a utilização da folha três segundo a escala de Zadocks (1974).

Para a montagem das placas, uma seção foliar de aproximadamente 2,0 cm foi cortada da terceira folha da planta de trigo e colocada em placas de Petri (5 cm de diâmetro), sobre uma lâmina de ágar-água a 1%. Um adulto de *S. avenae* foi colocado por placa, a qual foi vedada com tecido de organza, para evitar a fuga dos insetos e possibilitar trocas gasosas, e deixadas de cabeça para baixo, a fim de simular as condições naturais em que o pulgão prefere se posicionar. Após 24 horas os adultos foram retirados deixando apenas uma ninfa por placa. As placas de Petri foram colocadas em câmara climática do tipo BOD.

A cada cinco dias, as placas eram substituídas, renovando-se o ágar e a lâmina foliar e os pulgões transferidos de uma placa para outra, através de pinceis úmidos, colocadas sobre as seções foliares, evitando-se a quebra dos estiletes dos insetos. Avaliações foram feitas diariamente utilizando inicialmente 60 insetos (30 tratamento testemunha e

30 tratamento com Si). Desconsiderou para fins de cálculos de parâmetros biológicos as mortes dos pulgões que não atingiram maturidade biológica e o surgimento de pulgões alados.

Foram avaliados os seguintes parâmetros biológicos: mortalidade; período de desenvolvimento (duração da fase de ninfa, em dias); longevidade (período, em dias, da fase adulta até a morte do inseto); fecundidades diária e total (respectivamente, média do número de ninfas por dia e o total de ninfas produzidas durante a fase adulta), períodos pré-reprodutivo (até a postura da 1ª ninfa); reprodutivo (período em que a fêmea efetivamente reproduz) e pós-reprodutivo dos pulgões (período em que o inseto para de reproduzir até a sua morte), em dias.

### **3.2.4 Avaliação da metodologia plantas inteiras**

A avaliação do efeito do Si sobre a biologia de insetos utilizando plantas inteiras, foi realizado assim como o de folhas destacadas, no interior do LACOB, utilizando gaiolas em sala climatizada, ambas com condições climáticas semelhantes as condições da BOD ( $23 \pm 1$  °C, fotofase de 12 horas e umidade relativa de 50-55%).

Para a avaliação na planta inteira, o mesmo procedimento realizado para plantas destacadas foi realizado, colocando-se uma planta de trigo, com cerca de 25 DAE, e uma ninfa de *S.avenae* por planta, e mantendo as mesmas no interior de gaiolas confeccionadas a partir de garrafas de politereftalato de etila transparentes. Na extremidade superior, a gaiola foi vedada com tecido de organza e na inferior por uma placa de 10 cm de diâmetro, a qual se encaixou nas gaiolas e foi vedada com fita crepe, evitando a fuga dos pulgões.

Diariamente, todas as parcelas foram observadas, acompanhando os instares dos insetos. Quando estes atingiam o 4 instares, os adultos foram retirados e deixou-se apenas uma ninfa para avaliação dos mesmos parâmetros biológicos aferidos para a metodologia de folhas destacadas.

### **3.3 Análises estatísticas**

Para as análises dos parâmetros da tabela de vida de fertilidade, foram considerados quatro tratamentos: planta inteira sem adubação silicatada, folha destacada sem adubação silicatada, planta inteira com adubação silicatada e folha destacada com

adubação silicatada. A tabela de vida de fertilidade de *S. avenae* foi feita usando a técnica de Jackknife (MEYER et al., 1986) e as médias comparadas bilateralmente pelo teste “t” de Student usando o software LIFETABLE.SAS (MAIA et. al.,2000).

Os dados biológicos de *S. avenae* criados em plantas inteiras e em folhas destacadas em placas de Petri com e sem adubação silicatada foram utilizados para o cálculo da tabela de vida de fertilidade. Foram calculados os principais parâmetros associados à tabela de vida de fertilidade, segundo Andrewartha e Birch (1954): a taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ), número de ninfas produzidas por fêmea ao longo de sua vida; a taxa líquida de aumento ( $r_m$ ), parâmetro relacionado com a taxa de crescimento populacional; intervalo médio entre gerações (T), intervalo médio de tempo entre o nascimento das ninfas de uma geração e da seguinte; razão finita de crescimento ( $\lambda$ ), fator de multiplicação da população original a cada intervalo unitário de tempo; e o tempo necessário para duplicar a população inicial (TD).

Os parâmetros biológicos de *S. avenae* foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado e em esquema fatorial 2x2, sendo o primeiro fator a presença ou não de silício na adubação e o segundo a metodologia empregada na criação dos pulgões, se folha destacada em placa com ágar ou planta inteira. A normalidade dos resíduos foi avaliada pelo teste de Shapiro Wilk, e a homogeneidade das variâncias, através do teste de Levene, no software SPSS a 1% ou 5% de probabilidade. Os dados biológicos foram agrupados para cada três a quatro insetos, devido ao fato de ocorrer mortalidade de imaturos, e do aparecimento de insetos alados totalizando 63 insetos avaliados. Foi realizada a *two-way* ANOVA e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### **3.4 Análises de silício disponível**

A quantificação do teor de silício foi feita em plantas que se encontravam no mesmo estágio de desenvolvimento daquelas utilizadas nos ensaios com pulgões. Foram analisadas folhas de plantas na fase vegetativa nas fases de 14 a 15 (ZADOKS et al., 1974), respectivamente. A produção das mudas foi realizada conforme descrição anterior. As plantas foram secas em estufa a 60°C e moídas (folhas) ou picadas em pequenos pedaços (espigas), e as análises foram realizadas de acordo com a técnica de Korndörfer et al. (2004).

O delineamento utilizado na avaliação de silício foliar e na espiga foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos (adubação silicatada e testemunha) e 10 repetições. Cada repetição foi composta por três plantas. A normalidade dos resíduos foi avaliada pelo teste de Shapiro Wilk e a homogeneidade das variâncias, pelo teste de Levene, no *software* SPSS 16.0 a 5% de probabilidade. Foi realizada a ANAVA, e as médias foram comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade, usando o *software* SISVAR (FERREIRA, 2000).

#### 4 RESULTADOS

Houve interação entre a metodologia de criação dos pulgões e a aplicação de silício para o período de desenvolvimento ( $F = 9,604$ ;  $p \leq 0,05$ ) e o período pré-reprodutivo ( $F = 5,474$ ;  $p \leq 0,05$ ) de *S. avenae*. A adubação com silício foi responsável pelo aumento do período de desenvolvimento de pulgões que se desenvolveram em folhas destacadas. Desta forma, este período foi maior para *S. avenae* que se desenvolveram em plantas destacadas com a aplicação de silício tanto quando comparados com aqueles que se desenvolveram em plantas destacadas sem silício ( $F=11,8850$ ;  $p \leq 0,05$ ) como quando comparados com os pulgões que se desenvolveram em plantas inteiras com silício ( $F = 40,8550$ ;  $p \leq 0,05$ ) (Tabela 2).

O período pré-reprodutivo também houve influência tanto da aplicação de silício quanto da metodologia de criação. A adição de silício reduziu o período pré-reprodutivo dos pulgões que se desenvolveram em folhas destacadas ( $F = 5,8240$ ;  $p \leq 0,05$ ), mas não influenciou os insetos nas plantas inteiras ( $F= 0,5690$ ;  $p > 0,05$ ). Quando comparadas as metodologias de criação, foi observado que quando não houve adubação silicatada, o maior período pré-reprodutivo foi verificado para *S. avenae* que se desenvolveram em folhas destacadas ( $F= 7,7870$ ;  $p \leq 0,05$ ). No entanto, não houve diferença significativa entre planta inteira e folha destacada quando foi feita aplicação de silício ( $F = 0,6108$ ;  $p > 0,05$ ) (Tabela 2).

Tabela 2: Períodos de desenvolvimento e pré-reprodutivo (em dias) de *S. avenae* em folhas destacadas e plantas inteiras de trigo, com e sem adubação silicatada.

<b>Desenvolvimento</b>	<b>Silício</b>	<b>Sem Silício</b>
Planta inteira	8,0 ± 0,18 aB	8,2 ± 0,58 aA
Folha destacada	11,6 ± 0,32 aA	9,4 ± 0,25 bA
<b>Período Pré-Reprodutivo</b>	<b>Silício</b>	<b>Sem Silício</b>
Planta inteira	0,34 ± 0,13 aA	0,22 ± 0,11 aB
Folha destacada	0,25 ± 0,16 bA	0,75 ± 0,08 aA

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para as demais características biológicas avaliadas não houve interação entre a metodologia de criação de *S. avenae* e a aplicação de silício. A aplicação de silício reduziu o período reprodutivo de *S. avenae* ( $F = 0,0231$ ) e pulgões que desenvolveram em folhas destacada apresentaram maior período reprodutivo ( $F = 0,0091$ ). Resultado semelhante foi encontrado para a longevidade dos pulgões ( $F = 0,0164$ ;  $F = 0,0063$ ); (tabela 3). O período pós-reprodutivo não foi alterado pela adubação com silício ( $F = 0,1328$ ) ou pela metodologia de criação do pulgão ( $F = 0,1888$ ). Além disso, a longevidade foi maior para insetos desenvolvidos em plantas destacadas (Tabela 3).

Tabela 3: Períodos reprodutivo, pós-reprodutivo e longevidade (em dias) de *S.avenae* em folhas destacadas e plantas inteiras de trigo, com e sem adubação silicatada.

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre

<b>Período Reprodutivo</b>	<b>Silício</b>	<b>Sem Silício</b>	<b>Média ± erro padrão</b>
Planta inteira	5,2 ± 0,77	9,1 ± 0,38	7,0 ± 0,70 B
Folha destacada	10,0 ± 1,93	12,2 ± 2,70	11,1 ± 1,59 A
Média ± erro padrão	6,9 ± 1,07 b	10,3 ± 1,13 a	
<b>Período Pós-Reprodutivo</b>	<b>Silício</b>	<b>Sem Silício</b>	<b>Média ± erro padrão</b>
Planta inteira	0,75 ± 0,16	0,90 ± 0,20	0,82 ± 0,13A
Folha destacada	0,83 ± 0,22	1,33 ± 0,14	1,08 ± 0,15A
Média ± erro padrão	0,78 ± 0,12a	1,07 ± 0,15a	
<b>Longevidade</b>	<b>Silício</b>	<b>Sem Silício</b>	<b>Média ± erro padrão</b>
Planta inteira	6,3 ± 0,89	10,2 ± 0,57	8,1 ± 0,77 B
Folha destacada	11,0 ± 1,98	14,3 ± 2,73	12,7 ± 1,67 A
Média ± erro padrão	8,0 ± 1,11 b	11,8 ± 1,24 a	



O silício reduziu a fecundidade total dos pulgões ( $F = 0,0193$ ), contudo a metodologia de criação dos pulgões não influenciou na fecundidade total de *S. avenae* ( $F = 0,1328$ ;  $p > 0,05$ ) (Tabela 4). De forma contrária, não houve influência do silício na fecundidade diária dos afídeos ( $F = 0,580$ ;  $p > 0,05$ ), porém os insetos desenvolvidos em plantas inteiras apresentaram maior fecundidade diária do que aqueles que se desenvolveram em folhas destacadas ( $F = 0,0280$ ;  $p \geq 0,05$ ) (tabela 4).

A sobrevivência de *S. avenae* não foi influenciada pela metodologia de criação ( $F = 0,5749$ ;  $p > 0,05$ ) e nem pela adubação silicatada ( $F = 0,6532$ ;  $p > 0,05$ ) (tabela 4).

Tabela 4: Fecundidade total e diária e sobrevivência (%) de *S. avenae* em folhas destacadas e plantas inteiras de trigo, com e sem adubação silicatada

<b>Fecundidade Total</b>	<b>Silício</b>	<b>Sem Silício</b>	<b>Média ± erro padrão</b>
Planta inteira	14,8 ± 1,89	26,8 ± 2,91	20,3 ± 2,35A
Folha destacada	23,6 ± 4,94	29,3 ± 6,85	26,4 ± 4,05A
Média ± erro padrão	18,02 ± 2,41 b	27,7 ± 3,04 a	
<b>Fecundidade Diária</b>	<b>Silício</b>	<b>Sem Silício</b>	<b>Média ± erro padrão</b>
Planta inteira	3,2 ± 0,18	3,1 ± 0,23	3,1 ± 0,14 A
Folha destacada	2,6 ± 0,24	2,5 ± 0,18	2,6 ± 0,14 B
Média ± erro padrão	2,97 ± 0,16 a	2,85 ± 0,17 a	
<b>Sobrevivência</b>	<b>Silício</b>	<b>Sem Silício</b>	<b>Média ± erro padrão</b>
Planta inteira	0,70 ± 0,05	0,63 ± 0,10	0,66 ± 0,05A
Folha destacada	0,53 ± 0,12	0,70 ± 0,10	0,62 ± 0,08A
Média ± erro padrão	0,63 ± 0,06a	0,67 ± 0,07a	

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.1 Tabela de vida de fertilidade de *S. avenae*

Quando comparados os valores da tabela de vida de fertilidade *S. avenae*, observa-se que o silício reduziu a taxa intrínseca de aumento populacional ( $r_m$ ) tanto nas plantas inteiras quanto nas folhas destacadas, e que o menor  $r_m$  foi observada para os pulgões em folha destacada com adubação silicatada, demonstrando o efeito deste elemento na fecundidade dos insetos. Resultados semelhantes ao de  $r_m$  foram observados para razão finita ( $\lambda$ ), já que este valor é dependente do primeiro. Reforçando

estes resultados, observa-se que a aplicação de silício reduziu a taxa líquida de reprodução ( $R_o$ ) de *S. avenae* em plantas inteiras (tabela 5).

Independente da aplicação de silício, os pulgões que se desenvolveram em planta inteira apresentaram menor tempo médio entre gerações (T) (tabela 5). Contudo, a aplicação de silício reduziu o tempo para duplicar a população (TD) tanto para pulgões desenvolvidos em plantas inteiras quanto para aqueles que se desenvolveram em folhas destacadas. Porém, a metodologia de criação também teve efeito sobre este parâmetro, e o período mais curto para duplicar a população foi observado para os insetos que desenvolveram em plantas inteiras que receberam a adubação silicatada (tabela 5).

Reforçando estes resultados, observa-se que a menor taxa líquida de reprodução ( $R_o$ ) foi para os insetos que se desenvolveram em planta inteira e que receberam silício em sua adubação (tabela 5).

Tabela 5: Tabela de vida de fertilidade de *S. avenae* criados em plantas inteiras e folhas destacadas de trigo com e sem adubação silicatada (temperatura  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , UR 50-55% e 12h de fotofase).

Parâmetro	Tratamento			
	Planta inteira Si-	Planta inteira Si+	Folha destacada Si-	Folha destacada Si+
$r_m$	0,25 $\pm$ 0,01 a	0,22 $\pm$ 0,02 b	0,21 $\pm$ 0,01 b	0,16 $\pm$ 0,01 c
$R_o$	19,6 $\pm$ 2,99 a	10,6 $\pm$ 1,61 b	21,4 $\pm$ 4,37 a	13,4 $\pm$ 2,32 ab
T	11,8 $\pm$ 0,48 b	10,9 $\pm$ 0,67 b	14,9 $\pm$ 0,64 a	15,8 $\pm$ 0,59 a
TD	2,74 $\pm$ 0,16 c	3,19 $\pm$ 0,14 b	3,35 $\pm$ 0,18 b	4,18 $\pm$ 0,26 a
$\lambda$	1,29 $\pm$ 0,02 a	1,24 $\pm$ 0,01 b	1,23 $\pm$ 0,01 b	1,18 $\pm$ 0,01 c

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si pelo teste “t” de Student a  $p=0,05$  de significância;  $R_o$  = taxa líquida de reprodução;  $r_m$  = taxa intrínseca de aumento; T = tempo médio entre gerações; TD = tempo de duplicação da população;  $\lambda$  = razão finita. **Planta inteira Si-**: metodologia de planta inteira sem adubação silicatada; **Planta inteira Si+**: metodologia de planta inteira com adubação silicatada; **Folha destacada Si-**: metodologia de folha destacada sem adubação silicatada; **Folha destacada Si+**: metodologia de folha destacada com adubação silicatada.

#### 4.2 Análise de silício nas folhas de trigo

Tabela 6: Teor de silício (média  $\pm$  erro padrão) em folhas de plantas de trigo com 30 DAS, adubadas ou não com silício.

Tratamento	Teor de Si (%)
Com Si	4,3 $\pm$ 0,29 a
Sem Si	1,9 $\pm$ 0,38 b

Médias seguidas de letras distintas na coluna se diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

O teor de silício foi diferente entre as plantas adubadas e não adubadas com a sílica gel, mostrando que este elemento foi absorvido pelos vasos do xilema, translocado e depositado nas paredes celulares das plantas.

## 5 DISCUSSÃO

A criação dos pulgões em plantas inteiras propiciou maior crescimento populacional aos pulgões do que a metodologia utilizando-se folhas destacadas em solução de ágar. No entanto, esta metodologia foi eficiente para a avaliação dos efeitos do silício na biologia de *S. avenae*. A utilização de folhas destacadas apresenta vantagens em ensaios de laboratório (MICHEL et al., 2010). A grande utilização da metodologia de criação de pulgões em folhas destacadas sobre solução solidificada de ágar-água para ensaios com pulgões (Sampaio et al. 2001a,b; Soglia et al. 2002, 2003; Sampaio et al. 2008; De Conti et al. 2010, 2011; Oliveira et al. 2013) se dá principalmente pela praticidade no manuseio dos insetos, rapidez para condução dos ensaios e possibilidade de várias repetições em reduzido espaço físico. No presente trabalho, ainda se verificou uma razoável precisão para estimar dados biológicos, embora tenha subestimado a crescimento populacional de *S. avenae*, e uma grande acurácia na avaliação dos efeitos do silício na biologia do pulgão.

No experimento o silício provocou aumento no período de desenvolvimento do pulgão, enquanto que em plantas inteiras, não houve alteração deste parâmetro biológico em função da adubação silicatada. Dias (2013) avaliando a biologia de formas ápteras e aladas de *S.avenae*, observou que o silício não afetou o desenvolvimento dos insetos em folhas destacadas de trigo.

Goussain et. al (2005), avaliando dados biológicos de *S.graminum* em plantas de trigo tratadas com silício via solo e via solo seguida pulverização, não constatou

diferenças para os períodos pré e pós-reprodutivos, havendo uma semelhança para os dados obtidos no presente experimento. Nálin et. al (2012), constataram que a fase larval de *Spodoptera frugiperda* (L) foi maior para plantas tratadas com silício.

Assim como foi observado por Costa e Moraes (2006), os quais demonstraram que a aplicação de silício ou ASM (acibenzolar-S-methyl) via solo, reduziu o número de ninfas produzidas, a taxa de crescimento populacional, o período pós reprodutivo e a longevidade de *S. graminum*, em trigo, foram constatados resultados semelhantes por este experimento.

A fecundidade dos insetos é um dos parâmetros biológicos em que mais se observa o efeito do silício. Costa & Moraes (2006) observaram que a aplicação de silício reduziu em até 80% o número de ninfas colocadas por *Schizaphis graminum* em trigo. Nálin et. al (2012), observaram que adultos de *S. frugiperda*, que não alimentaram de plantas de milho adubadas com Si, ovipositaram 40% a mais de ovos que as alimentadas de plantas com silício, comprovando que existe uma influencia deste mineral, resultando num menor crescimento populacional e menor potencial de dano. Segundo Gomes et. al (2007), este menor número de ninfas nas plantas com silício em relação às plantas não tratadas pode ser devido ao efeito desse elemento na fecundidade dos pulgões e/ou na mortalidade direta de ninfas.

Ao reduzir a alimentação, podem ser verificados efeitos adversos na fecundidade dos pulgões (STARKS; BURTON, 1977). Além disso, a qualidade da planta hospedeira é determinante na fecundidade dos insetos, sendo que os componentes como carbono, nitrogênio e metabólitos de defesa (como os compostos fenólicos) afetam diretamente a fecundidade dos herbívoros em escala individual e populacional (AWMACK; LEATHER, 2002). Goussain et al. (2005) ressaltam que indivíduos de *S. graminum* alimentados em plantas de trigo adubadas com silício apresentaram menor taxa de ingestão de seiva; isso pode conferir menor energia aos insetos que se alimentam de plantas com silício e reduzir a fecundidade e outras características, como a duração dos períodos reprodutivo e pós-reprodutivo e a longevidade.

Trabalhos de COSTA e MORAES (2006) demonstraram que a adubação silicatada em trigo afetou a taxa de crescimento populacional ( $r_m$ ) de *S.graminu* em 25%. Gomes et al. (2008) observaram que, na testemunha, o  $r_m$  de *M. persicae* foi 50% maior que nas plantas adubadas com silício via foliar e 25% maior que nas plantas adubadas com silício via solo e via foliar+solo.

Diferentemente da observação de Correa et al. (2005) de que existe um efeito negativo da adubação com silício via solo e/ou via foliar na sobrevivência ninfal de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B em plantas de pepino, não houve diferença na taxa de mortalidade e sobrevivência de *Sitobion avenae* desenvolvidos em plantas adubadas com Si.

## 6 CONCLUSÃO

A metodologia de folhas de trigo destacadas em ágar mostrou viável para avaliação da maioria dos parâmetros biológicos de *S.avenae*, quando comparado a plantas inteiras, podendo ser utilizada para avaliar o efeito do silício sobre a biologia de pulgões. Foi comprovado a resistência induzida por silício em plantas de trigo ao pulgão *S. avenae*, afetando a biologia dos insetos para tratamentos que receberam adubação silicatada.

## REFERÊNCIAS

ALBRECHT, J.C.; SILVA, M.S. e; ANDRADE, J.M.V. de; SCHEEREN, P.L.; SOARES SOBRINHO, J.; CANOVAS, A.; SOUSA, C.N. de; BRAZ, A.J.B.P.; RIBEIRO JUNIOR, W.Q.; TRINDADE, M. da G.; SOUSA, M.A. de; FRONZA, V.; YAMANAKA, C.H. Trigo BRS 207: cultivar com alto potencial de produtividade indicada para os Estados de Minas Gerais, Goiás e o Distrito Federal. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. 22p.(Documentos, 137)

ALBRECHT, J.C.; SILVA, M.S. e; ANDRADE, J.M.V. de; SOARES SOBRINHO, J.; SOUSA, C.N. de; SOUSA, M.A. de; BRAZ, A.J.B.P.; RIBEIRO JUNIOR, W.Q.; TRINDADE, M. da G.; YAMANAKA, C.H. EMBRAPA 22: cultivar de trigo irrigado para Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Bahia e Distrito Federal. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006b. 14p. (Documentos, 167).

BARBOSA, M. M. Controle genético da Resistência ao vírus do mosaico do trigo em *Triticum aestivum* L. Thell. 1996 Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.

BERED, F.; CARVALHO, F. I. F.; BARBOSA NETO, J. F. B. Variabilidade Genética em Trigo. *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*. v. 14, p. 22-25, 2000.

BETHKE, J.A., R.A. REDAK, & U.K. SCHUCH. 1998. Melon aphid performance on chrysanthemum as mediated by cultivar, and differential levels of fertilization and irrigation. *Entomol. Exp. Appl.* 88: 41-47.

CAETANO, V. da R. *Estudo sobre o vírus do nanismo amarelo em trigo, no Rio Grande do Sul*. 1972. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1972.

CALOW, P. Homeostasis and Fitness. *American Naturalist*, v.120, p.416-419, 1982.  
CALOW, P. The cost of reproduction: a physiological approach. *Biological Review*, v.54, p.23-40, 1979.

CARNEVALE, A.B; BUENO, V.H.P.; SAMPAIO, M.V. Parasitismo e Desenvolvimento de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Aphididae) em *Aphis gossypii* Glover e *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, v.32, n.2, p.293-297, 2003.

CARVALHO, S. P.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G. Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 28, p. 505-510, 1999.

CHÉRIF, M.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J.G; BÉLANGER, R.R. Silicon Induced resistance in cucumber plants against *Phytium ultimum*. *Physiological and plant molecular Plant Pathology*, London, v.41, n.6, p.411-425, 1992.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento, janeiro 2010 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, 2010. 39 p. Publicação mensal.

- CORREA, L.R.B. Aspectos Biológicos de *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) em Cultivares de Algodão de Fibra Naturalmente Colorida. Rev. Bras. De Agroecologia/nov. 2009 Vol. 4 No. 2
- COSTA, R. R.; MORAES, J. C. Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-S-methyl sobre *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. Neotropical Entomology, Londrina, v. 35, p. 834-839, 2006.
- CUNHA, B. Trigo. Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola, 1960. (Estudos Técnicos, 14).
- DATNOFF, L. E.; RAID, R. N.; SNYDER, G. H.; JONES, D. B. Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yields of rice. Plant Disease, Saint Paul, v. 75, n. 7, p. 729-732, 1991.
- DEAN, G.J. 1973. Aphid colonization of spring cereals. Ann. Appl. Biol. 75: 183-193.
- De CONTI, B. F.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V. and SIDNEY, L. A. 2010. Reproduction and fertility life table of three aphid species (Macrosiphini) at different temperatures. Revista Brasileira de Entomologia, vol.54, n.4, pp. 654-660 .
- DIAS, P.A. Silício na indução de resistência em plantas de trigo às formas alada e áptera de *Sitobion avenae* (Fabricius) (Hemiptera: Aphididae). 2012.51f. Dissertação- Universidade Federal De Uberlândia Instituto De Ciências Agrárias, Uberlândia. 2012.
- DIDONET, A. D. A importância da área foliar durante o desenvolvimento da planta de trigo. *Agrotécnica*, São Paulo, v. 8, p. 5-12, 1991.
- DIXON, A. F. G. The way of life of aphids: host specificity, speciation and distribution. In: MINKS, A. K.; HARREWIJN, P. (Ed.). Aphids: their biology, natural enemies and control, v. A. Amsterdam: Elsevier, 1987. p. 197-207.
- EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Washington, v. 91, p. 11-17, 1994.
- EPSTEIN, E. Silicon. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, Palo Alto, v. 50, p. 641-664, 1999.
- FAGUNDES, A. C. Principais espécies de pulgões de trigo no Rio Grande do Sul. Divulgação Agrônômica, Porto Alegre, v. 32, p.11-14, 1972
- FRANCO, L. Cerrado brasileiro produz trigo melhor que o da Argentina. 2011. Disponível em : <http://revistagloborural.globo.com/>. Acesso: 25/01/2013
- FAWE, A.; MENZIES, J. G.; CHERIF, M.; BÉLANGER, R. R. silicon and disease resistance in dicotyledons. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Eds.). Silicon in agriculture. The Netherlands: Elsevier Science, 2001. 403 p.

FILHO, O.F.L. O SILÍCIO E A RESISTÊNCIA DAS PLANTAS AO ATAQUE DE FUNGOS PATOGENICOS. Em:

<http://www.cpa0.embrapa.br/portal/artigos/artigos/artigo1.html>. Acesso: 10/04/2010

FIGLIANO, S.L. comportamento produtivo do trigo em função da densidade de semeadura e da aplicação de reguladores vegetais. Dissertação. 1985. 74p. Disponível em : <http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0603.pdf>. Acesso: 28/01/2013

GALLO, D. et al. Entomologia agrícola. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920

GASSEN, D. N.; TAMBASCO, F. J. Manejo integrado de pragas em trigo. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 9, n. 97, p. 47-49, 1983.

GASSEN, D. N. Biologia de *Methopolophium dirhodum*, *Rhopalosiphum padi*, *Sitobion avenae* e *Schizaphis graminum* (Homoptera: Aphididae) em trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 14., 1993, Rio de Janeiro. Anais... Piracicaba: [s.n.], 1993, p. 53.

GEORGE, K. 1974. Damage assesment. Aspects of cereal aphid attack in autumn and springsown cereals. Ann. appl. Biol. 77: 67-74.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; SANTOS, C. D.; ANTUNES, C. S. Uso de silício como indutor de resistência em batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), Neotropical Entomology, Londrina, v. 37, p. 185-190, 2008.

GOMES, F.B; MORAES, J.C; ASSIS, G.A. Silício e Imidacloprid na colonização de plantas por *Myzus persicae* e no desenvolvimento vegetativo da batata inglesa. Ciência Rural, v.38, n.5, ago, 2008.

GOUSSAIN, M. M.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G.; NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, M. L. Efeito do silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Neotropical Entomology, Londrina, v. 31, p. 305-310, 2002.

GOUSSAIN, M. M.; PRADO, E.; MORAES, J. C. Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera:Aphididae). Neotropical Entomology, Londrina, v. 34, n. 5, p. 807-813, Sept./Oct. 2005.

ILHARCO, F. A. Equilíbrio biológico de afídeos. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1992. 302p.

JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. Silica in soils, plants and animal. Advances in Agronomy, San Diego, v. 19, p. 107-149, 1967.

KVEDARAS, O. L.; KEEPING, M. G. Silicon impedes stalk penetration by the borer *Eldana saccharina* in sugarcane. Entomologia Experimentalis et Applicata, Dordrecht, v. 125, p. 103-110, 2007



- KVEDARAS, O. L.; AN, M.; CHOI, I. S.; GURR, G. M. Silicon enhances natural enemy attraction and biological control through induced plant defences. *Bulletin of Entomological Research*, Farnham, p. 1-5. 2009.
- KOLBE, W. 1969. Studies on the occurrence of different aphid species as the cause of cereal yield and quality losses. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer*. 22(2): 171-204.
- \_\_\_\_\_ y LINKE, W. 1974. Studies of cereal aphids, their occurrence effect on yield in relation to density levels and their control. *Ann. appl. Biol.* 77: 85-87.
- KOGAN, M.; ORTMAN, E. F. Antixenosis – A new term proposed to define Painter's "Non-preference" modality of resistance. *Bull. Entomol. Soc. Amer.*, 24(2), p. 175-176, 1978.
- KOCOUREK, F., HAVELKA, J., BERÁNKOVÁ, J., JAROSIK, V. 1994. Effect of temperature on development rate and intrinsic rate of increase of *Aphis gossypii* reared on greenhouse cucumbers. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 71: 59-64.
- KORNDÖRFER, G. A.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças de cana-de-açúcar e do arroz. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 70, p. 1-5, jun. 1995.
- LARA, F. Princípios de resistência de plantas a insetos. São Paulo: Ícone, 2. ed., 1991.
- LENTEREN, J. C. VAN 1994 Newsletter on biological control in greenhouse. *Sting* 14, Wageningen: IOBC/WPRS, 24p.
- LENTEREN, J. C. VAN; HALE, A.; KLAPWIJK, J. N.; SCHELT, J. VAN; STEINBERG, S. 2003 Guidelines for quality control of commercially produced natural enemies, p. 265-304. In: Lenteren, J. C. van (ed.): *Quality control and production of biological control agents: theory and testing procedures*. Cambridge: CABI, 327p.
- MASSEY, F. P.; ENNOS, A. R.; HARTLEY, S. E. Silica in grasses as a defense against insect herbivores: contrasting effects on folivores and a phloem feeder. *Journal of Animal Ecology*, Oxford, v. 75, p. 595-603, 2006.
- MATTHEWS, R.E.F. *Plant Virology*. 3 ed. San Diego: Academic Press, 1991. 835 p
- MOREIRA, J. A. A.; CÁNOVAS, A. D.; STONE, L. F.; TRINDADE, M. G. A cultura do trigo irrigado no Sistema Plantio Direto. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 16 p. Embrapa Trigo. (Circular Técnica 78).
- MORAES, J. C.; GOUSSAIN, M. M.; BASAGLI, M. A. B.; CARVALHO, G. A.; ECOLE, C. C.; SAMPAIO, M. V. Silicon influence on the tritrophic interaction: Wheat plants, the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) and its natural enemies, *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Aphidiidae). *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 33, p. 619-624, 2004.

- MORAES, J. C.; CARVALHO, S. P. Indução de resistência em plantas de sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench. ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond., 1852) (Hemiptera: Aphididae) com a aplicação de silício. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 26, n. 6, p. 1185-1189, nov./dez. 2002.
- Michel AP, Mian RM, Olivas ND, Cañas LC (2010) Detached leaf and whole plant assays for soybean aphid resistance: differential responses among resistance sources and biotypes. *J Econ Entomol* 103:949-957.
- NÁLI, R.S. Utilização de Fontes de Silício Para Controle de Danos de Spodoptera frugiperda (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na Cultura do Milho. XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO - Águas de Lindóia - 26 a 30 de Agosto de 2012. Disponível: [http://www.abms.org.br/29cn\\_milho/04595.pdf](http://www.abms.org.br/29cn_milho/04595.pdf). Acesso: 28/01/2013
- NARVÁEZ, Z., NOTZ, A. 1993. Desarrollo, longevidad y reproducción del afido verde del ajonjolí, *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) sobre plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) y ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). *Boletín de Entomología Venezolana* 8: 53-61.
- OLIVEIRA, J.E.M.; BORTOLLI, S.A.; Santos, R.F.; MOREIRA, A.N. Desenvolvimento de metodologia de criação e multiplicação de *Aphis gossypii*: avanços e sucessos. *Comunicata Scientiae*, v.1,n.1, p. 65-68, 2010.
- OBRYCKI, J.J. & M.J. TAUBER. 1984. Natural enemy activity on glandular pubescent potato plants in the green house: An unreliable prediction of effects in the field. *Environ. Entomol.* 13: 679-683.
- OBRYCKI, J.J., M.J. TAUBER & W.N. TINGEY. 1983. Predator and parasitoid interaction with aphid resistant potatoes to reduce aphid densities: A two-year field study. *J. Econ. Entomol.* 76: 456-462
- PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORREA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. 2002. Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. Editora Manole, São Paulo. 609p.
- PAINTER, R.H. Insect resistance in crop plants. New York: MacMillan, 1951, 520p.
- PEREIRA, S.C. Silício como potencializador da atividade de enzimas de defesa a ferrugem em plantas de café e de soja. Dissertação apresentada a Universidade Federal de Viçosa. 2007.
- PERUZZO, R.; SALVADORI, J. R.; SILVA, P. R. V.; PEREIRA, E.; BERTOLLO, C.; TONELLO, L. S. Resposta de cultivares de trigo à infestação do pulgão *Rhopalosiphum padi*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.42, n.12, p.1681-1685, 2007a.
- PIANKA, E.R. On r- and k- selection. *American Naturalist*, v.104, p.592-971, 1970.

PIMENTA, H. R.; SMITH, J. G. Afídeos, seus danos e inimigos naturais em plantações de trigo (*Triticum sp.*) no estado do Paraná. Curitiba: Organização das Cooperativas do Estado do Paraná, 1976. 175p.

PRATES, L. G.; FERNANDES, J. M. C. Determinação da taxa de crescimento micelial de *Bipolaris sorokiniana*. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 18., 1999, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. v. 2, p. 481-485.

PULZ, A.L. Os silicatos podem também, atuar nas reduções de toxicidade do Fe, Mn e Al, para as plantas além de aumentar a disponibilidade de P no solo. Dissertação Mestrado. 2007. 46 p.

ROITBERG B.D., BOIVIN G. & VET L. 2001: Fitness, parasitoids, and biological control: an opinion. *Can. Entomol.* 133:429–438.

ROSSING, W.A.H. Simulation of damage in winter wheat caused by the grain aphid *Sitobion avenae*. 3. Calculation of damage at various attainable yield levels. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, v. 97, p. 87-103, 1991.

SALVADORI, J. R. Pragas da lavoura de trigo. In: CUNHA, G. R.; BACALTCHUCK, B. (Org.). Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p.267-278, 2000 (Série Culturas).

SALVADORI, J. R.; SALLES, L. A. B. de. Controle biológico dos pulgões do trigo. In: PARRA, J. R. P. et al. (Org.). *Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores*. São Paulo: Manole, 2002. p. 427-447.

SALVADORI, J. R.; PEREIRA, P. R. V.; SILVA, M. T. B. Manejo de pulgões. *Revista Cultivar*, Pelotas, n. 75, p. 32-34, 2005.

SALVADORI, J. R.; TONET, G. E. L. *Manejo integrado dos pulgões de trigo*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 2001. (Documentos, 34).

SALVADORI, J. R.; LAU, D.; PEREIRA, P. R. V. S. Cultivo de trigo. Sistemas de Produção 4, versão eletrônica. Embrapa Trigo, 2009. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Trigo/CultivodeTrigo/index.htm>> Acesso em: 21 nov. 2010.

SAMPAIO, M. V.; SOGLIA, M.C.M. ; Desenvolvimento e sobrevivência de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em diferentes temperaturas e cultivares comerciais de crisântemo. *Neotropical Entomology*, v. 31, n.2, p. 211-216, 2002

SAMPAIO, M. V. ; RODRIGUES, S. M. M ; SOGLIA, M.C.M. . Resposta à temperatura de *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) originário de três regiões climáticas de Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, Curitiba, v. 49, n.1, p. 141-147, 2005.

SAMPAIO, M. V. ; BUENO, V.H.P. ; DE CONTI, B.F. The effect of the quality and size of host aphid species on the biological characteristics of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae). *European Journal of Entomology*, v. 105, p. 489-494, 2008.

STARKS, K. J.; BURTON, R. L. Greenbugs: a comparison of mobility on resistant and susceptible varieties of four small grains. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v. 6, p. 331-332, 1977.

SILVA, M. T. B. Reação de cultivares e eficiência do controle químico de pulgões vetores do vírus do nanismo amarelo da cevada em trigo. Santa Maria, 2002. Tese (Doutorado de Agronomia). Curso de Doutorado do programa de pós- graduação em Agronomia-Universidade Federal de Santa Maria. 70 p.

SILVA, A. M. Biologia E Comportamento De *Sitobion Avenae* (Hemiptera: Aphididae) Em Quatro Cultivares Comerciais De Trigo (*Triticum Aestivum* L.). 2011. Dissertação. Universidade Federal de Uberlândia- Instituto de Ciências Agrárias. 47f. 2011.

SILVA, M.A.; SAMPAIO, M.V.; OLIVEIRA, R.S.; KORNDORFER, A.P.; FERREIRA, S.E.; POLASTRO, G.C.; DIAS, P.A.S. Antibiosis and non-preference of *Sitobion avenae* (F.) (Hemiptera:Aphididae) on leaves and ears of commercial cultivars of wheat (*Triticum aestivum*). *Neotropical Entomology*, v. , n. , p. , 2013.

SOGLIA, M.C.M. ; SAMPAIO, M. V. Desenvolvimento e sobrevivência de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em diferentes temperaturas e cultivares comerciais de crisântemo. *Neotropical Entomology*, v. 31, n.2, p. 211-216, 2002.

VIEIRA, M.R; CAMPOS, A.R; CASTRO, T.M.M.G; SILVA, H.A.S; FIGUEIRA, J.C; VERDE, M.S. RESISTÊNCIA DE CULTIVARES DE ALGODOEIRO AO ÁCARO BRANCO *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (ACARI:TARSONEMIDAE). *Rev. bras. ol. fibros.*, Campina Grande, v.6, n.2, p.545-555, maio-ago. 2002

VEREIJKEN, P. H. Feeding and multiplication of three cereal aphid species and their effect on yield of winter wheat. *Agricultural Research Reports*, v. 888, n. 58, 1979.

WILSON, L.T.; BARNET, W.W. Degree-days: an aid in crop and pest management. *California Agriculture*, Oakland, v. 37, p. 4-7, 1983.

ZUÑIGA, E. Biological control of cereal aphids in the southern cone of South America. In: BARLEY YELLOW DWARF VIRUS WORKSHOP, 1990, Udine. Proceedings... Udine: [s.n.], 1990. p.500.

WRATTEN, S. D.; LEE, G.; STEVENS, D. J. Duration of cereal aphid populations and the effects on wheat yield and quality. *British Crop Protection Council: Proceedings of the 1979 British Crop Protection Conference - Pests and Diseases*. England. v. 3, p. 1-8, 1979.

