

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MOVIMENTAÇÃO LARVAL DE *Spodoptera frugiperda* (J. E.  
SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO  
CULTIVADO NO SISTEMA SANTA FÉ**

**Larissa da Silva Conceição**

Engenheira Agrônoma

**2019**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MOVIMENTAÇÃO LARVAL DE *Spodoptera frugiperda* (J. E.  
SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO  
CULTIVADO NO SISTEMA SANTA FÉ**

**Larissa da Silva Conceição**

**Orientador: Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção de título de Mestre em Agronomia (Entomologia Agrícola)

**2019**



C744m Conceição, Larissa da Silva  
Movimentação Larval De Spodoptera frugiperda (J. E. Smith)  
(Lepidoptera: Noctuidae) Em Milho Cultivado No Sistema Santa Fé /  
Larissa da Silva Conceição. -- Jaboticabal, 2019  
58 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal  
Orientador: Odair Aparecido Fernandes

1. Movimentação Larval. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: MOVIMENTAÇÃO LARVAL DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH)  
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO CULTIVADO NO SISTEMA  
SANTA FÉ

**AUTORA: LARISSA DA SILVA CONCEIÇÃO**

**ORIENTADOR: ODAIR APARECIDO FERNANDES**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA  
(ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ODAIR APARECIDO FERNANDES  
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Pesquisador Dr. JULIO CESAR FATORETTO  
Syngenta Proteção de Cultivos (Latin America Trait Product Manager) / Piracicaba/SP



Prof. Dr. ARLINDO LEAL BOÇA JUNIOR  
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 25 de julho de 2019

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

**LARISSA DA SILVA CONCEIÇÃO**– Nascida em Santo Antônio de Jesus – BA, no dia 19 de abril de 1993, filha de Antônio Santana Conceição e Edna Maria da Silva Conceição. Em 2011 ingressou no curso de Eng. Agrônoma da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e recebeu o título de Engenheira Agrônoma em julho de 2017. Durante a graduação estagiou no laboratório de entomologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Mandioca e Fruticultura), realizando pesquisas com manejo de pragas da cultura da banana, sendo bolsista de Iniciação Científica do Macroprograma da EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. Ingressou no curso de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em agosto de 2017, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/Unesp, Jaboticabal, na área de Entomologia Agrícola, sob a orientação do Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes, sendo bolsista pela CAPES. Desenvolveu sua dissertação com Movimentação Larval de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho cultivado no sistema Santa Fé.

## DEDICATÓRIA

Gostaria de dedicar esse trabalho a Deus por ser tão presente e essencial em minha vida, o autor do meu destino, meu guia que nunca me abandonou.

Aos meus pais Edna Maria da Silva Conceição e Antônio Santana Conceição. O cuidado e dedicação de vocês me deram forças pra seguir e a certeza de que eu nunca estive sozinha nessa caminhada.

A minha irmã Tamires da Silva Conceição de Freitas, meu cunhado Daniel de Freitas da Silva e minha sobrinha e afilhada Lís de Freitas da Silva pela força por meio de todas as palavras de incentivo.

A minha avó Amanda Gomes da Silva que é sinônimo de carinho e cuidado.

A toda minha família por tanto amor!

*Muito obrigada!*

## AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal, São Paulo, e aos docentes e discentes do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) desta instituição.

Ao meu orientador Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes o qual eu tenho grande admiração e respeito, pela paciência, pela partilha de conhecimento, pelos ensinamentos para a vida.

A todos os alunos, estagiários e membros do Laboratório de Ecologia Aplicada (ApEcoLab), em especial a José Chamessanga Álvaro por ter me ajudado em todas as avaliações. Obrigada pelo companheirismo!

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) pela assistência nos experimentos realizados a campo em especial ao Sr. João Bernardo e Marcelo Scatolin.

À Syngenta Proteção de Cultivos pelo suporte financeiro.

A Herbae pelo fornecimento da escala utilizada neste trabalho para avaliação de *U. ruzizensis*.

Minha ex orientadora e amiga Marilene Fancelli pelo incentivo.

Aos meus amigos da Bahia representados aqui em São Paulo por Sandy Sousa Fonseca, Danilo dos Reis Cardoso Passos, Breno de Jesus Pereira, Maiara Alexandre Cruz, Daiana Paixão Nogueira Silva e aos amigos que conquistei ao longo dessa trajetória que levarei para a vida, que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho, em especial a Ana Beatriz Dilena Spadoni, Flávia Fagundes de Paula, Ávyla Régia de Albuquerque Barros e Ivana Lemos Souza.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

*“O grande segredo para a plenitude  
é muito simples: compartilhar.”*

**- Sócrates**

## SUMÁRIO

RESUMO .....	ii
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO .....	01
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	02
2.1 Aspectos gerais de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	02
2.2 Plantas hospedeiras em sistema Santa Fé .....	04
2.2.1 Milho ( <i>Zea mays</i> L) .....	04
2.2.2 <i>Urochloa ruziziensis</i> .....	05
2.3 Movimentação larval de Lepidópteros .....	07
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	09
3.1 Experimento em campo .....	09
3.2 Experimentos em gaiolas .....	12
3.3 Parâmetros meteorológicos .....	15
3.4 Análise dos Dados .....	15
4 RESULTADOS.....	16
4.1 Experimento em campo .....	16
4.2 Experimento em gaiolas .....	21
5 DISCUSSÃO .....	29
6 CONCLUSÕES .....	34
7 REFERÊNCIAS.....	35
8 APÊNDICES .....	42
8.1 Apêndice A .....	43
8.2 Apêndice B.....	44
8.3 Apêndice C.....	46

**MOVIMENTAÇÃO LARVAL DE *Spodoptera frugiperda* (J. E.  
SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)  
EM MILHO CULTIVADO NO SISTEMA SANTA FÉ**

**RESUMO** – O cultivo de milho pode ser realizado em consórcio com outras gramíneas como *Urochloa ruziziensis* (Germain & Evrard). Assim, a lagarta-do-cartucho pode se desenvolver nesta última e se movimentar posteriormente para o milho. Entretanto, larvas em estádios de desenvolvimento mais avançados podem não ser afetadas pela concentração expressa de proteína inseticida nos híbridos de milho. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a movimentação de larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) em cultivo de milho cultivado em consórcio com *U. ruziziensis*. O estudo foi conduzido em campo e em gaiolas teladas. Os tratamentos consistiram em milho híbrido Bt e milho não Bt cultivados em consórcio ou não, além do cultivo solteiro de *U. ruziziensis*. Os resultados indicaram que larvas neonatas de *S. frugiperda* se movimentam do milho para o capim e vice-versa. Isto favoreceu a sobrevivência dos insetos, principalmente nas situações de consórcio quando dois recursos alimentares estavam disponíveis. Por outro lado, não se verificou a presença de larvas de 4<sup>o</sup> a 6<sup>o</sup> instares em plantas de milho Bt em consórcio com *U. ruziziensis*. Isto sugere que a expressão de proteína Vip 3 é suficientemente elevada para causar mortalidade mesmo em larvas mais desenvolvidas. Estes resultados são importantes para aprimoramento do atual programa de manejo de resistência de insetos às táticas de controle para garantir a maior durabilidade da tecnologia e constatar se o capim pode ser usado como refúgio alternativo.

**Palavras-Chave:** Proteína Vip3, interação inseto-planta, dispersão

**LARVAL MOVEMENT OF *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) IN MAIZE CULTIVATED IN THE SANTA FE SYSTEM**

**ABSTRACT** – Maize cultivation can be carried out in consortium with other grasses such as *Urochloa ruziziensis* (Germain & Evrard). Therefore, the fall armyworm can develop in this plant species and move later onto maize plants. However, late-stage larvae may not be affected by the expressed concentration of insecticidal protein in maize hybrids. Thus, the aim of this work was to evaluate the movement of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) larvae in maize planted in consortium with *U. ruziziensis*. The study was conducted in the field as well as in cages. The treatments were composed of Bt and non Bt maize hybrids grown either in consortium or not, including a single crop of *U. ruziziensis*. The results indicated that neonate larvae of *S. frugiperda* move from maize to grass and vice versa. This favored the survival of insects, especially in consortium situations when two food resources were available. On the other hand, the presence of 4<sup>th</sup>- to 6<sup>th</sup>- instar larvae was not observed in Bt maize plants in consortium with *U. ruziziensis*. This suggests that the expression of Vip 3 protein is sufficiently high to cause mortality even in more developed larvae. These results are important to enhance the current insect resistance management program to control strategies aiming to ensure the technology durability and to verify whether the grass can be used as an alternative refuge.

**Key words:** Vip3 Protein, insect-plant interaction, dispersal

## 1 INTRODUÇÃO

Plantas de milho transgênico (*Zea mays* L.) expressando proteínas inseticidas (Vip) de *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt) foram liberadas para uso comercial no Brasil em 2009 (CTNBio, 2009). O uso desse milho geneticamente modificado tem contribuído para o avanço do agronegócio brasileiro, pois apresenta maior resistência à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), praga de elevada importância para a cultura. Além disso, esta tecnologia contribui com a diminuição da quantidade de inseticidas aplicados nas lavouras e, com isso, menor exposição do meio ambiente e do trabalhador rural a esses produtos químicos (Giolo et al., 2007).

Além de ser plantado solteiro, o milho Bt também pode ser cultivado em consórcio com o capim *Urochloa ruziziensis* (Germain & Evrard), por exemplo, em sistema conhecido no Brasil como Santa-Fé. Este sistema foi desenvolvido para a produção de grãos, palha de milho para cobertura do solo e palha ou pasto de capim para alimentação animal. Alternativamente, todo o material pode ser incorporado para aumentar o teor de matéria orgânica no solo e, com isso, melhorar a capacidade de retenção de água e reduzir o efeito do estresse hídrico durante períodos de seca (Alvarenga e Noce, 2005).

Apesar dos evidentes benefícios, o cultivo de milho em sistema Santa Fé pode apresentar limitações, pois *U. ruziziensis* também é um hospedeiro da lagarta-do-cartucho (Boregas et al., 2013). Assim, a primeira hipótese é de que as larvas podem se desenvolver no capim *U. ruziziensis* e se movimentar posteriormente para o milho. Como larvas em estágios de desenvolvimento mais avançados podem não ser afetadas pela concentração expressa de proteína inseticida nos híbridos de milho (Sena et al., 2009), a mortalidade pode ser reduzida. Não obstante, caso esta primeira hipótese não se confirme, o capim poderia funcionar como refúgio complementar. Diante desse cenário, o objetivo desse trabalho foi avaliar a movimentação de larvas de *S. frugiperda* em cultivo de milho cultivado em consórcio com *U. ruziziensis*. Estes resultados poderão suportar um aprimoramento do atual programa de manejo da resistência de insetos às táticas de controle para este sistema, visto que a evolução da resistência de pragas de insetos alvos vem sendo a principal ameaça à sustentabilidade das plantas Bt.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos gerais de *Spodoptera frugiperda*

*Spodoptera frugiperda*, também conhecida como lagarta-do-cartucho-do-milho ou lagarta-militar foi descrita como praga em 1797, na Geórgia (EUA). No Brasil a praga foi relatada somente em 1964 causando danos em milho, arroz e pastagens, e em função da polifagia da espécie, tendo alimento disponível o ano todo e condições climáticas favoráveis ao inseto, atualmente pode ser encontrada em todas as regiões do território nacional (Cruz, 1995).

Aproximadamente 186 espécies de plantas são registradas como hospedeiras para a lagarta-do-cartucho, embora exista uma preferência alimentar por gramíneas (Poaceae) como milho (*Z. mays*), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) pastagens (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia); cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), sendo considerada a principal praga da cultura do milho (Cruz e Turpin, 1983; Cortez e Waquil, 1997; Pogue, 2002; Casmuz et al., 2010; Mendes et al., 2011).

O inseto acomete todas as estruturas aéreas do milho, dando preferência às folhas jovens no período vegetativo (Buntin, 1986). Quando o ataque acontece no início dos estádios fenológicos da cultura, a lagarta-do-cartucho pode levar a planta à morte (Waquil et al., 1982). Além da parte aérea, as partes reprodutivas (pendão e espiga) também podem ser afetadas e, nesses casos, pode causar perdas quantitativas, com redução na produção, e qualitativas, pelo favorecimento do desenvolvimento de fungos e presença de micotoxinas nos grãos (Cruz et al., 1999; Busato et al., 2004).

É um inseto holometabólico, ou seja, possui metamorfose completa, passando pelas fases de ovo, lagarta, pupa e adulto (Luginbill, 1928, Cruz e Monteiro, 2004). O inseto na fase adulta é uma mariposa de cor cinza e mede cerca de 15 mm de comprimento. No macho as asas anteriores possuem manchas claras, o que o diferencia das fêmeas, já as asas posteriores são claras e contornadas por linhas marrons em ambos os sexos (Cruz, 1995; Pogue, 2002). Os adultos possuem hábito noturno e durante o dia não são ativos. Sua atividade de oviposição e acasalamento começam com o pôr do sol e atinge o pico duas a quatro horas após o início, quando as temperaturas estão mais amenas e favoráveis para o inseto (Sparks, 1979; Cruz, 1995). O adulto tem a longevidade de aproximadamente 12

dias, sendo que a partir do terceiro dia de emergência as fêmeas iniciam a oviposição.

Após a cópula, as fêmeas realizam a postura nas folhas da planta de milho, colocando por cima desta, escamas oriundas da região posterior do abdome. Os ovos possuem formato circular, medem 0,39 mm de diâmetro e apresenta a forma oblonga esferoidal. Logo no início quando a mariposa faz a postura, a cor do ovo é verde-clara e fica alaranjada depois de 12 a 15 h. Quando próximo da eclosão das larvas, os ovos tornam-se escurecidos, devido à cor da cápsula cefálica (Capinera, 2017).

As larvas, após a eclosão, são esbranquiçadas e se alimentam do córion. Posteriormente ficam em repouso entre duas a dez horas, antes de buscar outras fontes de alimentos (Cruz, 1995; Busato et al., 2004). No segundo ínstar as larvas apresentam ainda o corpo com coloração esbranquiçada, porém com um sombreamento marrom no dorso e ao atingirem o terceiro instar passam a ter em vista dorsal coloração marrom claro e na parte ventral coloração esverdeada. A partir do terceiro ínstar é possível observar três listras longitudinais nas larvas de *S. frugiperda*, sendo uma de cor marrom claro localizada em vista dorsal e uma de cada lado na região dorso lateral (supra-espíraculares) de tonalidade marrom escuro e duas sub-espíraculares, as duas de coloração branca (Cruz, 1995; Pogue, 2002).

No quarto ínstar, as larvas têm a cabeça marrom-avermelhada e o dorso do corpo marrom-escuro e quando chegam ao quinto e sexto ínstar, as larvas são parecidas com as do quarto ínstar, porém apresentam coloração mais acentuada (Cruz, 1995; Pogue, 2002). As larvas de *S. frugiperda* têm duas características básicas que as distinguem de outras larvas do gênero. A primeira característica é a presença de tubérculos que estão localizados em cada segmento abdominal no formato de trapézio, composto por quatro pináculos, de coloração preta, as quais apresentam uma área esclerotizada com um pelo curto engrossado na base (Pogue, 2002). A segunda característica é possuir “Y” invertido na frente (Pitre e Hogg, 1983; Cruz, 1995; Pogue, 2002).

As larvas passam por seis ínstars e a duração de cada ínstar vai depender da temperatura e do alimento. De forma geral, quanto maior a temperatura, menor será o período larval (Cruz, 1995; Murúa e Virla, 2004). Ao final do período larval, as larvas penetram no solo e se transformam em pupas. A depender da temperatura, a fase pupal pode durar entre seis e 55 dias (Cruz, 1995; Valicente, 2015; Capinera,

2017).

No início a pupa apresenta cor verde- clara, mas após alguns minutos a cor muda para alaranjada e depois para marrom. Próximo à emergência dos adultos, as pupas apresentam uma tonalidade de cor mais escura, quase preta. (Cruz, 1995). Nas pupas pode ser observada as diferenças entre os sexos através de caracteres morfológicos que se estão localizados nos urômeros genitais, VIII e IX (Luginbill, 1928; Butt e Cantu, 1962).

## **2.2 Plantas hospedeiras de *S. frugiperda* em sistema Santa Fé**

### **2.2.1 Milho (*Zea mays* L.)**

O milho é uma espécie de monocotiledônea que pertence à família Poaceae, Subfamília Panicoideae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. (Siloto, 2002). É uma planta herbácea que apresenta os dois sexos na mesma planta em diferentes inflorescências e por isso é chamada de monóica (Paterniani e Campos, 1999). A cultura completa o ciclo no período de aproximadamente quatro a cinco meses sendo considerada uma planta anual.

No Brasil, o milho é cultivado o ano todo e sua produção é separada em duas épocas de plantio, denominadas de primeira safra ou plantio de verão e segunda safra ou popularmente conhecido como safrinha. O grão pode ser usado na alimentação humana e na alimentação animal na forma de forragem verde ou conservada (silagem), além de ser fonte de matéria prima em inúmeros complexos agroindustriais como na extração de biocombustível (Fancelli e Dourado Neto, 2004).

As plantas de milho geneticamente modificadas (milho Bt) que expressam proteínas inseticidas são eficientes no controle de lepidópteros-pragas, incluindo *S. frugiperda*, dependendo da especificidade (Lynch et al., 1999; Barry et al., 2000; Huang et al., 2002). Todavia, o uso exclusivo desta tecnologia também impõe forte pressão de seleção às populações, podendo haver nesse caso a seleção de populações resistentes (Mendes et al., 2011).

Existem várias vantagens em se cultivar o milho Bt, sendo que dentre elas está a diminuição da quantidade de inseticidas aplicados nas lavouras e com isso, menor exposição do meio ambiente e do trabalhador rural a esses produtos

químicos. O mau uso dessa tecnologia coloca em risco a sua durabilidade, pois a não utilização de estratégias de Manejo de Resistência de Insetos, como as áreas de refúgio, pode selecionar indivíduos resistentes à toxina Bt (Mendes e Waquil, 2009).

A lagarta-do-cartucho é a praga que mais gera preocupação ao produtor de milho (Praça et al., 2006). As plantas quando são atacadas podem ser reconhecidas facilmente pela presença de pontuações transparentes nas folhas. As larvas neonatas acabam raspando o tecido verde de um dos lados da folha durante a alimentação, deixando íntegra a epiderme do outro lado. Com isso, observa-se sintoma de folhas raspadas. No segundo ínstar, a larva realiza perfurações nas folhas. Do terceiro ínstar até chegar a fase de pré-pupa, a larva consome boa parte de área foliar, comprometendo a sua capacidade fotossintética e, conseqüentemente, o potencial de crescimento e produção da planta (Capinera, 2000). A larva também pode atacar diretamente os grãos que estão ainda sendo formados e causar danos diretos através da alimentação ou indiretos por favorecer a entrada de microrganismos, ocasionando a perda da qualidade dos grãos (Cruz, 1995; Bentancourt e Scatoni, 1996; Grigolli e Lourenção, 2013).

### **2.2.2 *Urochloa ruzizensis* (Germain & Evrard)**

Planta de origem africana, perene, pertencente à família Poaceae. Apresenta a característica de perfilhar, porém, não apresenta raízes adventícias nos nós inferiores dos colmos (Aukar, 2011). Exibe o hábito de crescimento em forma de touceira e isso propicia uma eficiente cobertura do solo, quando manejada de maneira adequada, além de ser uma planta bastante eficiente no que se refere à competição com plantas invasoras (Adegas et al., 2011).

Apresenta folhas lineares e lanceoladas, que medem cerca de 100 a 200 mm de comprimento e 15 mm de largura. A inflorescência é constituída por 3 a 6 racemos que tem de 4 a 10 cm de comprimento. As espiguetas medem aproximadamente 5 mm de comprimento, são pilosas na parte apical e bisseriadas por toda a extensão da ráquis (Sendulsky, 1977).

O gênero *Urochloa* é bastante utilizado no Brasil devido à sua capacidade de se adaptar a solos de baixa fertilidade. Apresenta características de tolerância a seca e elevada produção de semente e por isso, as forrageiras do gênero *Urochloa*

foram as primeiras a serem cultivadas em larga escala no Cerrado brasileiro a fim de substituir as pastagens naturais (Alcântara, 1987). Além disso, de modo geral, as espécies pertencentes ao gênero braquiária, atualmente denominada *Urochloa*, são bons cicladores de nutrientes, sendo capazes de aumentar a eficácia de utilização de fósforo (P) (Pavinato et al., 2009).

Estudos mostram que plantas de *U. ruziziensis* exibem potencial para constituição de pastagens e por isso podem ser incluídas em sistemas consorciados de integração lavoura-pecuária (Pariz et al., 2011; Souza Sobrinho et al., 2011).

O cultivo consorciado é um sistema em que, numa mesma área, são implantadas duas ou mais espécies de plantas, convivendo juntas, em parte ou em todo seu ciclo. É caracterizado por conseguir maximizar a área de plantio devido ao cultivo simultâneo das espécies que se diferem entre si quanto o seu hábito de crescimento, arquitetura vegetal e fisiologia. Essas plantas podem ser semeadas simultaneamente ou não, mas compartilham os mesmos recursos ambientais durante boa parte de seus ciclos (Richart et al., 2010).

Dentre as diversas técnicas de consórcio, existe o cultivo conhecido como sistema Santa Fé. O Sistema Santa Fé foi divulgado em 2001 e consiste no consórcio de milho (*Z. mays*) com *Urochloa*, e recebeu este nome devido aos primeiros experimentos relacionados a este consórcio serem feitos na Fazenda Santa Fé, localizada na cidade de Santa Helena de Goiás, GO (Kluthcouski et al., 2000).

Essa tecnologia foi desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo e tem como base a produção consorciada de culturas de grãos como o milho e forrageiras tropicais, de preferência as do gênero *Urochloa* (Alvarenga e Noce, 2005). Macedo (2009) afirma que o uso de forrageiras tropicais plantadas consorciadas com a cultura do milho é uma prática cultural que vem sendo utilizada a algum tempo para produzir grãos juntamente com a palhada e para recuperar pastagens que já estão degradadas.

O milho é uma espécie anual e apresenta crescimento inicial acentuado; já a maior parte das forrageiras são plantas perenes e seu crescimento inicial é lento. Essa falta de sincronia no ritmo de crescimento proporciona que o milho se desenvolva e produza grãos sem que haja grande competição com a forrageira, (Alvarenga e Noce, 2005), porém em alguns casos, para evitar que ocorram perdas na produtividade do milho, é importante que se faça aplicação de herbicida para

supressão inicial do capim (Kluthcousi et al., 2000; Ceccon et al., 2010).

É recomendado que a implantação do milho e de *U. ruziziensis* seja feita simultaneamente para diminuir os custos com operações de semeadura. Porém, a semeadura da braquiária posterior à semeadura do milho (em até 14 dias), é uma opção para reduzir a competição do capim com o milho (Ceccon et al., 2009).

Estudos realizados com diferentes espécies de *Urochloa* mostram que *U. ruziziensis* é a forrageira mais recomendada para efetuar o consórcio e permitir elevada produção de grãos e palha para cobertura do solo. Essa espécie tem facilidade de dessecação, produz massa suficiente para fazer a cobertura do solo, além de possuir sementes de baixo custo (Ceccon et al., 2011).

De acordo com Pariz et al. (2009), *U. ruziziensis* quando plantada consorciada no sistema de integração lavoura-pecuária, auxilia na cobertura vegetal. Dessa forma, a gramínea protege o solo e contribuir para a reciclagem de nutrientes. Nesse sistema de plantio, após a colheita da cultura principal, o capim *Urochloa* é disponibilizado para alimentação animal, cobertura do solo e produção de palhada para o plantio direto.

### **2.3 Movimentação larval de lepidópteros**

A dispersão larval é caracterizada como um comportamento adaptativo, que tem grande importância durante a fase jovem do inseto e está relacionada com a sobrevivência quando o recurso alimentar é escasso no espaço em que ele se encontra (Bellanda e Zucoloto, 2009). Quando o recurso alimentar está presente em maior quantidade, isso reduz a competição intra-específica entre as larvas e, por conseguinte, há uma menor necessidade de movimentação entre as plantas, já que essas larvas não precisam sair em busca do alimento (Bellanda e Zucoloto, 2009).

Para os insetos na fase larval, a maior ameaça de mortalidade está relacionada à presença de inimigos naturais na área (Damman, 1987). Todavia, os fatores ambientais também podem causar mortalidade, como por exemplo, as altas e baixas temperaturas, as chuvas que podem ocasionar a lavagem de larvas ou até mesmo o afogamento (Zalucki et al., 2002).

Larvas neonatas, podem se movimentar por caminhamento ou por meio de balonismo (“*ballooning*”). No caso do balonismo, as larvas produzem um fio de seda

os quais ficam dependuradas, facilitando assim a movimentação entre plantas vizinhas com auxílio do vento. Em ínstares mais avançados, o balonismo não é comum devido ao aumento de peso das larvas e, por esse motivo, a movimentação acontece por meio do caminhar (Zalucki et al., 2002).

Grande parte dos estudos relacionados à movimentação de insetos tem sido dedicada aos adultos em razão de sua elevada taxa de dispersão. O interesse de alguns cientistas por estudar movimentação de insetos teve início no século XX (Elton, 1927), porém, ainda há alguns questionamentos que precisam ser respondidos. Sabe-se que *S. frugiperda* é praga principal do milho e praga secundária de *U. ruziziensis*, porém, faltam informações sobre a movimentação larval da praga alvo na presença de dois recursos alimentares (milho e *Urochloa*) em plantio consorciado como no sistema Santa-fé. Ainda, precisa ser esclarecido se essa movimentação pode interferir na eficiência da tecnologia Bt, uma vez que a expressão de proteínas inseticidas pode não causar a morte de insetos mais desenvolvidos (ex. lagartas de ínstares avançados).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Experimento em campo

O experimento foi realizado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV/UNESP, câmpus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil (21°14'58.96" S e 48°17'8.18" O). A área experimental foi instalada ao lado de plantio de milho, de maneira a facilitar a infestação natural de *S. frugiperda*.

Esse experimento foi conduzido entre os meses de março e maio/2018, durante a segunda safra de milho. Foram utilizados híbridos de milho STATUS e STATUS VIP3 (Syngenta Proteção de Cultivos) e capim *U. ruziziensis* em sistema de consórcio (Sistema Santa Fé). O valor cultural, isto é, a estimativa da pureza e germinação das sementes de capim, conforme as Regras para Análise de Sementes (MAPA, 2009), foi de 63,8%.

A semeadura foi realizada no dia 15 de março de 2018, sendo que as sementes de milho foram plantadas mecanicamente e as de capim foram lançadas manual e aleatoriamente, após a semeadura do milho. Utilizou-se 3 kg de sementes puras de capim/ha. A parcela experimental de milho foi composta de 15 linhas com 30 m de comprimento, no espaçamento de 0,45 m entre linhas e 3-4 plantas/m, correspondendo a 202,5 m<sup>2</sup> de área. Foi mantido corredor de 1 m entre parcelas e 90 cm entre blocos sem plantas. Adotou-se o desenho experimental de blocos casualizados com 5 tratamentos e 4 repetições (Tabela 1).

A irrigação foi realizada por aspersão sempre que necessário. O controle de plantas daninhas dicotiledôneas foi realizado com uma aplicação do herbicida 2,4-diclorofenoxiacético (2,4D) no dia 11 de abril de 2018 (21 dias após a emergência das plantas), na dosagem de 1,5 L do produto para 300 L de água. Plantas daninhas monocotiledôneas foram removidas manualmente para manter o cultivo sem plantas invasoras.

**Tabela 1.** Tratamentos adotados para avaliação da movimentação de larvas e emergência de adultos de *S. frugiperda* em milho consorciado com capim *U. ruziziensis*.

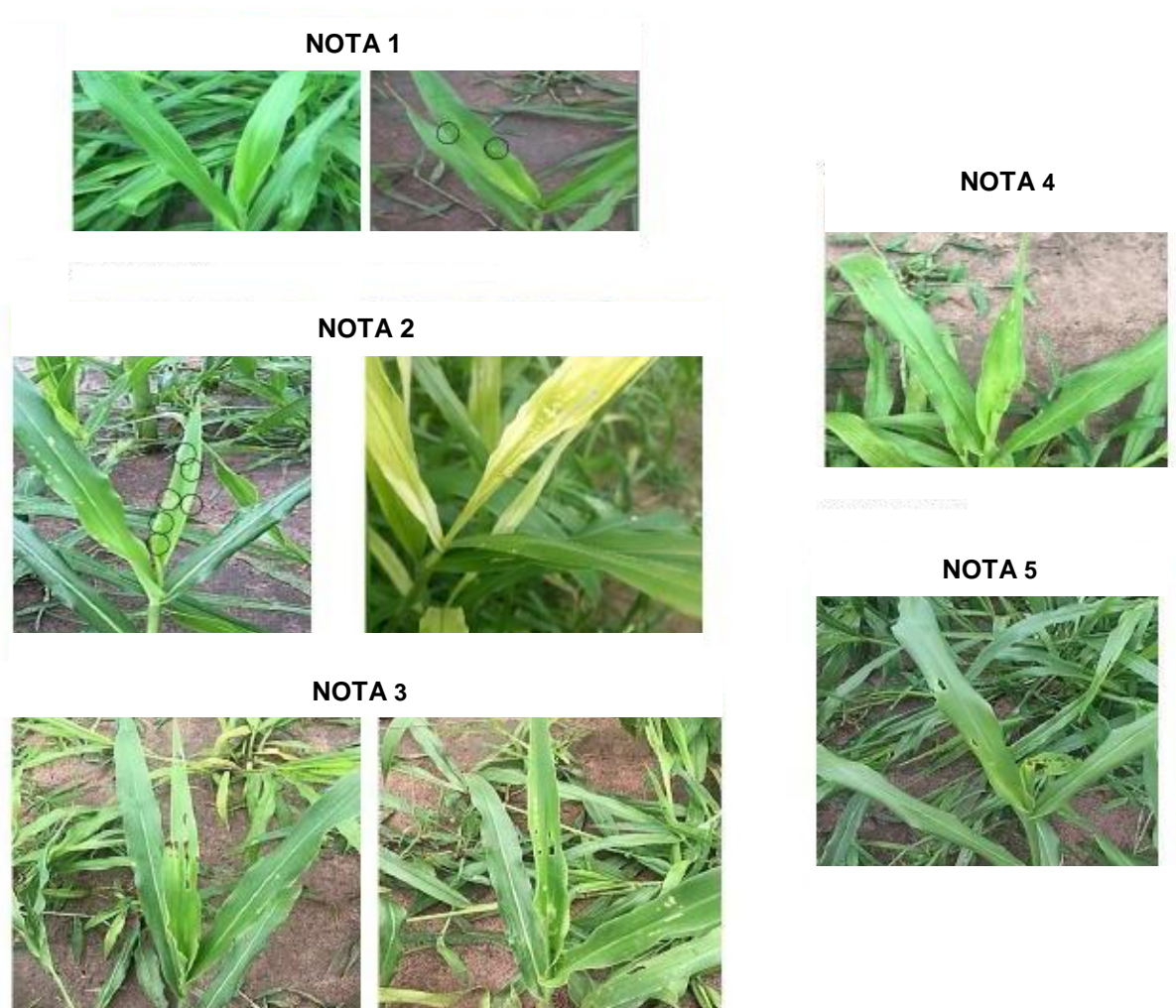
No.	Milho	Tecnologia Bt	Consórcio
1	Milho Convencional	não Bt	-
2	Milho Convencional	não Bt	<i>U. ruziziensis</i>
3	Milho Bt	Vip 3	-
4	Milho Bt	Vip3	<i>U. ruziziensis</i>
5	-	-	<i>U. ruziziensis</i>

As avaliações foram realizadas a cada 3-4 dias e iniciadas 14 dias após a emergência (DAE) das plantas de milho, quando as plantas estavam em estágio fisiológico V3. A última avaliação ocorreu aos 52 DAE, quando as plantas iniciaram a emissão de pendão (VT). As amostragens foram realizadas em três subparcelas constituídas de 10 plantas de milho em sequência na linha e 30 perfilhos do capim *U. ruziziensis* que se encontrava em torno das plantas de milho. As subparcelas foram escolhidas por sorteio antes de cada avaliação. As plantas de milho e capim foram retiradas e levadas para o laboratório para quantificação de posturas e larvas de *S. frugiperda*, bem como avaliação da injúria. Os estádios larvais de *S. frugiperda* foram determinados e separados em larvas pequenas (1º a 3º instar) e larvas grandes (4º a 6º instares) e também se registrou a presença de larvas mortas.

Para o milho, a avaliação da injúria foi realizada utilizando a escala modificada de classificação visual descrita por Davis (1992), acrescentando nessa escala a nota 0. Assim, a escala adotada para milho variou de 0 a 9, em que nota 0 corresponde a planta com ausência de lesões, nota 1 – nenhum dano até folhas raspadas, nota 2 - folhas raspadas e pequenas lesões circulares, nota 3 – cartucho com poucas lesões circulares ou indefinidas de até 1,3 cm nas folhas expandidas e novas, nota 4 – cartucho com várias lesões entre 1,3 e 2,5 cm nas folhas expandidas e novas, nota 5 – cartucho com várias lesões maiores que 2,5 cm presentes em algumas folhas expandidas e novas, nota 6 – cartucho com várias lesões maiores que 2,5 cm presentes em várias folhas expandidas e novas, nota 7 – cartucho com várias lesões irregulares e algumas áreas das folhas completamente comidas, nota 8

– cartucho com várias lesões irregulares e várias folhas completamente comidas, e nota 9 – planta completamente destruída.

Para *U. ruziziensis* observou-se as folhas do cartucho e adotou-se escala de notas, conforme segue: nota 0 - perfilho com nenhuma injúria, nota 1 - cartucho com até 3 pontos de raspagem; nota 2 – cartucho apresentando entre 4 e 10 pontos de raspagem ou presença de lesões alongadas; nota 3 – 25% a 50% do cartucho destruído; nota 4 – entre 51% a 75% do cartucho destruído e nota 5 – mais que 75% do cartucho destruído. Para ambas as culturas, as notas foram dadas observando sempre as folhas do cartucho juntamente com as duas folhas adjacentes totalmente expandidas (Figura 1).



**Figura 1.** Escala utilizada para avaliação de injúria em *U. ruziziensis* causada por *S. frugiperda*.

### 3.2 Experimentos em gaiolas

Os experimentos foram conduzidos na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV/UNESP, câmpus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil (21°14'2314" S e 48°17'26.35" O). Os estudos foram realizados em duas épocas distintas, sendo na primeira safra entre os meses de julho a setembro/2018 e na segunda safra entre os meses de abril a junho/2019. Gaiolas teladas (3 x 3 x 2 m) confeccionadas com tela anti-afídeo de 25 *mesh* e sustentadas por mourões de eucalipto tratado com 1,80 m de altura foram adotadas para evitar infestação natural das pragas. Os mesmos híbridos de milho e capim *U. ruziziensis* do experimento de campo foram utilizados neste experimento.

O plantio foi realizado manualmente, sendo que as sementes de capim foram lançadas aleatoriamente sobre o solo, imediatamente após o plantio do milho, adotando-se 3 kg de sementes/ha (Alvarenga e Noce, 2005). O milho foi semeado em linhas com 0,45m de espaçamento. Foi utilizada a irrigação por gotejamento para evitar eventual estresse hídrico.

Cada parcela experimental foi constituída por uma gaiola contendo 5 linhas de milho com 10 plantas por linha. Na primeira safra, as gaiolas foram instaladas 5 dias após o plantio, já na segunda safra as gaiolas foram instaladas no mesmo dia em que foi realizado o plantio. Essas gaiolas foram revisadas externamente todos os dias para remoção de posturas de *S. frugiperda* realizadas por fêmeas do campo na parte externa da tela, pois larvas neonatas têm condições de atravessar a tela e atacar as plantas no interior das gaiolas.

Os tratamentos adotados consistiram no cultivo de milho ou *U. ruziziensis* em consórcio ou isoladamente (Tabela 2). Uma planta central de cada parcela (milho ou capim *Urochloa*) foi infestada com 150 larvas neonatas quando as plantas atingiram o estágio V3 (Figueiredo et al., 2006). As larvas contidas em copos plásticos de 100 ml e dieta foram liberadas na folha do cartucho do milho ou na folha do cartucho de *U. ruziziensis* (Figura 2). O copo plástico foi mantido aberto e em contato com as folhas do cartucho para facilitar a movimentação inicial dos insetos. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados com 4 repetições (a unidade experimental foi representada pela gaiola).

**Tabela 2.** Tratamentos adotados para avaliação da movimentação de larvas e emergência de adultos de *S. frugiperda* em milho consorciado com capim *U. ruziziensis*.

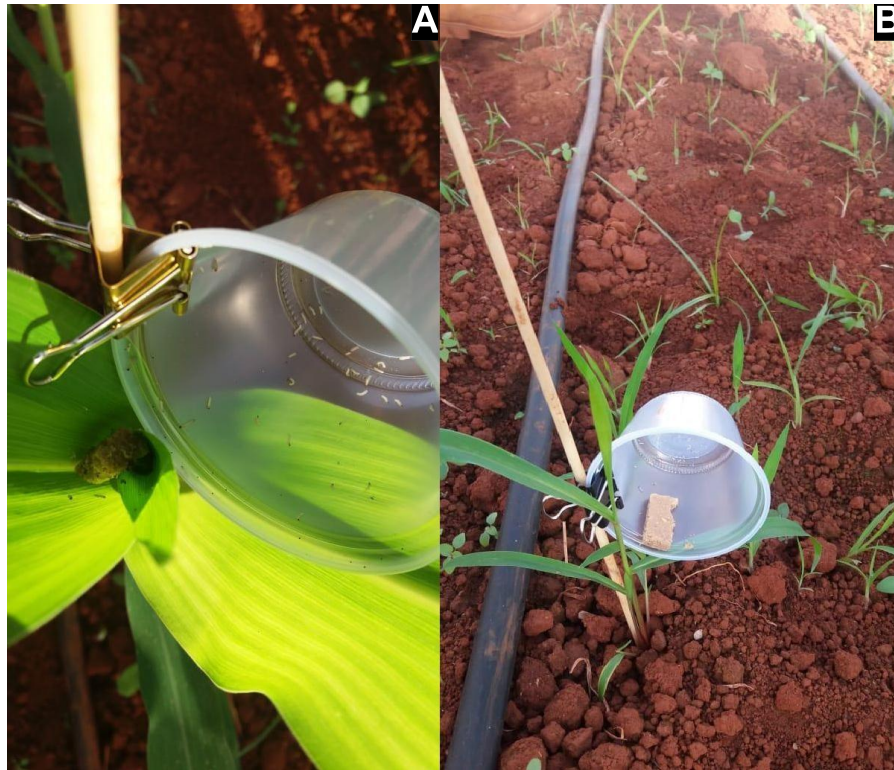
No.	Milho	Tecnologia Bt	Consórcio
1	Milho Convencional <sup>†</sup>	não Bt	-
2	Milho Convencional <sup>†</sup>	não Bt	<i>U. ruziziensis</i>
3	Milho Convencional	não Bt	<i>U. ruziziensis</i> <sup>†</sup>
4	Milho Bt <sup>†</sup>	Vip 3	-
5	Milho Bt <sup>†</sup>	Vip3	<i>U. ruziziensis</i>
6	Milho Bt	Vip3	<i>U. ruziziensis</i> <sup>†</sup>
7	-	-	<i>U. ruziziensis</i> <sup>†</sup>

<sup>†</sup> indica a espécie (milho ou capim) na qual se realizou a infestação com larvas neonatas de *S. frugiperda*.

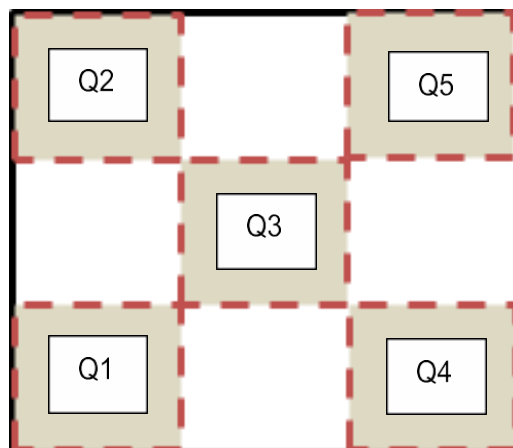
As larvas de *S. frugiperda* adotadas nos estudos foram obtidas no laboratório de Ecologia Aplicada, Departamento de Fitossanidade, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP. A criação massal deste inseto foi realizada sem a adição de indivíduos selvagens para evitar a introdução de genes de resistência (principalmente Cry1F) presente em alta frequência nas populações de campo (Da Silva et al., 2016).

As avaliações foram iniciadas 3 dias após a infestação e realizadas a cada 48h com término aos 34 e 22 dias após a infestação (DAI) na primeira safra e segunda safra respectivamente. A avaliação consistiu em observar a injúria causada pela lagarta-do-cartucho tanto no milho como nas plantas de *U. ruziziensis* e atribuir notas de acordo com as mesmas escalas já mencionadas no experimento de campo.

As notas foram dadas em todas as plantas de milho presentes nas gaiolas. No caso do capim, cada parcela experimental (gaiola) foi dividida em 9 quadrantes de 1 m<sup>2</sup>, sendo que apenas o quadrante central e os quatro quadrantes dos vértices foram avaliados (Figura 3). Nestes quadrantes, plantas de *Urochloa* com injúria causada pela lagarta-do-cartucho foram visualizadas e marcadas. Estas plantas tiveram nota de injúria atribuída adotando a mesma escala utilizada no experimento de campo. Este procedimento foi repetido em todas as avaliações. Com isso, ao final, além da evolução da injúria, obteve-se também o número de plantas de *U. ruziziensis* atacadas por quadrante.



**Figura 2.** Infestação com larvas neonatas de *S. frugiperda* em plantas de milho (A) e *U. ruziziensis* (B).



**Figura 3.** Divisão da gaiola em quadrantes (Q1 a Q5) para amostragem das plantas de *U. ruziziensis*.

Na primeira safra, ao final do período larval (determinado pela observação de ausência de novas injúrias causadas pelos insetos), armadilhas contendo atrativo alimentar para adultos (Noctovi®, Isca Tecnologias) foram instaladas no centro de cada gaiola para captura dos adultos. Na segunda safra, além de armadilhas contendo atrativo alimentar, os insetos também foram capturados de forma manual, porém diariamente durante 25 dias.

### **3.3 Parâmetros meteorológicos**

Os dados referentes às condições meteorológicas foram adquiridos na estação agroclimatológica da Universidade Estadual Paulista (câmpus de Jaboticabal). As variáveis meteorológicas avaliadas mensalmente foram à temperatura máxima, mínima e média, precipitação acumulada (mm) e umidade relativa do ar (%), pressão atmosférica e insolação (Figura 1A – Apêndice).

### **3.4 Análise dos Dados**

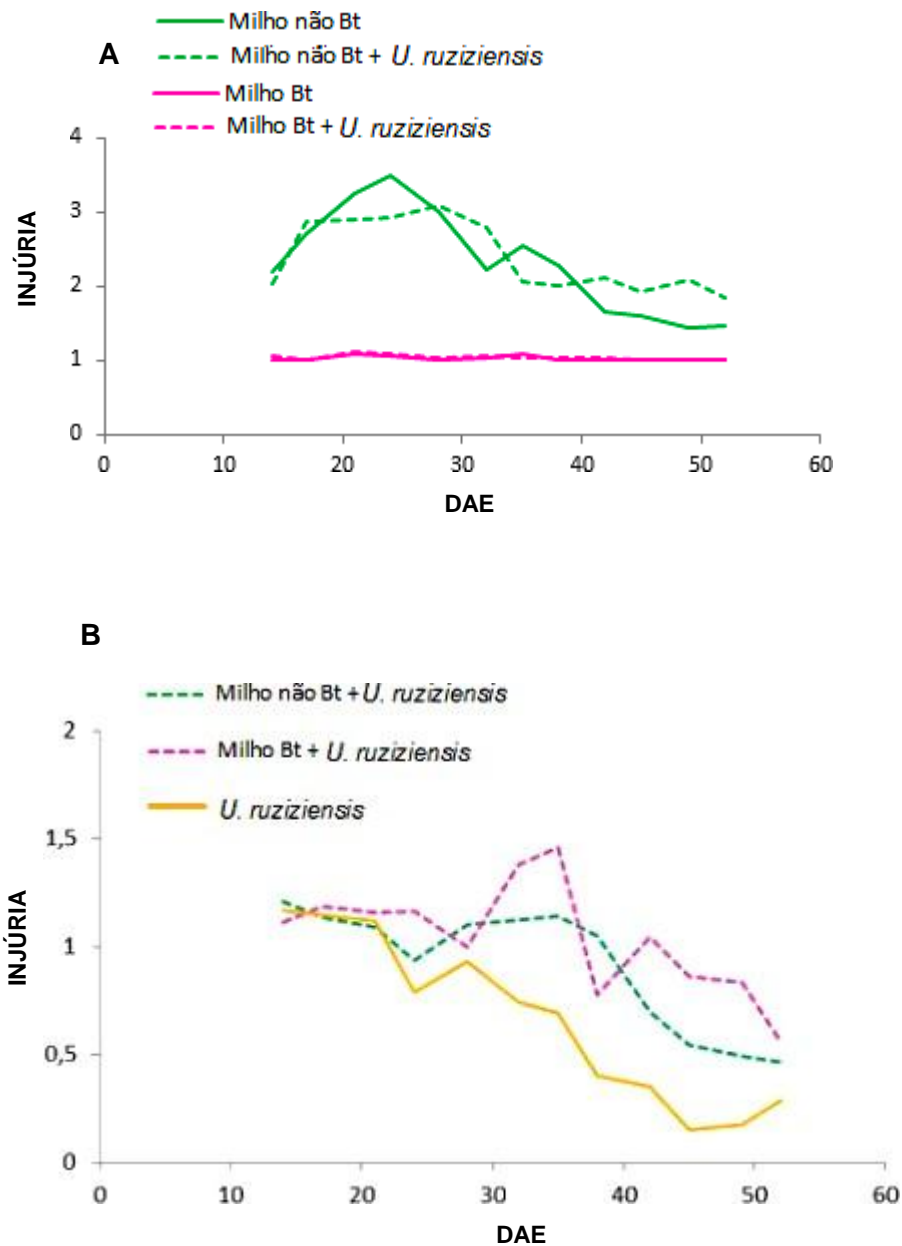
Os dados (notas de injúria e número de larvas vivas) foram submetidos a teste de homogeneidade de variâncias e análise de variância (ANOVA). As médias foram separadas pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ). Todas as análises foram feitas usando medidas repetidas no tempo utilizando o procedimento PROC MIXED (SAS Institute, 2015). O número de larvas mortas também foi utilizado, porém apenas para análise qualitativa para compreensão da direção da movimentação dos insetos.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Experimento em campo

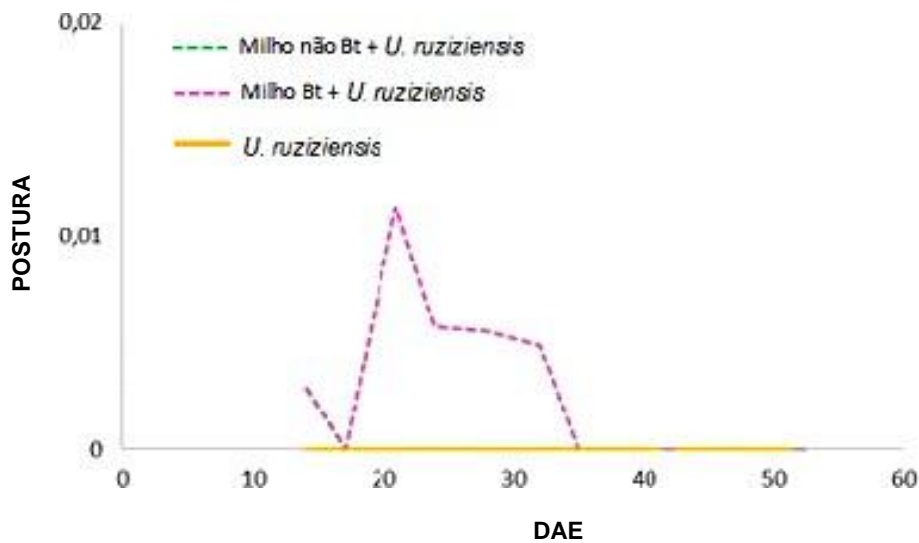
A presença de *U. ruzizensis* em plantio consorciado com milho, independente da tecnologia adotada (Bt ou convencional - não Bt), não interferiu na injúria causada por *S. frugiperda* em milho (Figura 4A). Esta injúria foi avaliada utilizando sistema de notas de desfolha causada ao cartucho e folhas adjacentes a este, modificado a partir da proposta de Davis (1992). Ressalta-se que a injúria causada por *S. frugiperda* em milho convencional não Bt foi maior do que em milho Bt ( $F_{1,141} = 618,26$ ;  $P < 0,0001$ ).

Com relação à injúria causada por *S. frugiperda* no capim, verificou-se maior ataque da praga no capim consorciado com o milho Bt do que no capim consorciado com o milho convencional (não Bt) ou em cultivo solteiro ( $F_{1, 105} = 23,09$ ;  $P < 0,0001$ ) (Figura 4B).



**Figura 4.** Nota de injúria (média) por planta causada por *S. frugiperda* em milho (A) e no capim *U. ruziziensis* (B) sob diferentes sistemas de cultivo (DAE = dias após a emergência).

A presença do capim *U. ruziziensis* consorciado com o milho (Bt e convencional) não interferiu na quantidade de massas de ovos e larvas encontradas no milho. O número médio de posturas foi inferior a 0,08/planta e não houve diferença entre os tratamentos ( $F_{3,141} = 1,51$ ;  $P = 0,2158$ ). No entanto, foram encontradas posturas em *U. ruziziensis* somente quando o capim foi cultivado em consórcio com o milho Bt ( $F_{1, 105} = 0,06$ ;  $P = 0,8142$ ) (Figura 5).



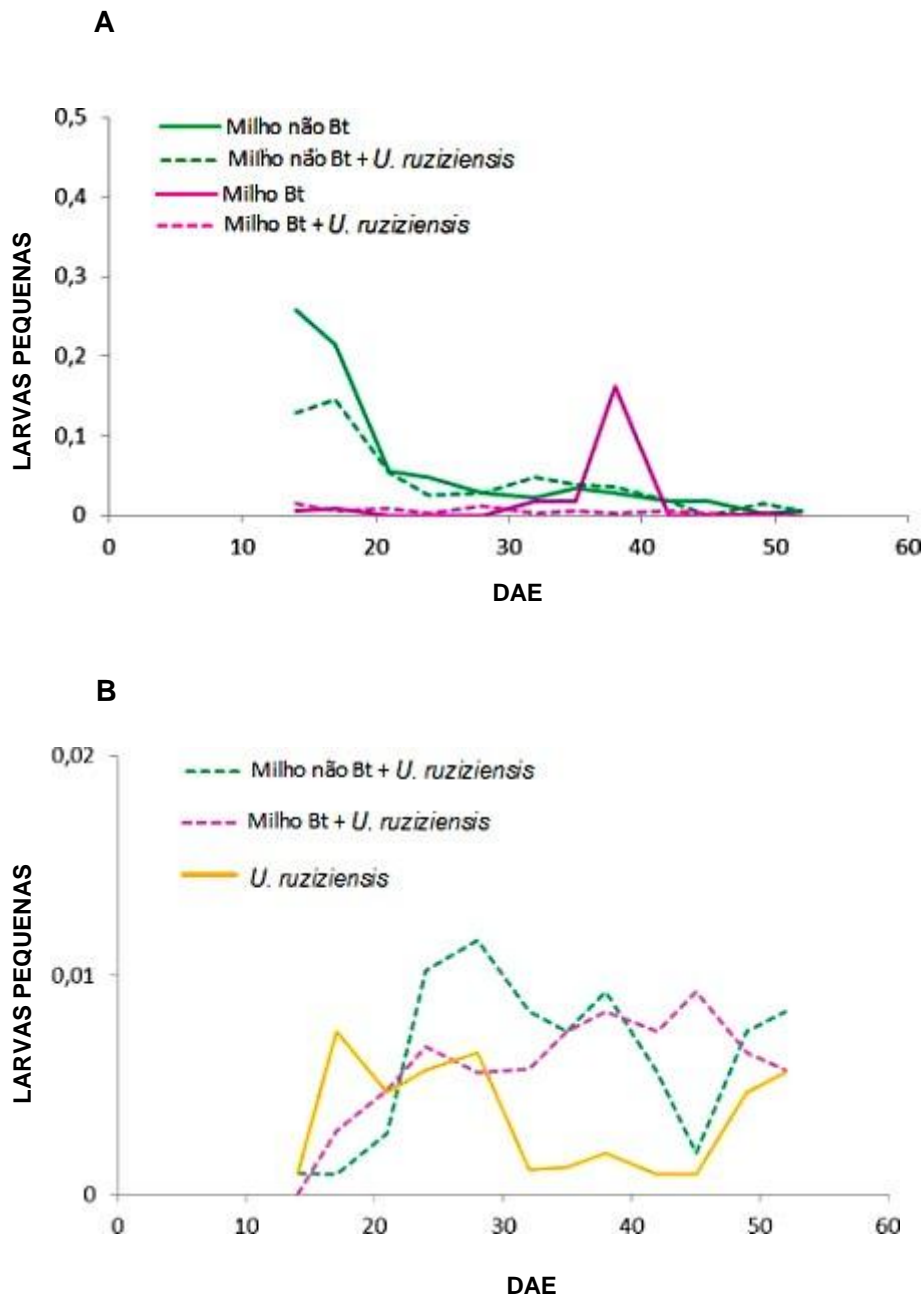
**Figura 5.** Número médio de posturas por planta observadas no capim *U. ruziziensis* sob diferentes sistemas de cultivo (DAE = dias após a emergência).

A infestação média de larvas pequenas no milho (1º, 2º e 3º ínstaes) foi de 0,25 larvas/planta (Figura 7A). Não se verificou diferença na infestação de larvas de 1º ínstar entre os tratamentos ( $F_{3,141} = 1,05$ ;  $P = 0,3734$ ). Todavia, a infestação de larvas de 2º ( $F_{1,141} = 74,31$ ;  $P < 0,0001$ ) e 3º ínstaes ( $F_{1,141} = 126,80$ ;  $P < 0,0001$ ) de *S. frugiperda* foi maior em milho não Bt, independentemente de estar consorciado ou não (Figura 6A). Não foi verificada a presença de larvas vivas, exceto em apenas uma ocasião (37 DAE), observou-se uma larva de 2º ínstar em uma planta de milho Bt.

Foi observado nota máxima de injúria 4 em milho convencional (não Bt) que indica cartucho com várias lesões menores que 2,5 cm em várias folhas expandidas e novas. Este tratamento apresentou média de 0,3 larvas pequenas /planta e 0,1 larvas grandes/planta. Em milho Bt foi observado nota máxima de injúria 1 e não foi verificada a presença de larvas vivas.

Por outro lado, foi observada maior infestação de larvas de 1º ínstar em *U. ruziziensis* cultivado em consórcio com o milho independente de ser geneticamente modificado (Bt) ou convencional ( $F_{1,105} = 4,62$ ;  $P = 0,0340$ ) do que quando foi cultivada sozinha (Figura 6B). A infestação de larvas de 2º ( $F_{2,105} = 0,30$ ;  $P = 0,7401$ ) e 3º ínstaes ( $F_{2,105} = 1,33$ ;  $P = 0,2691$ ) foi inferior a 0,05 insetos/planta e não apresentou diferença significativa entre os tratamentos.

Foram encontradas larvas mortas apenas do 2º ínstar (Figura 1B - Apêndice) em milho Bt solteiro. Todavia, no milho Bt consorciado com o capim foram encontradas larvas mortas de até 5º ínstar. De forma geral, a maior parte de larvas mortas encontradas ainda estava nos primeiros ínstares (Figura 1B – Apêndice).

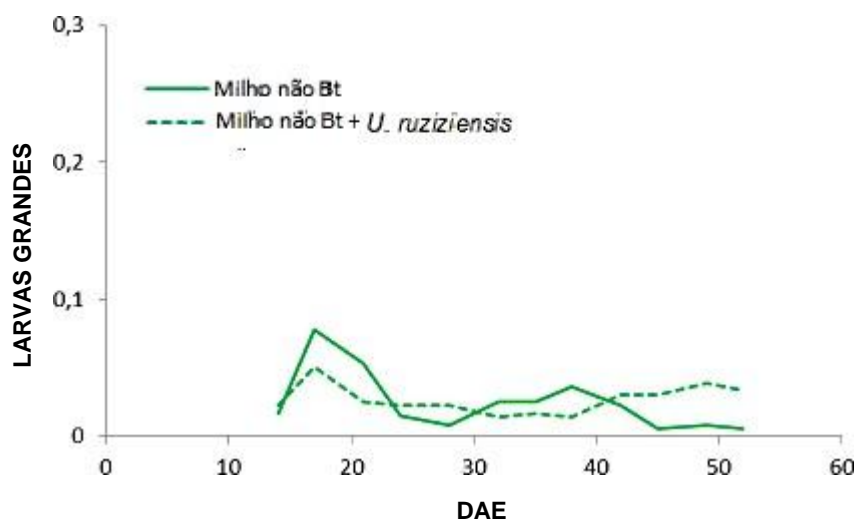


**Figura 6.** Número médio de larvas pequenas vivas (1<sup>o</sup> a 3<sup>o</sup> ínstares) por planta observadas em milho (A) e no capim *U. ruziziensis* (B) sob diferentes sistemas de cultivo (DAE = dias após a emergência).

A presença do capim *U. ruziziensis* consorciado tanto com o milho Bt quanto com o milho convencional (não Bt) não interferiu na quantidade de larvas grandes encontradas em milho. Independentemente do estágio de desenvolvimento, larvas grandes vivas (4<sup>o</sup> ínstar -  $F_{1,141} = 108,04$ ;  $P < 0,0001$ ; 5<sup>o</sup> ínstar -  $F_{1,141} = 38,18$ ;  $P < 0,0001$  e 6<sup>o</sup> ínstar -  $F_{1,141} = 11,93$ ;  $P = 0,0007$ ) foram encontradas somente em milho não Bt (Figura 7).

Larvas mortas só foram encontradas em *U. ruziziensis* em situação de milho

Bt (2<sup>o</sup> e 4<sup>o</sup> ínstars) e não Bt (1<sup>o</sup> ínstar) consorciados ou cultivado solteiro (4<sup>o</sup> ínstar) (Figura 1C - Apêndice).



**Figura 7.** Número médio por planta de larvas grandes vivas (4<sup>o</sup> a 6<sup>o</sup> ínstars) observadas em milho sob diferentes sistemas de cultivo (DAE = dias após a emergência).

Larvas grandes (4<sup>o</sup> a 6<sup>o</sup> ínstars) não foram detectadas em *U. ruziziensis*. Independentemente de ter sido cultivado consorciado ou solteiro, a nota máxima que o capim apresentou na escala adotada para avaliação de injúria foi aproximadamente 2 que representa cartucho com 4 a 10 pontos de raspagem ou lesões alongadas. Apresentou aproximadamente 0,01 larvas pequenas/planta.

#### 4.2 Experimento em gaiolas

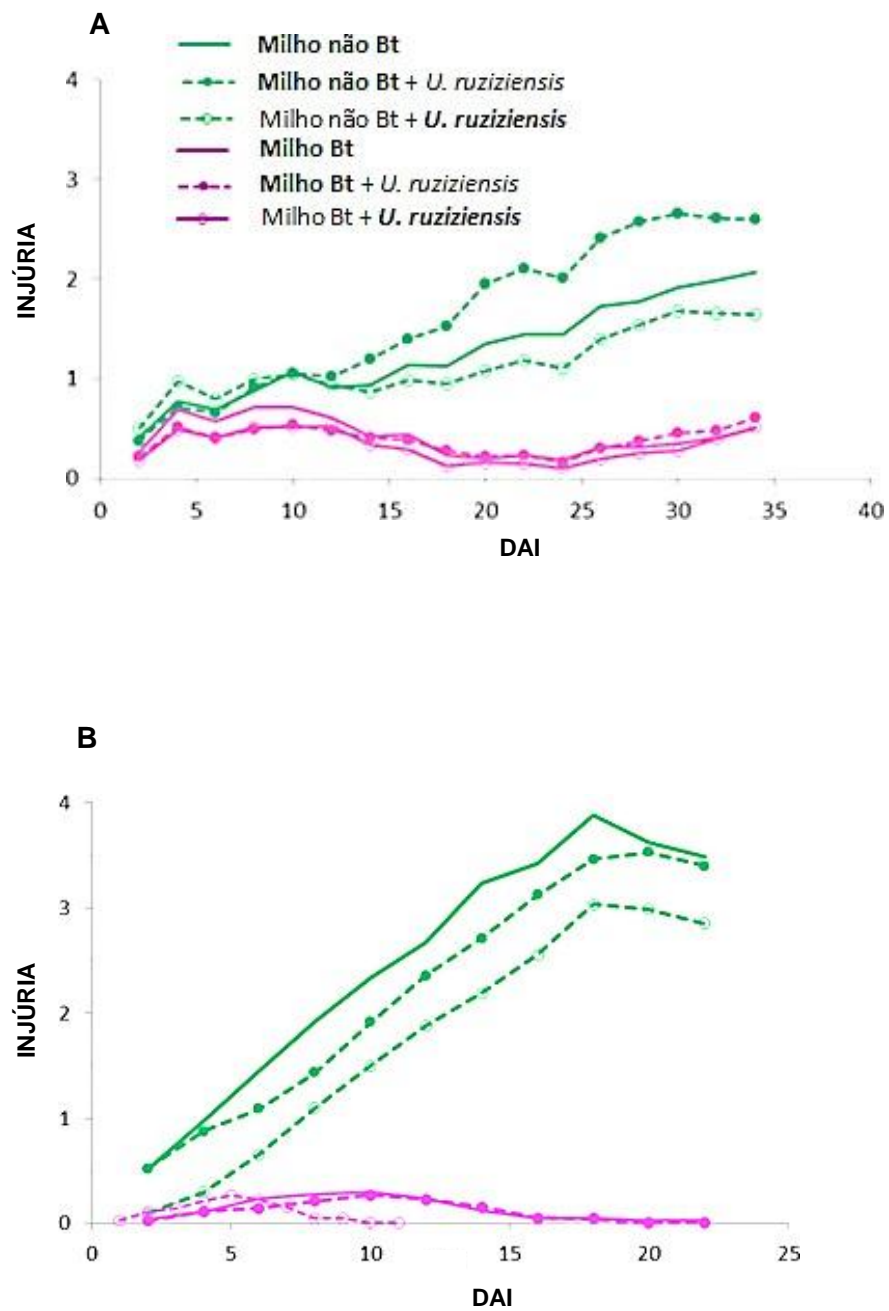
O milho convencional (não Bt) na primeira safra sofreu maior injúria que o milho Bt, independentemente de ter sido consorciado com *U. ruziziensis* e da espécie na qual a infestação inicial ocorreu; porém isso não foi observado na segunda safra, na qual o milho em cultivo solteiro foi mais atacado (primeira safra:  $F_{1,301} = 109$ ;  $P = 0,2982$ ; segunda safra:  $F_{1,95} = 16,30$ ;  $P < 0,0001$ ). No cultivo consorciado de milho não Bt (convencional) e *U. ruziziensis* verificou-se mais injúria no milho quando a infestação inicial ocorreu nesta planta do que quanto no capim (primeira safra:  $F_{1,301} = 15,42$ ;  $P < 0,0001$ ; segunda safra:  $F_{1,195} = 10,11$ ;  $P = 0,0017$ ) (Figura 8).

Por outro lado, na comparação entre os dois tipos de cultivos no milho Bt, não se verificou diferença na injúria causada pela praga ao milho (primeira safra:  $F_{1,301} = 1,09$ ;  $P = 0,5078$ ; segunda safra:  $F_{1,95} = 0,01$ ;  $P = 0,9206$ ) (Figura 8).

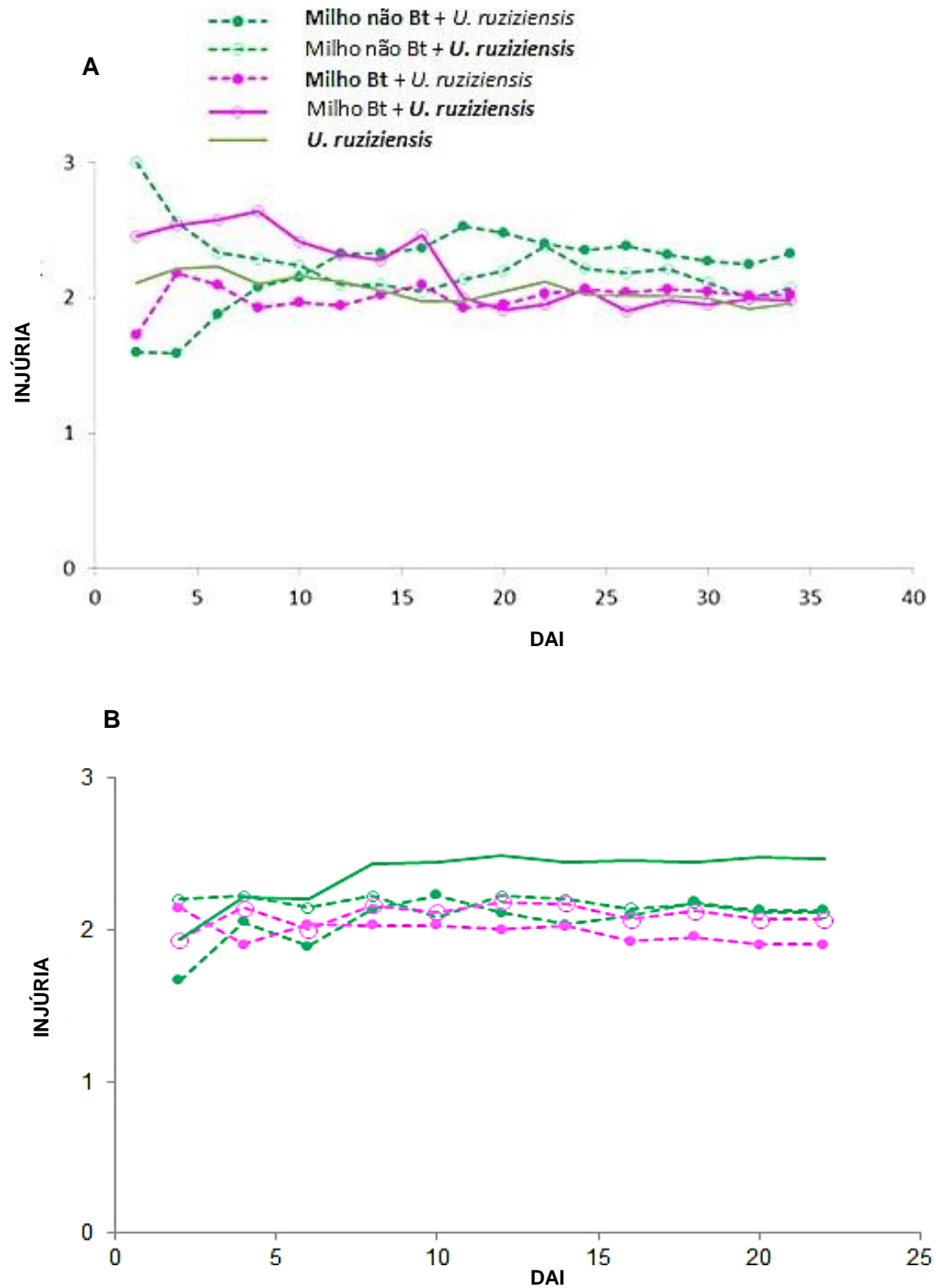
Foi observado nota máxima de injúria 3 na primeira safra (cartucho com poucas lesões circulares de até 1,3 cm) e 4 (cartucho com várias lesões menores que 2,5 cm) na segunda safra em milho convencional (não Bt). Em milho Bt foi observado nota máxima de injúria 1 (folhas raspadas) em ambas as safras.

O capim cultivado solteiro na segunda safra apresentou maior ataque do que em sistema consorciado com o milho convencional não Bt, porém quando a infestação inicial ocorreu com larvas neonatas de *S. frugiperda* no próprio capim ( $F_{1,162} = 7,27$ ;  $P = 0,0077$ ). De modo semelhante, aconteceu com milho Bt nas diferentes épocas de cultivo, em que o capim solteiro foi mais utilizado pela praga para alimentação do que em situação de milho Bt com infestação no próprio capim (primeira safra:  $F_{1,252} = 0,41$ ;  $P = 0,5246$ ; segunda safra:  $F_{1,162} = 5,30$ ;  $P = 0,0225$ ) (Figura 9).

Ainda se tratando de milho Bt, na primeira safra, em plantio consorciado de milho Bt com *U. ruzizensis*, quando a infestação inicial ocorreu em *U. ruzizensis*, o capim apresentou maior ataque pela praga ( $F_{1,252} = 5,11$ ;  $P = 0,0246$ ) do que quando a infestação inicial ocorreu no milho. No entanto, isso não foi observado na segunda safra, o capim foi mais atacado pela praga independentemente da espécie de planta na qual houve a infestação inicial da praga ( $F_{1,162} = 242$ ;  $P = 0,1214$ ) (Figura 10). A nota máxima de injúria em ambas as safras em *U. ruzizensis* foi 3, no qual 25% a 50% do cartucho deve estar destruído.



**Figura 8.** Nota de injúria (média) por planta causada por *S. frugiperda* em milho cultivado em gaiolas na primeira safra (A) e na segunda safra (B). Letras maiúsculas na legenda indicam a espécie, cuja planta central foi infestada com larvas neonatas de *S. frugiperda* (DAI = dias após a infestação).

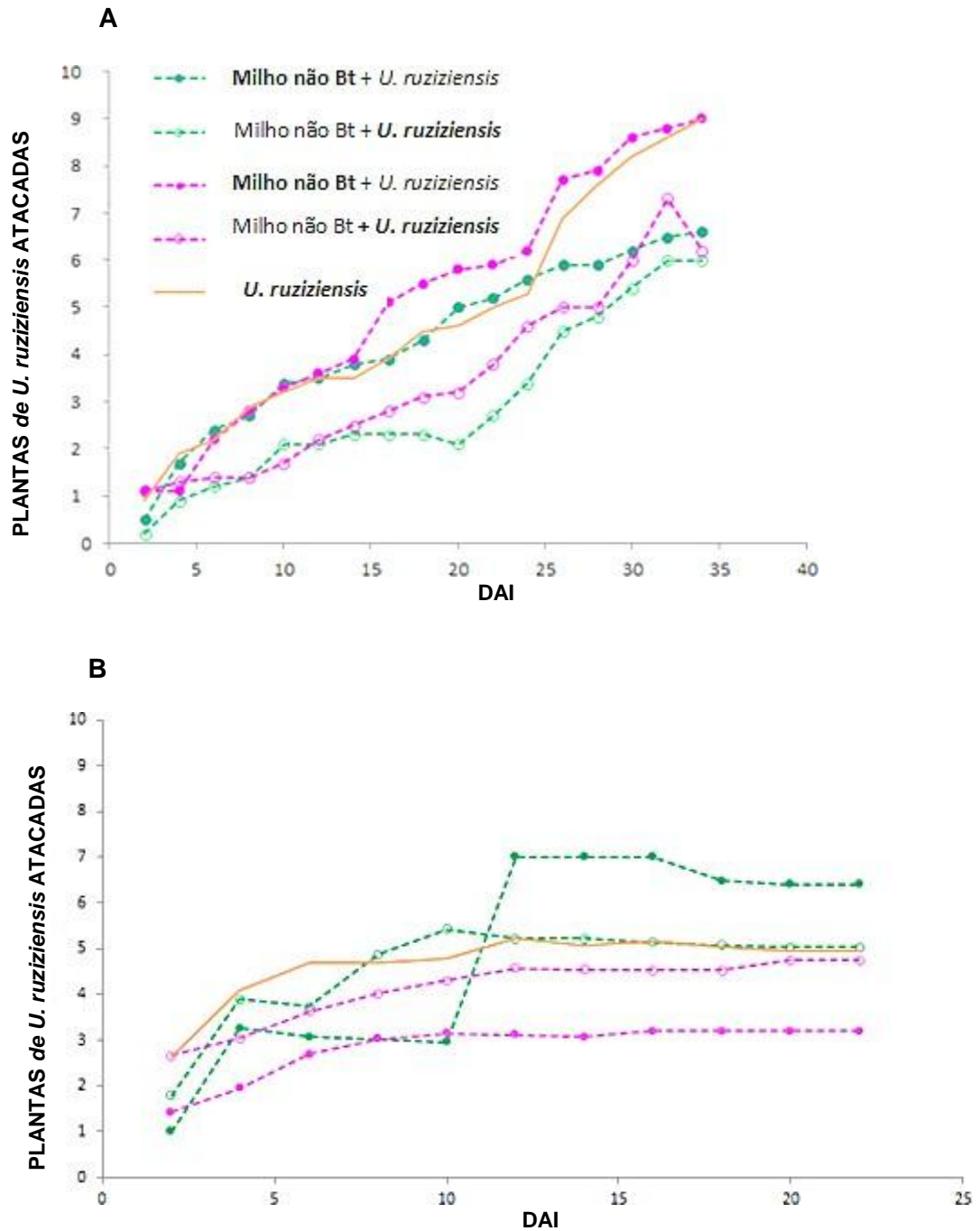


**Figura 9.** Nota de injúria (média) por quadrante causada por *S. frugiperda* no capim *U. ruziziensis* cultivado em gaiolas na primeira safra (A) e na segunda safra (B). Letras maiúsculas na legenda indicam a espécie, cuja planta central foi infestada com larvas neonatas de *S. frugiperda* (DAI = dias após a infestação).

Na primeira safra verificou-se maior número de plantas de *U. ruziziensis* atacadas em sistema consorciado quando a infestação ocorreu inicialmente no milho, independentemente do milho ser geneticamente modificado - Bt ( $F_{1,252} = 7,22$ ;  $P = 0,0077$ ) ou convencional - não Bt ( $F_{1,52} = 15,38$ ;  $P < 0,0001$ ). Todavia, na segunda safra, não foi observada diferença na quantidade de plantas de *U. ruziziensis* com sintomas de ataque por *S. frugiperda* quando a infestação foi feita no milho convencional ( $F_{1,162} = 0,01$ ;  $P = 0,9429$ ) para quando a infestação foi feita no próprio capim (Figura 10). No caso de milho Bt consorciado com *U. ruziziensis*, essa diferença foi constatada em decorrência do local onde ocorreu a infestação inicial. O ataque ao capim foi maior quando a infestação inicial ocorreu nesta espécie de planta ( $F_{1,162} = 6,45$ ;  $P = 0,0121$ ).

Na primeira safra, não se observou diferença na quantidade de plantas de *U. ruziziensis* atacadas em cultivo solteiro ou consorciado, independentemente da tecnologia utilizada, quando a infestação inicial pela praga ocorreu no milho. Porém, quando a infestação ocorreu no capim, verificou-se um maior número de plantas atacadas em cultivos solteiros do que quando consorciado com milho convencional (não Bt) ( $F_{1,252} = 15,38$ ;  $P = 0,0001$ ) ou milho Bt ( $F_{1,252} = 7,22$ ;  $P = 0,0077$ ). Por outro lado, na segunda safra, foi observado maior número de plantas de capim atacados em sistema de cultivo solteiro do que quando cultivado consorciado independentemente do tipo de milho (Bt ou convencional não Bt) e da espécie na qual ocorreu a infestação inicial da praga ( $F_{1,162} = 4,15$ ;  $P = 0,0433$ ;  $F_{1,162} = 4,45$ ;  $P = 0,0365$ ;  $F_{1,162} = 11,66$ ;  $P = 0,0008$ ) exceto em situação de milho Bt com infestação inicial feita no capim.

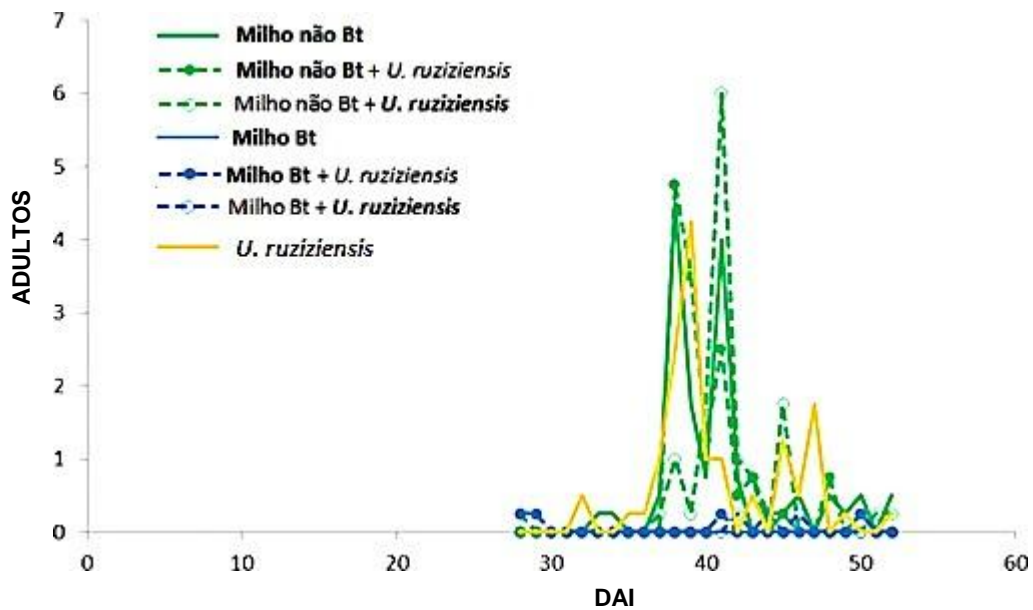
Houve emergência de adultos de *S. frugiperda* em todos os sistemas de cultivo com exceção do milho Bt em cultivo solteiro em ambas as safras e milho Bt com infestação em *U. ruziziensis* na primeira safra (tabela 3). Foi verificado sobreposição entre os períodos de emergência dos adultos nos diferentes sistemas de cultivo (Figura 11).



**Figura 10.** Número médio de plantas de *U. ruziziensis* atacadas por m<sup>2</sup> nas gaiolas na primeira (A) e segunda (B) safras. Letras maiúsculas na legenda indicam a espécie, cuja planta central foi infestada com larvas neonatas de *S. frugiperda* (DAI = dias após a infestação).

**Tabela 3.** Número médio de adultos capturados por tratamento nos diferentes sistemas de cultivo na primeira e segunda safra. A planta utilizada na infestação inicial com larvas neonatas de *S. frugiperda* está indicada em negrito.

<b>PRIMEIRA SAFRA (Junho a setembro/2018)</b>			<b>SEGUNDA SAFRA (Abril a junho/2019)</b>		
<b>Tratamentos</b>	<b>Média de adultos/ tratamento</b>	<b>Estimativa adultos/ ha</b>	<b>Tratamentos</b>	<b>Média de adultos/ tratamento</b>	<b>Estimativa adultos/ ha</b>
<b>Milho conv</b>	0,75±0,47 a	883,3	<b>Milho conv</b>	15,00±8,99 a	16.666
<b>Milho conv+</b> <i>U. ruziziensis</i>	6,25±5,92 a	6944,4	<b>Milho con+</b> <i>U. ruziziensis</i>	14,00±4,53 a	15.555
Milho conv + <b><i>U. ruziziensis</i></b>	0,75±0,75 a	833,3	Milho conv + <i>U. ruziziensis</i>	13,00±4,33 a	14.444
<b>Milho BT</b>	0 b	0	<b>Milho BT</b>	0 b	0
<b>Milho BT +</b> <i>U. ruziziensis</i>	1,25±1,25 a	1388,8	<b>Milho BT +</b> <i>U. ruziziensis</i>	1,00±1,00 a	1.111
Milho BT + <b><i>U. ruziziensis</i></b>	0 a	0	Milho BT + <i>U. ruziziensis</i>	0,75±0,47 a	833,3
<b><i>U. ruziziensis</i></b>	0,25±0,25 a	277,7	<b><i>U. ruziziensis</i></b>	15,00±7,29 a	16.666



**Figura 11.** Número médio de adultos emergidos por tratamento em diferentes sistemas de cultivo ao longo do tempo na segunda safra. Letras maiúsculas na legenda indicam a espécie, cuja planta central foi infestada com larvas neonatas de *S. frugiperda* (DAI = dias após a infestação).

Devido à ocorrência de chuva na fase de pupa, na primeira safra, poucos adultos foram coletados. Foi realizada uma única coleta ao final do ciclo larval e isto não permitiu a confirmação de sincronia na emergência dos adultos.

## 4 DISCUSSÃO

Larvas de *S. frugiperda* se movimentam do milho para o capim *U. ruziziensis* e vice-versa, quando o cultivo ocorre de forma consorciada. Isto ficou evidente no experimento conduzido em condições em que a infestação pela praga ocorreu de forma artificial (gaiola). No experimento de campo, como a infestação ocorreu de forma natural, os insetos tinham livre chance de escolha entre os diversos sistemas propostos (milho convencional não Bt, milho Bt e capim *U. ruziziensis* cultivados em sistemas solteiros ou consorciados). Nos diferentes sistemas de cultivo foi possível observar que a disponibilidade de mais de um recurso alimentar pode aumentar a sobrevivência dos insetos durante a movimentação entre plantas, pois ao se movimentar para plantas vizinhas, acaba encontrando um hospedeiro (capim) que possibilita abrigo e alimento.

A dispersão inicial de larvas neonatas de *S. frugiperda* ocorre por meio de fios de seda, que permite a movimentação entre plantas de milho ou mesmo para o solo. Este fenômeno é conhecido como balonismo (ballooning) (Zalucki et al., 2002; Moore e Hanks, 2004). Ainda, as larvas podem se deslocar por caminhamento, principalmente quando grandes devido ao aumento de peso (Zalucki et al., 2002).

A dispersão larval é um comportamento adaptativo muito importante para garantir a sobrevivência, principalmente quando o recurso alimentar é escasso no local em que as larvas se encontram (Bellanda e Zucoloto, 2009), sendo esse comportamento observado em diversas famílias de lepidópteros, inclusive Noctuidae (Common, 1990). Entretanto, no caso de *S. frugiperda*, esta movimentação deve ter ocorrido com o objetivo de reduzir a competição intraespecífica, bem como o risco de mortalidade devido ao comportamento canibal que esta espécie apresenta (Cruz, 1999), que leva a presença de apenas uma ou poucas larvas por planta.

A movimentação de larvas entre *U. ruziziensis* e milho Bt consorciados ocorreu em ambas as direções ainda nos primeiros dias após a infestação. Isso ficou evidenciado devido ao comportamento inicial de alimentação das lagartas (“raspagem de folha”), que foi observado nas plantas em que não houve a infestação inicial. Ressalta-se, entretanto, que houve elevada mortalidade das larvas neonatas no milho Bt devido à expressão da proteína inseticida. Desse modo, o fato de ter se observado injúria causada por larvas pequenas (1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> ínstaes) nas plantas sugere que algumas larvas se movimentaram mesmo antes de se alimentar, indicando que

a competição intraespecífica é bastante importante para motivar este processo de movimentação (Barbosa, 1982) antes mesmo da utilização do recurso alimentar.

O milho convencional (não Bt) é suscetível a *S. frugiperda* enquanto que o milho Bt que expressa a proteína Vip 3 ocasionou mortalidade das larvas logo no início da infestação, se mostrando eficiente no controle de *S. frugiperda* (Sena et al., 2009). Interessante destacar que, mesmo em condições de campo e com insetos selvagens foi possível observar larvas mortas de 1º e 2º instares em milho Bt. Crossariol Netto (2017) avaliando o comportamento de cultivares Bt em diferentes regiões do estado de São Paulo também verificou menores sintomas de ataque de *S. frugiperda* no híbrido transgênico que expressa proteína Vip 3, e isso ocorreu porque a proteína causa a mortalidade das larvas antes de causar danos a cultura.

O capim pode ser considerado como uma forma alternativa da praga se manter na área, pois diferentemente do que foi observado em milho Bt cultivado solteiro, o milho cultivado em consórcio permitiu o desenvolvimento dos insetos. Isto ficou evidenciado pela observação de larvas mortas de até 5º instar no milho. Essas larvas se mantiveram no capim e posteriormente foram para o milho. Ressalta-se, porém, que a tecnologia VIP ainda é eficaz para causar a mortalidade das larvas mesmo em instares mais avançados. Pode-se afirmar que populações de *S. frugiperda* no Brasil ainda são bastante suscetíveis à proteína Vip3 e por isso essa tecnologia é de elevada importância atualmente no que se refere ao manejo da resistência, haja vista que já existem populações resistentes a outras tecnologias, como é o caso dos eventos que envolvem expressão da proteína Cry1F (Da Silva et al., 2016). Logo, foi possível verificar que *S. frugiperda* pode se desenvolver no capim *U. ruziziensis*, mas não é capaz de causar prejuízo ao milho Bt que expressa proteína Vip 3.

As plantas de *U. ruziziensis* não parecem ser adequadas para o desenvolvimento de *S. frugiperda*, a despeito de ter-se verificado que alguns insetos completaram o desenvolvimento nesta poácea. Isto se contrapõe ao milho, no qual *S. frugiperda* se mantém no interior do cartucho durante todo o período larval (Oliveira et al., 2007) e geralmente completa o desenvolvimento. Plantas de *U. ruziziensis* apresentam folhas estreitas e pequeno cartucho que limitam a disponibilidade de recurso alimentar e abrigo as larvas de instares mais avançados, principalmente no início do desenvolvimento das plantas. Isso ficou evidente ao encontrar larvas grandes (4º instar) mortas possivelmente pela falta de abrigo e

alimento em cultivo solteiro de *U. ruziziensis*.

Estas limitações de recurso alimentar e abrigo favoreceram a mobilidade de larvas de *S. frugiperda*, pois foi verificado aumento do número de plantas de *U. ruziziensis* atacadas semanalmente. Com isso, mesmo cultivado sozinho, o capim permitiu o suprimento nutricional das necessidades do inseto durante todo seu ciclo, mesmo que para isto o inseto necessitasse de mais de uma planta de *U. ruziziensis*. Por outro lado, plantas mais desenvolvidas passam a oferecer maior abundância de alimento além de maior quantidade de massa verde que poderia facilitar abrigo entre as folhas. Dessa forma, apesar do seu diminuto cartucho, o capim em estádio fenológicos mais avançados permitiu que larvas de *S. frugiperda* conseguissem se desenvolver neste hospedeiro e completar o ciclo de vida.

Não há preferência das mariposas em ovipositar no capim. Posturas de *S. frugiperda* somente foram encontradas em plantas de *U. ruziziensis* em consórcio com milho Bt, porém em baixa quantidade. Com relação ao milho, estudos mostram que mariposas tem preferência em fazer oviposição em plantas não infestadas, como é o caso de milho Bt (Télliez-Rodríguez et al., 2014). Plantas com injúria são menos preferidas para oviposição.

Apesar de Sá et al. (2009) ter observado em estudos de laboratório que há diferença no ciclo de desenvolvimento de indivíduos de *S. frugiperda* alimentados com ambos os hospedeiros (milho e *Urochloa* sp.), foi possível verificar que não há emergência de todos os adultos ao mesmo tempo. Por outro lado, verificou-se sobreposição entre os períodos de emergência de adultos nos vários sistemas de cultivo, com exceção daquele com plantio de milho Bt solteiro. Neste cultivo não houve desenvolvimento de *S. frugiperda*.

O objetivo do refúgio é permitir o desenvolvimento de insetos suscetíveis para permitir acasalamento com eventuais insetos resistentes oriundos do cultivo Bt, a sincronia na emergência dos adultos é importante, a fim de preservar nos descendentes a suscetibilidade à proteína Bt (Bourguet et al., 2005). Desse modo, é possível afirmar que diante da sincronia dos insetos emergidos nos diferentes hospedeiros, que o capim pode ser utilizado como refúgio alternativo, pois os indivíduos emergidos nas diferentes espécies poderão se acasalar, podendo competir na produção de adultos com o milho convencional (não Bt). Entretanto, isto deve ser melhor analisado em modelos matemáticos, pois considerando que o milho convencional (refúgio) deve ser adotado em 10% da área de cultivo (Zancanaro et

al., 2012) e o refúgio utilizando o sistema Santa Fé é feito em área total, a produção de adultos no Sistema Santa Fé deveria ser pelo menos 10 vezes maior para permitir que este sistema pudesse ser utilizado em substituição ao refúgio com milho convencional.

Nestes experimentos utilizou-se pela primeira vez a escala de injúria para o capim *U. ruziziensis*, que considera intervalos de 25% para as notas de injúria. Ela não se mostrou adequada para evidenciar pequenas variações de herbivoria. Ainda, a infestação natural da praga na região de Jaboticabal pode ser considerada baixa, já que em outras regiões produtoras de milho a injúria pode atingir nota 7 (Nais et al., 2013). É possível, todavia, que a realização deste estudo em regiões com maior infestação da praga não resulte necessariamente em resultados contrastantes aos obtidos neste trabalho. Ainda, verificou-se que plantas de *U. ruziziensis* cultivadas em consórcio apresentam crescimento ereto (estioladas) devido a competição por luz (Brambilla et al., 2009), enquanto que em cultivo solteiro o desenvolvimento é decumbente. Nas gaiolas também se verificou estiolamento das plantas de *U. ruziziensis*, de forma semelhante ao que foi observado a campo no cultivo consorciado. Isto ocorreu pela presença da tela anti-afídeo. O milho tem crescimento mais acelerado que o de *U. ruziziensis* (Sereia et al., 2012), e por isso o capim se desenvolve menos em condições de sombreamento (Souto e Aronovich, 1992).

A compreensão de como ocorre a movimentação de *S. frugiperda* no Sistema Santa Fé é de grande importância para a tomada de decisão segura pelo agricultor ao optar por sua implementação. Nesse estudo foi possível verificar que o plantio consorciado de milho Bt com *U. ruziziensis* não coloca em risco a durabilidade da tecnologia, visto que lagartas grandes ou injúria não foram observadas no milho, além da obtenção de adultos nesse sistema (Santa Fé).

Dentre as razões dos produtores para não utilizarem refúgio com milho convencional (não Bt) está o alto custo dessa prática (Almeida, 2018). Logo, o uso de *U. ruziziensis* no consórcio no Sistema Santa Fé, além de servir para alimentação animal, aumentar o teor de matéria orgânica no solo, reduzir o efeito do estresse hídrico em períodos de seca, agora também poderá contribuir para o Manejo de Resistência a Insetos (MRI) ao agregar a prática de uso de *U. ruziziensis* como refúgio alternativo ou complementar ao milho convencional visando evitar ou retardar a seleção de indivíduos resistentes de modo a mantê-los em baixa constância na

população de insetos-praga (Gould, 1998; Huang et a., 2002; Head e Greenplate, 2012).

## 5 CONCLUSÕES

- Larvas de *S. frugiperda* se movimentam do milho para o capim *U. ruziziensis* e vice-versa, inclusive em estádios mais avançados.
- *Spodoptera frugiperda* pode se desenvolver no capim *U. ruziziensis*, mas não é capaz de causar prejuízo ao milho Bt que expressa proteína Vip 3 no Sistema Santa Fé em que estes dois cultivos estiverem consorciados.
- *Spodoptera frugiperda* completa o ciclo utilizando exclusivamente *U. ruziziensis*.
- O cultivo consorciado aumenta a chance de sobrevivência dos insetos, sendo o capim *U. ruziziensis* considerado uma forma alternativa da praga se manter na área.
- *Urochloa ruziziensis* apresenta potencial para ser utilizado como refúgio alternativo ou complementar ao refúgio estruturado (milho convencional).
- A expressão da proteína Vip é eficaz no controle de *S. frugiperda* mesmo em instares mais avançados.

## REFERÊNCIAS

Adegas FS, Voll E, Gazziero DLP (2011) Manejo de plantas daninhas em milho safrinha em cultivo solteiro ou consorciado à *Brachiaria ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 46(10): 1226–1233.

Alcântara PB (1987) Origem das braquiárias e suas características morfológicas de interesse forrageiro. In: Encontro Para Discussão Dos Capins Do Gênero *Brachiaria*. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987.

Almeida HMS (2018) **Impacto econômico da resistência de pragas à tecnologia Bt no Brasil: um estudo de caso para milho em Rio Verde (GO)**. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

Alvarenga RC, Noce MA (2005) **Integração Lavoura-Pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 16p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 47).

Aukar MC (2011) **Produção de palha e grãos do consórcio milho-braquiária: efeito da população de plantas de *Brachiaria ruziziensis***. 69 f. Dissertação (Mestrado – Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente-SP.

Barbosa JC, Perecin D (1982) Modelos probabilísticos para a distribuição de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) na cultura do milho. **Científica** 10:181–191.

Barry BD, Darrah LL, Huckla DL, Antonio AQ, Smith GS, Oday MH (2000) Performance of transgenic corn hybrids in Missouri for insect control and yield. **Journal of Economic Entomology** 93(3):991–999.

Bellanda HCHB, Zucoloto FS (2009) Lagartas desfolhadoras (Lepidoptera). In.: Panizzi AR, Parra JRP (Eds.) **Bioecologia e nutrição de insetos: Base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: Embrapa, p. 425–464.

Bentancourt CM, Scatoni IB (1996) **Lepidópteros de importancia económica. Reconocimiento, biología y daños de las plagas agrícolas y forestales**. Montivideo: Agropecuaria Hemisferio Sur, v. 2,129 p.

Boregas, KGB, Mendes SM, Waquil JM, Wilson Fernandes G (2013). Estádio de adaptação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em hospedeiros alternativos. **Bragantia** 72: 61–70.

Bourguet D, Desquilbet M, Lemarie S (2005) Regulating insect resistance management: the case of non Bt corn refuges in the US. **Journal of Environmental Management** 76: 210–220.

Brambilla JA, Lange A, Buchelt AC, Massaroto JA (2009) Estratégias que busquem aumentar a produção de palha pelas culturas devem ser implementadas nos Cerrados, buscando consolidar a integração lavoura- pecuária. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 8:263–274.

Buntin G.D (1986) A review of plant response to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), injury to select field and forage crops. **Florida Entomologist** 69(3):549–559.

Busato GR, Grutzmacher AD, Garcia MS, Giolo FP, Nornberg SD (2004) Consumo e utilização de alimento por *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas temperaturas. **Ciência Agrotecnológica** 28(6):1278–1283.

Butt BA, Cantu E (1962) **Sex determination of lepidopterous pupae**. Washington: United States Department of Agriculture, 7 p.

Capinera JL (2000) **Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae)**. Florida: University of Florida Cooperative Extension Service; Institute of Food and Agricultural Sciences, 6 p.

Capinera JL (2017) Fall armyworm. Florida: University of Florida. Disponível em: <[http://entnemdept.ufl.edu/creatures/field/fall\\_armyworm.htm](http://entnemdept.ufl.edu/creatures/field/fall_armyworm.htm)>. Acesso em: 23 de agosto/2019.

Casmuz A, Juárez ML, Socías MG, Murúa MG, Prieto S, Medina S, Willink E, Gastaminza G (2010). Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina** 69:(3-4)209–231.

Ceccon G, Machado LAZ, Staut LA (2011) Milho safrinha em consórcio com alternativas de outono inverno para produção de palha e grãos, em MS. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Common IFB (1990) **Moths of Australia**. Melbourne University Press, 544p.

Cortez MGR, Waquil JM (1997) Influência de cultivar e nível de infestação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no rendimento de grãos. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 26: 407–410.

Crosariol Netto J (2017) **Efeito de proteínas Cry e VIP nos parâmetros biológicos de populações de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) e injúrias nas plantas de milho por lepidópteros.** 79 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Entomologia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade “Júlio de Mesquita Filho”.

Cruz I (1995) **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 45 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 21).

Cruz I (1999) Lagarta-do-cartucho: enfrente o principal inimigo do milho. **Cultivar** 21:15–18.

Cruz I, Turpin FT (1983) Yield impact of larval infestations of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to midwhorl growth stage of corn. **Journal of Economic Entomology** 76:1 052–1054.

Cruz I, Viana PA, Waquil JM (1999) **Manejo das pragas iniciais de milho mediante o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos.** Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 39 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 31).

Cruz I, Monteiro MAR (2004) **Controle biológico da lagarta do cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum*.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 4p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico 98).

Damman H (1987) Leaf quality and enemy avoidance by the larvae of a pyralid moth. **Ecology** 68(1) 88–97.

Da Silva KF, Spencer TA, Crespo ALB, Siegfried BD (2016) Susceptibility of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Field Populations to the Cry1F *Bacillus thuringiensis* Insecticidal Protein. **Florida Entomologist** 99: 629–633.

Davis FM. (1992) Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. Mississippi State University, 9p.

Elton CS (Ed.) (1927) Animal ecology. London: Sidgwick and Jackson, 207p.

Fancelli AL, Dourado Neto D (Ed.) (2004) Produção de milho. Piracicaba: Ceres, 306 p.

Figueiredo MLC, Dias AMPM, Cruz I (2006) Associação entre inimigos naturais e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na Cultura do Milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 5: 340–350.

Giolo FP, Grützmacher AD, Manzoni CG, Harter WR, Castilhos RV, Muller C (2007) Toxicidade de agrotóxicos utilizados na cultura do pessegueiro sobre o parasitóide de ovos *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência Rural** 37(2): 308–314.

Gould F (1998) Sustainability of transgenic insecticidal cultivars: integrating pest genetics and ecology. **Annual Review of Entomology** 43: 701–726.

Grigolli JFJ, Lourenção ALF (2013) Pragas do milho safrinha. In: Roscoe R, Lourenção ALF, Grigolli JFJ, Melotto M A, Pitol C, Miranda RAS, Barros R, Melo EP (Eds.). **Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno 2013**. Maracaju: Fundação MS. p.112- 114.

Head GP, Greenplate J (2012) The design and implementation of insect resistance management program for Bt crops. **GM Crops & Food** 3: 144–153.

Huang F, Buschman LL, Higgins RA, Li H (2002) Survival of Kansas dipel-resistant European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) on Bt and non Bt corn hybrids. **Journal of Economic Entomology** 95(3):614–621.

Luginbill P (1928) **The fall armyworm**. Washington: USDA, 73 p. (Technical Bulletin, 34).

Lynch RE, Wiseman BR, Sumner HR, Plaisted D, Warnick D (1999) Management of corn earworm and fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) injury on a sweet corn hybrid expressing a Cry1A(b) gene. **Journal of Economic Entomology** 92(5): 1217–1222.

Macedo MCM (2009) Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38: 133–146.

Mendes SM, Boregas KGB, Lopes ME, Waquil JM (2011) Respostas da lagarta-do-cartucho a milho geneticamente modificado expressando a toxina Cry 1A(b). **Pesquisa agropecuária brasileira** 46(3): 239–244.

Mendes SM, Waquil JM (2009) **Uso do milho Bt no manejo integrado de lepidópteros-praga: recomendações de uso**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo 8p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 170).

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Eds.) (2009) Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa, 398p.

Moore RG, Hanks LM (2004) Aerial dispersal and host plant selection by neonate *Thyridopteryx ephemeraeformis* (Lepidoptera: Psychidae). **Ecological Entomology** 29:327–335.

Murúa G, Virla E (2004) Population parameters of *Spodoptera frugiperda* (SMITH) (Lepidoptera: Noctuidae) fed on corn and two predominant grasses in Tucuman (Argentina). **Acta Zoológica Mexicana** 20(1):199–210.

Nais J, Busoli AC, Michelotto MD (2013) Comportamento de híbridos de milho transgênicos e respectivos híbridos isogênicos convencionais em relação à infestação de *Spodoptera Frugiperda* (j. E. Smith, 1727) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas localidades e épocas de semeadura. **Arquivos do Instituto Biológico** 80(2):159–167.

Oliveira MSS, Roel AR, Arruda EJ, Marques AS (2007) Eficiência de produtos vegetais no controle da lagarta-do-cartucho-do-milho *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia** 31: 326–331.

Pariz CM, Andreotti M, Azenha MV, Bergamaschine AF, Mello L M. de, Lima RC (2011) Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural** 41(5) 875–882.

Pariz CM, Andreotti M, Tarsitano MAA, Bergamaschine AF, Buzetti S, Chioderoli CA (2009) Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 39(4): 360–370.

Paterniani E, Campos MS (1999) Melhoramento do milho. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV p. 429–485.

Paula-Moraes SV, Hunt TE, Wright RJ, Hein GL, Blankenship EE (2012) On-Plant movement and feeding of western bean cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) early instars on corn. **Environmental Entomology** 41:1494–1500.

Pavinato PS, Merlin A, Rosolem CA (2009) Phosphorus fractions in Brazilian Cerrado soils as affected by tillage. **Soil and Tillage Research** 105(1):149–55, 2009.  
Pogue GMA (2002) world revision of the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). **Memoirs of the American Entomological Society** 43:1–202.

Praça, LB, Neto SPS, Monnerat RG (2006) ***Spodoptera frugiperda* J. Smith 1797 (Lepidoptera: Noctuidae)**: Biologia, amostragem e métodos de controle. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 23 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 199).

Pitreh N, Hogg DB (1983) Development of the fall armyworm on cotton, soybean and corn. **Journal of the Georgia Entomological Society** 18(1): 187–194.

Richart A, Paslauski T, Nozaki MH, Rodrigues CM, Fey R (2010) Desempenho do milho safrinha e da *Brachiaria ruziziensis* cv. Comum em consórcio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 5(4):497–502.

Sá VGM de, Fonseca BVC, Boregas KGB, Waquil JM (2009) Sobrevivência e desenvolvimento larval de *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em hospedeiros alternativos. **Neotropical Entomology** 38: 108–115.  
SAS Institute (2015) Stat user's Guide version 9.4 SAS Institute Inc. Cary.

Sena JAD, Hernández-Rodríguez CS, Ferré J (2009). Interaction of *Bacillus thuringiensis* Cry1 and Vip3A proteins with *Spodoptera frugiperda* midgut binding sites. **American Society for Microbiology** (75): 2236–2237.

Sendulsky T (1977) Chave para identificação de *Brachiaria*. **Jornal Agroceres** 5(56): 4–5.

Sereia RC, Leite LF, Alves V B, Ceccon G (2012) Crescimento de *Brachiaria* spp. e milho safrinha em cultivo consorciado. **Agrarian** 5(18): 349-355.

Siloto RC (2002) **Danos e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho**. 293 f. Dissertação (Mestrado – Entomologia) – Universidade de São Paulo - SP.

Souto SM, Aronovich S (1992) **Sombreamento em forrageiras: aspectos agronômicos e microbiológicos**. Seropédica: EMBRAPA CNPBS, 43 p. (EMBRAPA-CNPBS. Documento 10).

Souza Sobrinho F, Lédo FJS, Kopp MM (2011). Estacionalidade e estabilidade de produção de forragem de progênies de *Brachiaria ruziziensis*. **Ciência e Agrotecnologia** 35(4):685– 691.

Sparks AN (1979) A review of the biology of the fall armyworm. **Florida Entomologist** 62:82–87.

Télez-Rodríguez P, Raymond B, Morán-Bertot I, Rodríguez-Cabrera L, Wright DJ, Borroto CG, Ayra-Pardo C (2014) Strong oviposition preference for Bt over non-Bt maize in *Spodoptera frugiperda* and its implications for the evolution of resistance. **BMC Biology** 12:48.

Valicente FH (2015) **Manejo integrado de pragas na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 13 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 208).

Waquil JM, Viana PA, Lordello AI, Cruz I, Oliveira AC (1982) Controle da lagarta-do-cartucho em milho com inseticidas químicos e biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 17(2): 163–166.

Zalucki MP, Clarke AR, Malcolm SB (2002) Ecology and Behavior of First Instar Larval Lepidoptera. **Revisão Anual de Entomologia** 47: 361–393.

Zancanaro PO, Buchweitz ED, Boica Junior AL, Moro JR (2012) Avaliação de tecnologias de refúgio no cultivo de milho transgênico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 47(7): 886–891.

## **APÊNDICES**

## Apêndice A

**Tabela 1A.** Dados meteorológicos mensais em Jaboticabal, SP. Pressão: pressão atmosférica; Tmax: temperatura máxima; Tmin: temperatura mínima; Tmed: temperatura média; UR: umidade relativa do ar; ND: número de dias com chuva.

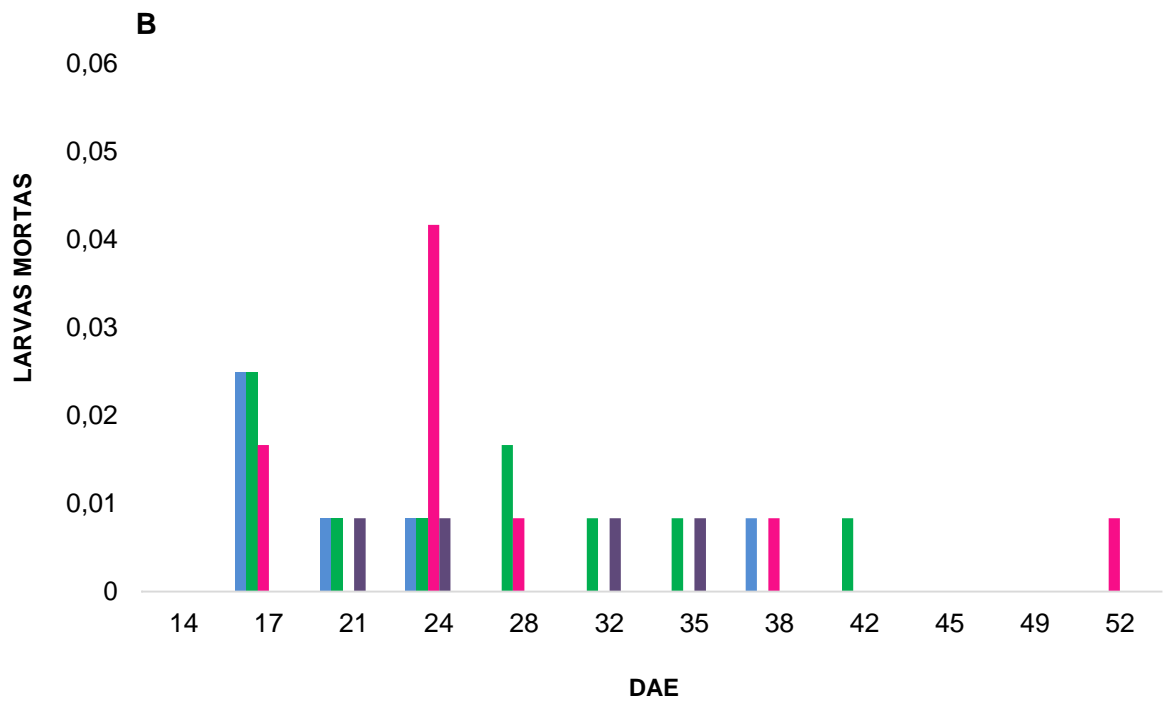
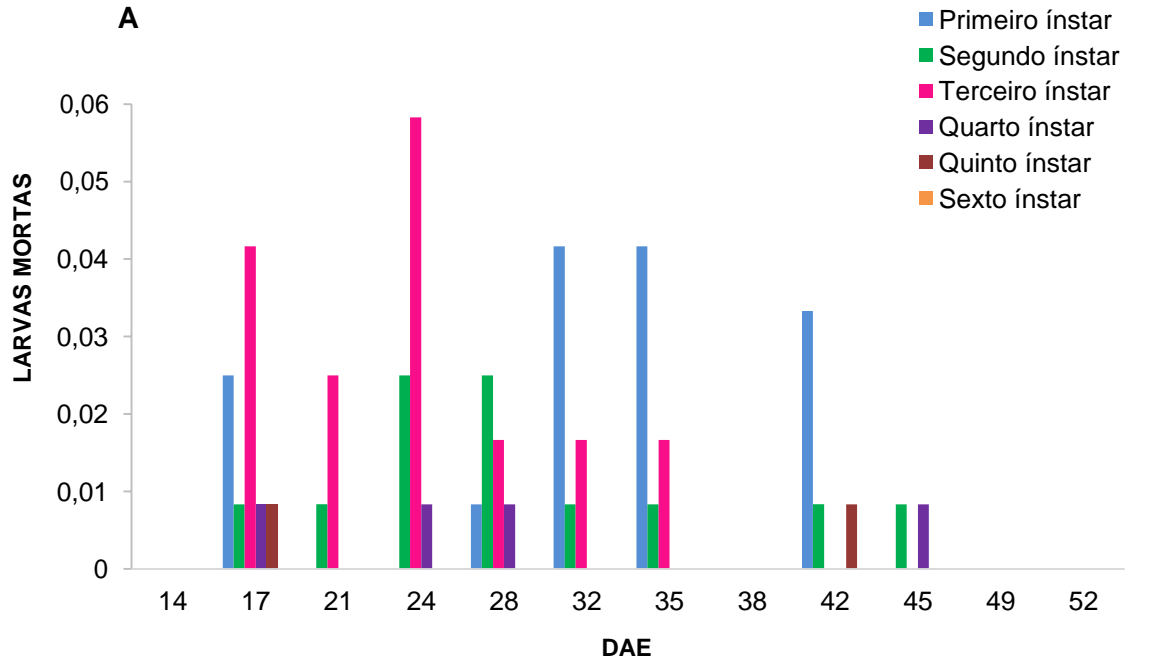
### Ano 2018

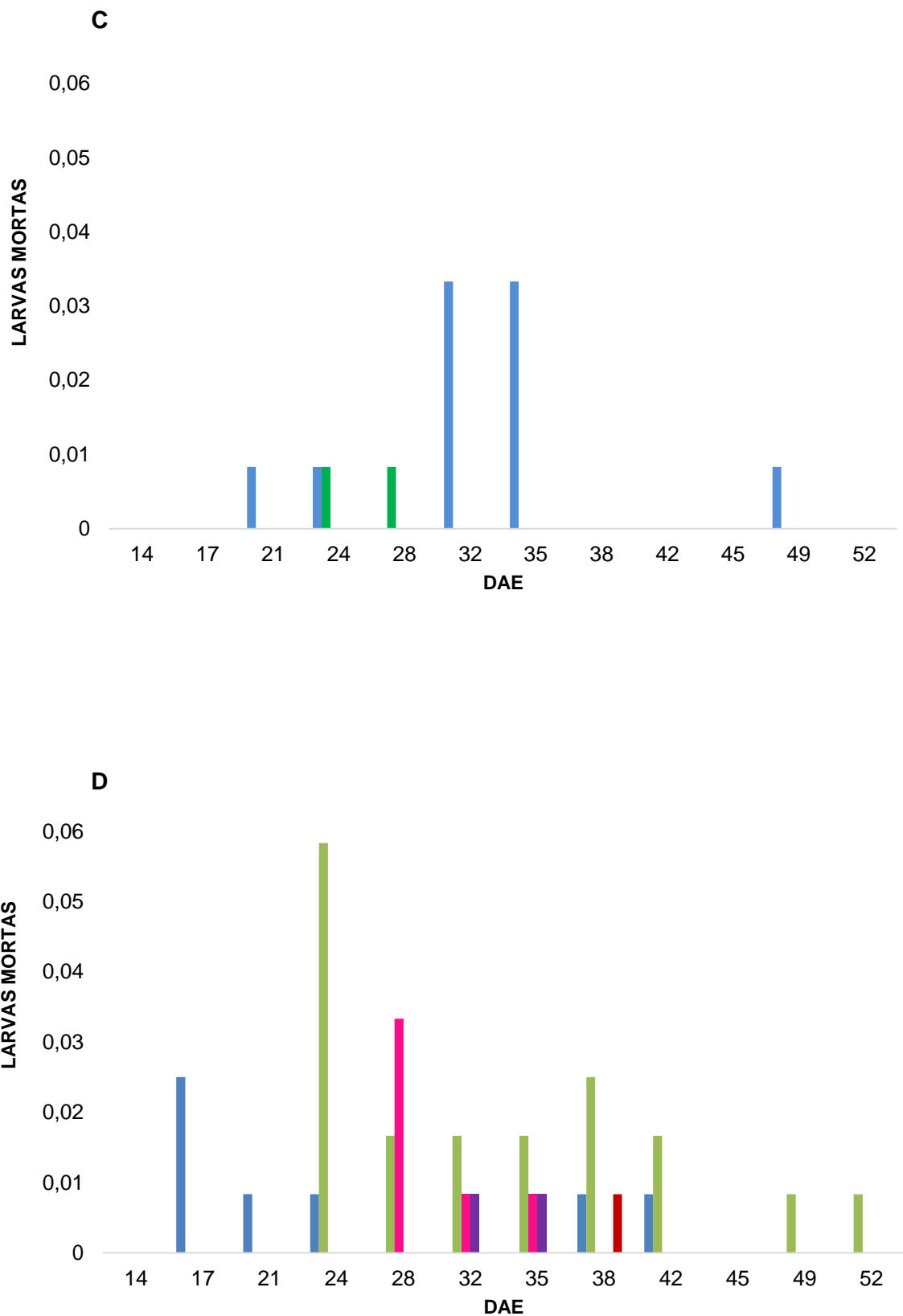
<b>Mês</b>	<b>Pressão</b>	<b>Tmax</b>	<b>Tmin</b>	<b>Tmed</b>	<b>UR</b>	<b>Precipitação</b>	<b>ND</b>	<b>Insolação</b>
	<b>(hPa)</b>	<b>(°C)</b>	<b>(°C)</b>	<b>(°C)</b>	<b>(%)</b>	<b>(mm)</b>		<b>(h)</b>
<b>Janeiro</b>	942,0	30,9	20,3	24,2	78,7	270,9	21	168,2
<b>Fevereiro</b>	942,3	30,5	19,7	24,0	77,4	86,8	12	186,4
<b>Março</b>	942,2	32,2	20,6	25,5	73,9	55,7	10	246,8
<b>Abril</b>	945,7	30,8	17,3	23,2	65,9	11,0	3	238,2
<b>Mai</b>	947,0	29,3	14,6	20,9	62,9	8,0	2	249,9
<b>Junho</b>	947,7	29,1	15,1	21,1	63,6	0,0	0	201,8
<b>Julho</b>	947,5	29,7	13,3	20,7	52,6	4,2	2	272,2
<b>Agosto</b>	947,1	28,8	14,2	20,4	62,8	39,7	7	233,3
<b>Setembro</b>	943,9	30,7	16,7	22,9	60,3	64,9	9	200,5
<b>Outubro</b>	942,8	31,1	19,5	24,4	70,3	157,0	15	202,0
<b>Novembro</b>	942,2	29,7	19,7	23,8	74,8	330,1	18	170,7
<b>Dezembro</b>	942,7	32,0	20,2	25,2	70,0	88,2	16	243,8

### Ano 2019

<b>Mês</b>	<b>Pressão</b>	<b>Tmax</b>	<b>Tmin</b>	<b>Tmed</b>	<b>UR</b>	<b>Precipitação</b>	<b>ND</b>	<b>Insolação</b>
	<b>(hPa)</b>	<b>(°C)</b>	<b>(°C)</b>	<b>(°C)</b>	<b>(%)</b>	<b>(mm)</b>		<b>(h)</b>
<b>Janeiro</b>	944,4	32,7	20,9	26,1	69,2	148,1	11	260,6
<b>Fevereiro</b>	942,3	30,9	20,4	24,4	77,5	282,6	17	160,7
<b>Março</b>	944,0	31,0	20,1	24,5	76,6	115,2	12	213,2
<b>Abril</b>	943,9	30,6	19,0	23,9	73,4	97,6	6	228,2
<b>Mai</b>	945,1	29,1	16,4	21,9	73,6	24,2	4	227,2
<b>Junho</b>	948,6	27,9	13,9	20,3	65,5	11,5	1	255,1

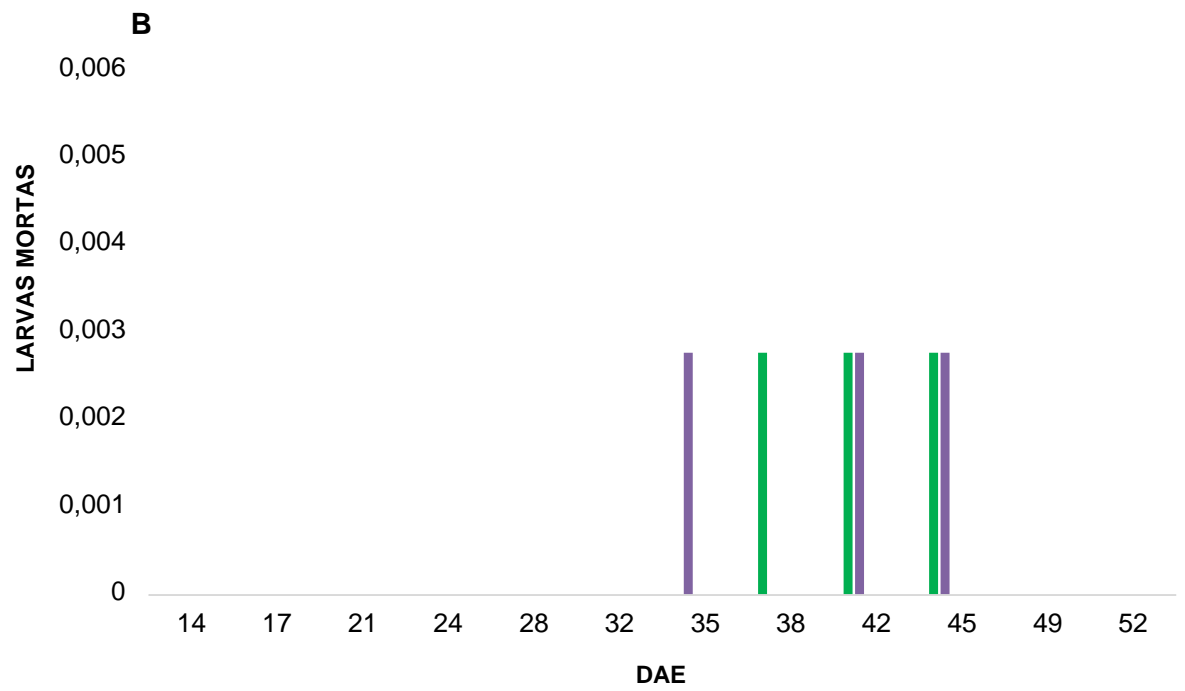
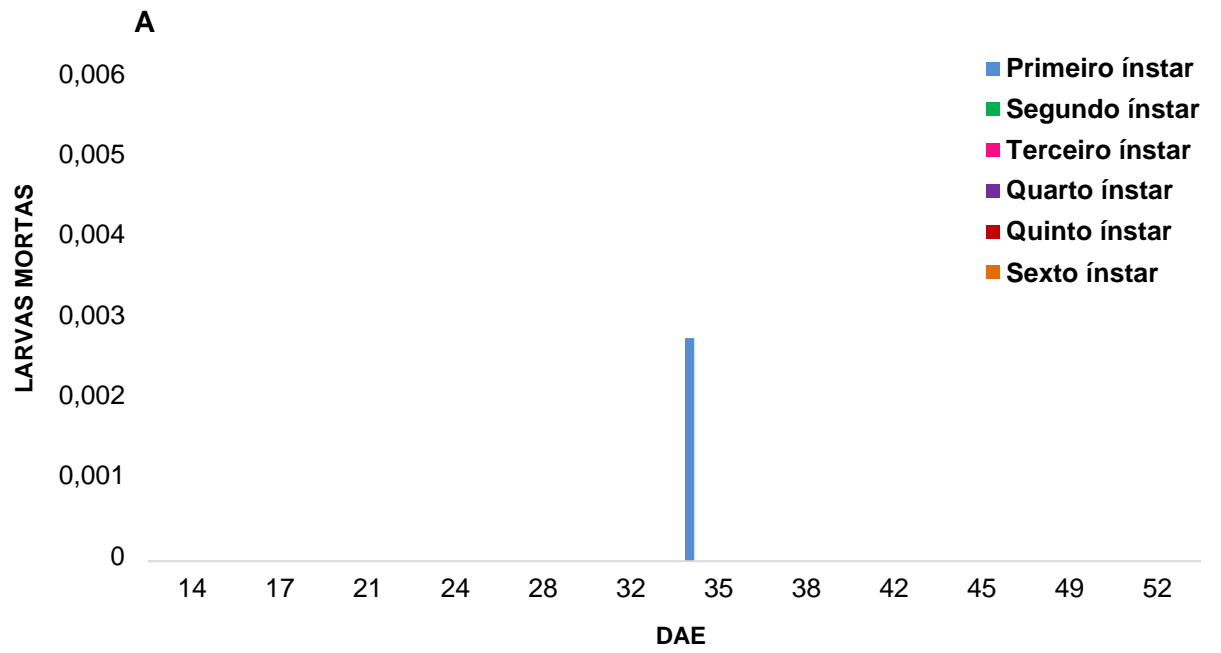
## Apêndice B

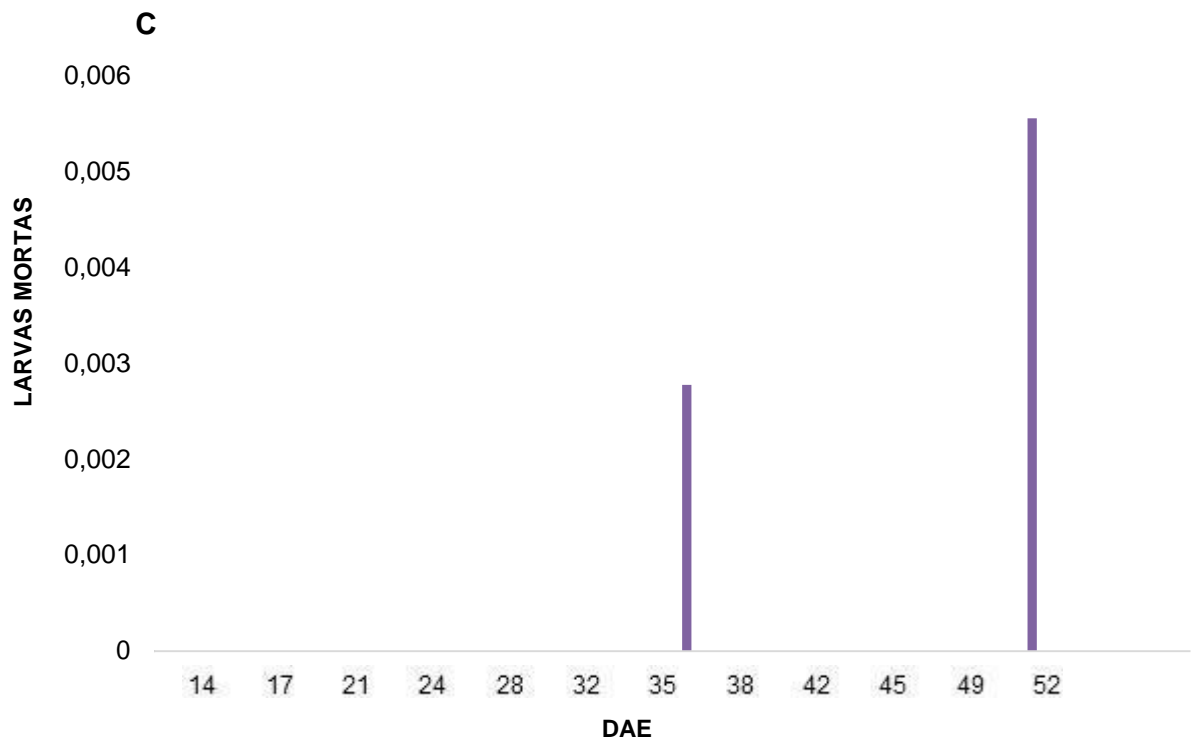




**Figura 12.** Número médio de larvas mortas (1<sup>o</sup> a 6<sup>o</sup> ínstaes) por planta observadas em milho sob diferentes sistemas de cultivo (DAE = dias após a emergência). Milho não Bt (A), Milho não Bt + *U. ruziziensis* (B), Milho Bt (C), Milho Bt + *U. ruziziensis* (D).

## Apêndice C





**Figura 13.** Número médio de larvas mortas (1<sup>o</sup> a 6<sup>o</sup> ínstaes) por planta observadas em *U. ruziziensis* sob diferentes sistemas de cultivo (DAE = dias após a emergência). Milho não Bt + *U. ruziziensis* (A), Milho Bt + *U. ruziziensis* (B) e *U. ruziziensis* (C).