

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Tese

**Dinâmica populacional de *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) no sul
do Rio Grande do Sul**

Jutiane Wollmann

Pelotas, 2018

Jutiane Wollmann

**Dinâmica populacional de *Drosophila sukii* (Diptera: Drosophilidae) no sul
do Rio Grande do Sul**

Tese apresentada à Universidade Federal de Pelotas, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fitossanidade como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área de concentração Entomologia).

Orientador: Prof. Dr. Flávio Roberto Mello Garcia

Coorientador: Prof. Dr. Mauro Silveira Garcia

Coorientadora: Dr^a. Adrise Medeiros Nunes

Pelotas, 2018

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

W863d Wollmann, Jutiane

Dinâmica populacional de *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) no sul do Rio Grande do Sul / Jutiane Wollmann ; Flávio Roberto Mello Garcia, orientador ; Mauro Silveira Garcia, Adrise Medeiros Nunes, coorientadores. — Pelotas, 2018.

100 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2018.

1. Drosófila-da-asa-manchada. 2. Flutuação populacional. 3. Hospedeiros. 4. Atrativos alimentares. 5. Inimigos naturais. I. Garcia, Flávio Roberto Mello, orient. II. Garcia, Mauro Silveira, coorient. III. Nunes, Adrise Medeiros, coorient. IV. Título.

CDD : 595.77

Banca examinadora

Dr. Flávio Roberto Mello Garcia (Orientador)

Universidade Federal de Pelotas

Dra. Ana Paula Schneid Afonso da Rosa

Embrapa Clima Temperado

Dr. Daniel Bernardi

Universidade Federal de Pelotas

Dr. Dori Edson Nava

Embrapa Clima Temperado

Dr. Jader Ribeiro Pinto

Instituto Federal Sul-rio-grandense

*Ao meu marido Marco Aurélio,
Ao meu filho Guilherme,
Aos meus pais, Renato e Jussara.*

Dedico e ofereço

Agradecimentos

Ao meu esposo Marco Aurélio e meu filho Guilherme pelo amor, compreensão, paciência e renúncias em favor da realização dos meus sonhos.

Aos meus pais, Renato e Jussara pelo amor incondicional, dedicação e incentivo a quaisquer escolhas que faço.

Aos meus orientadores Flávio Roberto Mello Garcia e Mauro Silveira Garcia pelo aprendizado, convívio, confiança e amizade, que eu levarei para a vida.

A minha coorientadora Adrise Medeiros Nunes pelo apoio, ajuda e amizade.

Ao professor Daniel Bernardi pela grande contribuição na finalização deste trabalho.

Ao amigo Francisco Arruda, que não mediu esforços para me ajudar a encontrar produtores dispostos a contribuir com esse estudo.

Ao Dr. Valmir Antônio Costa, do Instituto Biológico, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, pela identificação dos parasitoides.

Aos queridos amigos e colegas que auxiliaram de diversas maneiras durante esses anos tornando possível a concretização desse trabalho, Mity, minha parceira desde o início do curso, Alexandra, Liliane, Júlia, Cristiano, Márcio, Sávio e Hugo. Agradeço também aos demais colegas de laboratório pela ajuda que dispensaram a mim sempre que precisei. Ao Javier pela ajuda estatística e pela paciência. E às amigas de todas as horas, Lili, Mity e Fernanda, que sempre me surpreendem positivamente nos momentos mais difíceis tornando os meus dias melhores.

À Universidade Federal de Pelotas por oportunizar a realização do curso de doutorado pelo programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos produtores, suas famílias e colaboradores, Prof. Flávio Herter e Jader, Sr. Ubirajara Martins e Ângela Azambuja, Sr. Rafael dos Santos e família, e Sr. Volmir, Sr. Mauro e família, minha eterna gratidão e amizade, por disponibilizarem suas propriedades para a realização dos experimentos, e pela confiança e carinho que sempre dispensaram a mim e aos meus colegas.

Ao Núcleo de Transporte da UFPel (NUTRANS), por disponibilizar o transporte para a realização dos estudos. Ao Vagner, Rogério, Rogelson, Gabriel, Luciano, Leonardo e demais motoristas pelo profissionalismo, parceria e amizade construída ao longo dos anos de coletas a campo. E à Mari e ao Alexandre, sempre atenciosos e prestativos em atender as minhas solicitações da melhor forma possível.

Ao Sr. Marciano Bittencourt da empresa Agro Comercial Wiser Ltda, pela gentileza em fornecer dois atrativos utilizados em um dos ensaios desse estudo.

Resumo

WOLLMANN, Jutiane. **Dinâmica populacional de *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) no sul do Rio Grande do Sul**. 2018. 100f. Tese (Doutorado em Fitossanidade) – Programa de Pós-graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

Drosophila suzukii Matsumura (Diptera: Drosophilidae), a drosófila-da-asa-manchada é uma praga exótica economicamente importante no mundo em sistemas de produção de frutos de tegumento macio. No Brasil, a região Sul se destaca na produção de pequenos frutos e constitui uma das áreas de maior de adequação ambiental para essa espécie, identificada em 2013 no país. Esse estudo teve como objetivo monitorar a atividade de *D. suzukii* em cultivos comerciais de amoreira-preta, mirtilheiro, araçazeiro, pitangueira e morangueiro utilizando armadilhas iscadas com vinagre de maçã; estudar a preferência e os índices de infestação natural (mosca/fruto e mosca/Kg de biomassa) de *D. suzukii* em frutos provenientes dos pomares monitorados; avaliar a eficiência dos substratos alimentares Ceratrap[®], Torula[®], Biofruit[®], Suzukii Trap[®], vinagre de maçã e uma mistura de vinho tinto, vinagre de maçã e melão (VVM) na atratividade da mosca em pomar de amoreira-preta; e verificar a ocorrência de inimigos naturais com potencial de parasitismo sobre *D. suzukii* em frutos de amora-preta e morango. Os experimentos foram realizados de abril de 2015 a abril de 2017, perfazendo dois anos consecutivos para os dois primeiros estudos, e em períodos descontínuos para os demais experimentos, e foram conduzidos em quatro propriedades localizadas no sul do Rio Grande do Sul. O monitoramento evidenciou que a maior atividade de *D. suzukii* ocorreu entre o final da primavera até meados do outono, e a temperatura e a umidade influenciaram significativamente as capturas do inseto em todas as estações do ano. Os maiores índices de infestação natural e preferência foram registrados em frutos de amora-preta (40 a 65% de infestação) e morangos (cerca de 30% de infestação), e frutos de mirtilo foram menos preferidos (inferior a 7% de infestação) por *D. suzukii*. A mistura VVM foi o atrativo que apresentou a maior eficiência na captura de adultos de *D. suzukii* (61,97% dos insetos capturados), e os atrativos Suzukii Trap[®] (17,6%) e vinagre de maçã (5,4%) foram os produtos mais seletivos a insetos não alvo. Os potenciais agentes de mortalidade biótica recuperados de frutos de amora-preta e morango atacados por *D. suzukii* foram os parasitoides *Leptopilina boulardi* (Barbotin, Carton & Kelner-Pillault) (Hymenoptera: Figitidae) e *Trichopria anastrephae* Lima (Hymenoptera: Diapriidae).

Palavras-chave: Drosófila-da-asa-manchada; flutuação populacional; hospedeiros; atrativos alimentares; inimigos naturais

Abstract

WOLLMANN, Jutiane. **Population dynamics of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in southern Rio Grande do Sul.** 2018. 100f. Thesis (Doctorate in Plant Health) – Postgraduate Program in Plant Health, Eliseu Maciel Faculty of Agronomy, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2018.

Drosophila suzukii Matsumura (Diptera: Drosophilidae), the spotted wing drosophila is an exotic pest economically important in the world in production systems soft skinned fruit. In Brazil, the southern region stands out in the production of small fruits and constitutes one of the areas of greater environmental adequacy for this species, identified in the country in 2013. This study aimed to monitor the activity of *D. suzukii* in commercial cultivations of blackberry, blueberries, strawberry guava, Surinam cherry and strawberry using baited traps with apple cider vinegar; to study the preference and the natural infestation rates (fly/fruit and fly/kg of biomass) of *D. suzukii* in fruits from monitored orchards; to evaluate the efficiency of the food substrates Ceratrap[®], Torula[®], Biofruit[®], Suzukii Trap[®], apple cider vinegar and a mixture of red wine, apple cider vinegar and molasses (WVM) in fly attractiveness in blackberry orchard; and to verify the occurrence of natural enemies with potential of parasitism over *D. suzukii* in berries and strawberry fruits. The experiments were carried out from April 2015 to April 2017, totalizing two consecutive years for the first two studies, and in discontinuous periods for the other experiments, and were conducted in four properties located in the south of Rio Grande do Sul. Monitoring showed that the highest activity of *D. suzukii* occurred between late spring and mid-autumn, and the capture of insects was significantly influenced by temperature and humidity at all seasons. The highest rates of natural infestation and preference were seen in blackberry fruits (40 to 65% of infestation) and strawberries (about 30% of infestation), and blueberry fruits were less preferred (less than 7% of infestation) by *D. suzukii*. The WVM mixture was the attractant that showed the greatest efficiency in the capture of *D. suzukii* adults (61.97% of the captured insects), and the attractants Suzukii Trap[®] (17.6%) and apple cider vinegar (5.4%) were the most selective products to non-target insects. The potential agents of biotic mortality recovered from fruits of blackberry and strawberry attacked by *D. suzukii* were the parasitoids *Leptopilina boulardi* (Barbotin, Carton & Kelner-Pillault) (Hymenoptera: Figitidae) and *Trichopria anastrephae* Lima (Hymenoptera: Diapriidae).

Keywords: Spotted wing drosophila; population fluctuation; hosts; food attractants; natural enemies.

Lista de figuras Artigo 1

Figura 1	Flutuação populacional de <i>Drosophila suzukii</i> em cultivos de amora-preta, araçá e pitanga durante o ano de 2015 a 2017, Cascatinha, RS, Brasil.....	34
Figura 2	Flutuação populacional de <i>Drosophila suzukii</i> em cultivos de amora-preta e mirtilo durante o ano de 2015 a 2017, Rincão da Caneleira, RS, Brasil.....	35
Figura 3	Flutuação populacional de <i>Drosophila suzukii</i> em cultivos de morango durante o ano de 2015 a 2017, Cerrito Alegre, RS, Brasil.....	36

Lista de figuras Artigo 2

Figura 1	Percentual (%) de frutos infestados por <i>Drosophila suzukii</i> nas safras agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.....	55
Figura 2	Número total de adultos de <i>Drosophila suzukii</i> emergidos/fruto nas safras agrícolas 2015/2016 (A) e 2016/2017 (B).....	56
Figura 3	Número total de adultos de <i>Drosophila suzukii</i> emergidos por peso de frutos coletados nas safras 2015/2016 (A) e 2016/2017).....	57

Lista de figuras Artigo 3

Figure 1	Means \pm standard error (%) of <i>Drosophila suzukii</i> insects (males and females) captured with different food baits in a blackberry orchard.....	82
Figure 2	Means \pm standard error (%) of non-target insects captured with different food baits in a blackberry orchard.....	83

Figure 3	Means \pm standard error (count) of <i>Drosophila suzukii</i> adults emerged from blackberry fruits and captured with the bait mixture Wine + Vinegar + Molasses (WVM).....	84
----------	---	----

Lista de figuras Artigo 4

Figure 1	<i>Trichopria anastrephae</i> females over <i>D. suzukii</i> pupae.....	88
Figure 2	<i>Trichopria anastrephae</i> (a) and <i>Leptopilina boulardi</i> (b) females.....	88

Lista de Tabelas Artigo 1

Tabela 1	Regressão múltipla das densidades de adultos de <i>Drosophila suzukii</i> em função dos fatores climáticos de temperatura e umidade nas diferentes estações do ano em todas as áreas monitoradas durante as safras 2015/2016 e 2016/2017.....	37
Tabela 2	Valores mensais dos parâmetros meteorológicos de temperatura (°C), umidade relativa (%) e precipitação total (mm) durante 2015–2017.....	38

Lista de Tabelas Artigo 2

Tabela 1	Período de frutificação das espécies vegetais usadas para determinar o índice de infestação de <i>Drosophila suzukii</i> a campo durante as safras 2015/16 e 2016/17.....	58
----------	---	----

Lista de Tabelas Artigo 3

Table 1	Number (mean \pm standard error) of females and males of <i>Drosophila suzukii</i> captured with different food baits in a blackberry orchard.....	79
Table 2	Number (mean \pm standard error) of non-target insects captured with different food baits in a blackberry orchard.....	80
Table 3	Number (mean \pm standard error) of <i>Drosophila suzukii</i> females captured with different food baits according to their reproductive stage in a blackberry orchard.....	81

Lista de Tabelas Artigo 4

Table 1	<i>D. suzukii</i> , <i>L. bouhardi</i> and <i>T. anastrephae</i> specimens emerged from blackberry and strawberry fruits collect in four locations in countryside Pelotas, RS, Brazil, during the 2015/2016 crop.....	89
---------	---	----

Sumário

Introdução.....	14
Artigo 1 - Monitoramento de <i>Drosophila suzukii</i> (Diptera: Drosophilidae) em cultivos de pequenos frutos no sul do Brasil.....	19
Resumo.....	20
Introdução.....	21
Materiais e métodos.....	22
Áreas de estudo.....	22
Monitoramento de <i>D. suzukii</i>	23
Análise estatística.....	24
Resultados.....	25
Discussão.....	26
Agradecimentos.....	29
Referências.....	29
Artigo 2 – Índice de infestação e preferência de <i>Drosophila suzukii</i> (Diptera: Drosophilidae) por pequenas frutas no sul do Brasil.....	40
Resumo.....	41
Introdução.....	42
Materiais e métodos.....	43
Resultados.....	45
Nível e preferência de infestação de <i>D. suzukii</i> em pequenos frutos a campo	45
Índice de infestação por <i>D. suzukii</i> a campo.....	46
Discussão.....	47
Agradecimentos.....	50
Referências.....	51
Artigo 3 – Evaluation of food baits to capture <i>Drosophila suzukii</i> and their effects on non-target insects in the southern of Brazil.....	60
Abstract.....	61

Introduction.....	62
Materials and methods.....	63
Efficiency of food baits to capture <i>D. suzukii</i> adults and their effects on non-target insects.....	63
Reproductive maturity of <i>D. suzukii</i> females captured in the traps.....	65
Natural infestation and search preference of <i>D. suzukii</i> adults for fruits and/or baits.....	65
Statistical analysis.....	66
Results.....	67
Efficiency of food baits to capture <i>D. suzukii</i> adults and their effects on non-target insects.....	67
Ovarian maturation.....	68
Natural infestation and search preference of <i>D. suzukii</i> adults.....	68
Discussion.....	69
Acknowledgment.....	72
References.....	73
Artigo 4 – Parasitoids of Drosophilidae with Potential for Parasitism on <i>Drosophila suzukii</i> in Brazil.....	86
Abstract.....	86
Introduction.....	86
Materials and methods.....	87
Results and Discussion.....	88
Acknowledgment.....	89
References.....	89
Conclusões.....	91
Referências.....	93

Introdução

A drosófila-da-asa-manchada, *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) é uma espécie endêmica de regiões temperadas do sudeste asiático, que ataca pequenos frutos de tegumento macio, e atualmente é considerada uma das espécies invasoras mais importantes do mundo (LEE et al., 2011; ASPLEN et al., 2015). O impacto na produção de frutos é severo, o que se deve à sua alta polifagia, rápido ciclo biológico e grande capacidade de dispersão (CINI; IORIATTI; ANFORA, 2012; EMILJANOWICZ et al., 2014; TOCHEN et al., 2014).

Drosophila suzukii é uma mosca pequena (aproximadamente 2,5 mm) e facilmente identificada pela morfologia de adultos, especialmente a dos machos, que apresentam uma mancha escura próxima ao ápice das asas, e duas fileiras de cerdas escuras nos tarsos do primeiro par de pernas (HAUSER, 2011). As fêmeas possuem o ovipositor serrado e esclerotizado (HAUSER, 2011), que utilizam para perfurar frutos íntegros durante a oviposição (ATTALAH et al., 2014). Além dos danos primários ocasionados pela praga, outros insetos e patógenos podem causar infestações secundárias tornando os frutos impróprios para a comercialização (GOODHUE et al., 2011; WALSH et al., 2011).

O primeiro registro fora da sua região de origem foi no Havaí em 1980, sem que houvesse qualquer relato de danos (O'GRADY; BEARDSLEY; PERREIRA, 2002). Em 2008, *D. suzukii* foi identificada simultaneamente na Califórnia, Espanha e Itália e, em pouco tempo se disseminou por outros países norte-americanos e europeus (WALSH et al., 2011; CINI; IORIATTI; ANFORA, 2012). Na América do Sul foi identificada na região Sul do Brasil em 2014, nos Estados do Rio grande do Sul e Santa Catarina e, em pouco tempo, os registros já incluíam os Estados de Minas Gerais (ANDREAZZA et al., 2016), São Paulo (VILELA; MORI 2014), Paraná (GEISLER et al., 2015) e Rio Grande do Sul (DEPRÁ et al., 2014; SCHLESENER et

al., 2014; 2015; ANDREAZZA et al., 2017a). Para o continente sul-americano, os registros incluem também o Uruguai (GONZÁLEZ et al., 2015) e a Argentina (SANTADINO et al., 2015). No continente africano e na Oceania ainda não há registros da espécie, mas há regiões propícias à sua adaptação (DOS SANTOS et al., 2017). Estudos genéticos sugerem que as populações sul-americanas de *D. suzukii* originam-se da mistura genética entre indivíduos do sudoeste e leste dos EUA, e esse aumento na variabilidade genética em populações introduzidas pode favorecer o sucesso da invasão e facilitar a colonização de novos habitats (FRAIMOUT et al., 2017).

A drosófila-da-asa-manchada exibe uma grande tolerância térmica e ocupa áreas com uma ampla faixa de temperatura (DOS SANTOS et al., 2017). Em condições adequadas, pode completar o ciclo de ovo a adulto entre nove a 11 dias (ZERULLA; AUGEL; ZEBITZ, 2017), sendo a temperatura ótima para desenvolvimento e reprodução de 25 e 28°C, e as temperaturas limítrofes à sua atividade compreendem aproximadamente 10 e 30°C (DALTON et al., 2011; TOCHEN et al., 2014; RYAN et al., 2016). Adultos podem sobreviver a invernos frios abrigados em microclimas favoráveis assumindo “formas de inverno”, e podem passar por diapausa reprodutiva (SHEARER et al., 2016; WALLINGFORD; LEE; LOEB, 2016).

Drosophila suzukii tem como hospedeiros preferenciais frutos de amoras, mirtilos, morangos, framboesas e cerejas (BOLDA; GOODHUE; ZALOM, 2010; LEE et al. 2011). Também servem como hospedeiros caquis, figos, maçãs, peras, nectarinas, nêspers, uvas e pêssegos (LEE et al., 2011; WALSH et al., 2011; ANDREAZZA et al., 2017b), bem como plantas não cultivadas, no período de ausência das culturas principais, a exemplo de *Psidium guajava* L., *Acca sellowiana* (O.Berg) Burret, *Cornus alba* L., *Eugenia uniflora* L., *Sambucus nigra* L. e *Eriobotrya japonica* (Thumb.) Lindley (GEISLER et al., 2015; LEE et al., 2015; KENIS et al., 2016; ANDREAZZA et al., 2017). O ataque em cultivos suscetíveis tem gerado perdas massivas na produção (BOLDA et al., 2010; GOODHUE et al., 2011; LEE et al., 2011; DE ROS et al., 2013), com perdas no rendimento que podem variar entre 30-40 a 100%, e os prejuízos econômicos ultrapassar os 500 milhões de dólares por ano somente nos EUA (BOLDA et al., 2010). No Brasil, até o momento foram estimadas perdas de aproximadamente 30% em cultivos de morangos (SANTOS, 2014).

O manejo adotado para supressão da praga em outros países tem se baseado, principalmente, em aplicações frequentes de inseticidas piretroides, organofosforados e espinosinas (BEERS et al., 2011; LEE et al., 2011; VAN TIMMEREN; ISAACS, 2013; SCHLESENER et al., 2017a). Essa frequência nas aplicações se deve ao curto período entre gerações que *D. suzukii* apresenta e do residual limitado oferecido pelos inseticidas (BRUCK et al., 2011). Contudo, a dependência em inseticidas pode resultar em problemas como resíduos químicos, resistência e ressurgimento de pragas, além de reduzir populações de polinizadores e de inimigos naturais (BIONDI et al., 2012; LEE et al., 2015). Assim, a detecção precoce da presença de *D. suzukii* nos cultivos permite delinear estratégias de manejo que reduzam a frequência das aplicações de inseticidas (BEERS et al., 2011). O monitoramento da drosófila-da-asa-manchada é realizado por meio de um sistema armadilha-isca, que busca atrair o inseto através de estímulos visuais e olfativos (IGLESIAS; NYOIKE; LIBURD, 2014), sendo geralmente utilizados como atrativos alimentares produtos doces fermentados, como vinhos, vinagres e leveduras (LANDOLT et al. 2012; LEE et al. 2012; BURRACK et al. 2013; TONINA et al. 2017). Quanto ao tipo de armadilhas, inúmeros protótipos têm sido avaliados quanto ao tamanho, forma e coloração, a fim de adequar um sistema armadilha-isca que seja atrativo, tanto visualmente quanto olfativamente à *D. suzukii*, buscando aprimorar a eficácia do monitoramento (LANDOLT et al., 2011; LEE et al., 2012; BASOALTO; HILTON; KNOGHT, 2013; RENKEMA; BUITENHUIS; HALLETT, 2014; WOLLMANN et al., 2016).

A redução do uso de inseticidas pode ser alcançada por meio de alternativas que vem sendo investigadas para o manejo sustentável de populações da praga. Como medida preventiva, recomenda-se a retirada de frutos caídos ou em excesso e de hospedeiros alternativos às margens dos pomares (WALSH et al., 2011). Técnicas de manejo também incluem barreiras físicas, como redes de exclusão, atrai-mata, plantas resistentes e captura massal (WIMAN et al., 2016). O controle biológico, com a utilização de parasitoides de pupas e de larvas também tem sido considerado para reduzir populações da mosca das áreas de cultivo (HAYE et al., 2016). Embora a drosófila-da-asa-manchada apresente um complexo sistema de defesa que provoca altos níveis de resistência ao parasitismo, especialmente no estágio larval (POYET et al., 2013), uma gama de espécies de parasitoides tem sido relatada em associação a *D. suzukii*, sendo os parasitoides pupais os mais

promissores, pois são menos afetados pelo sistema imune de defesa (GABARRA et al., 2015; ROSSI-STACCONI et al., 2015; DAANE et al., 2016; WOLLMANN et al., 2016; GARCIA et al., 2017). Outras estratégias promissoras incluem técnicas de RNAi para a síntese de bioinseticidas (MURPHY et al., 2016), modificação genética por meio de tecnologia CRISPR (LI; SCOTT, 2016), técnica do inseto estéril (TIE) (SCHETELIG; HANDLER, 2013; KRÜGER et al., 2018), técnica do inseto incompatível (TII) (HAMM et al., 2014; CATTEL et al., 2016) e extratos de plantas (BERNARDI et al., 2017).

Os prejuízos em decorrência da invasão de espécies exóticas como *D. suzukii* podem compor um cenário que vai além dos danos econômicos, podendo incorrer também em danos culturais, sociais e ambientais (SCHLESENER et al., 2017b). O Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional de pequenos frutos de clima temperado (FACHINELLO et al., 2011) e se encontra em uma área considerada de alta adequação ambiental para a espécie (DOS SANTOS et al., 2017), de modo que os riscos de danos a culturas suscetíveis podem ser expressivos no decorrer dos anos.

Como o histórico de invasão de *D. suzukii* no Brasil é relativamente recente, são necessários estudos que permitam delinear estratégias de manejo em cultivos hospedeiros atacados pela praga. Nesse contexto, os objetivos deste estudo foram: i) monitorar a atividade de *D. suzukii* em cultivos comerciais de pequenos frutos (amora-preta, mirtilo, araçá, pitanga e morango) em três localidades da região sul do Brasil, de abril de 2015 a abril de 2017; ii) determinar a preferência e os índices de infestação natural de adultos da SWD emergidos dos hospedeiros monitorados, no mesmo período ao do monitoramento; iii) avaliar a eficiência de seis atrativos alimentares quanto à preferência de adultos de *D. suzukii* durante a safra 2015/2016 em pomar de amoreira-preta; e iv) verificar ocorrência de inimigos naturais que podem ser potenciais agentes de controle biológico natural e aplicado de *D. suzukii* em frutos de amora e morango, de abril de 2015 a abril de 2016.

Artigo 1 – Formatado segundo normas da revista “Environmental Entomology (Sampling)” (versão em português)

Jutiane Wollmann
Universidade Federal de Pelotas
Laboratório de Entomologia
Departamento de Fitossanidade
Cx: 354, 96010970, Pelotas/RS, Brasil
E-mail: jutianewollmann@hotmail.com

Environmental Entomology
Sampling

**Monitoramento de *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) em cultivos de pequenos
frutos no sul do Brasil**

Jutiane Wollmann^{1*}, Daniele Cristine Hoffmann Schlesener¹, Márcio Soares Ferreira¹,
Alexandra Peter Krüger¹, Javier Alexander Bethancourt Garcia², Adrise Medeiros Nunes¹,
Mauro Silveira Garcia¹, Flávio Roberto Mello Garcia^{1,3}

¹ Programa de pós graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas,
RS 96010900, Brazil

² Programa de pós graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS
96010900, Brazil

³ Programa de pós graduação em Entomologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas,
RS 96010900, Brazil

*autor para correspondência

Resumo

Drosophila suzukii (Matsumura) é uma espécie invasora originária do sudeste da Ásia e considerada praga severa em cultivos de pequenas frutas de diversos países do Hemisfério Norte e Europa. Na América do Sul, a espécie foi detectada pela primeira vez em 2014. O objetivo do estudo foi monitorar a atividade sazonal de *D. suzukii* em cultivos comerciais de amoreira-preta, araçazeiro, pitangueira, mirtilheiro e morangueiro em três propriedades na região sul do Brasil durante as safras 2015/2016 e 2016/2017, com auxílio de armadilhas de monitoramento iscadas com vinagre de maçã. Os maiores picos populacionais foram observados durante o final da primavera até meados de outono em todas as áreas e espécies vegetais estudadas. Mediante análises de regressões múltiplas foi verificado que a temperatura e a umidade influenciaram diretamente a atividade sazonal de *D. suzukii* a campo, promovendo baixas capturas da espécie durante o inverno. Entretanto, mesmo durante as baixas temperaturas (período de inverno) foi verificado a presença de *D. suzukii* no campo, demonstrando a capacidade da espécie em permanecer no local de ano para ano sobrevivendo em hospedeiros alternativos como *Eriobotrya japonica*, espécie nativa da região de estudo. Este é o primeiro estudo na região que visa avaliar o comportamento sazonal de populações de *D. suzukii* em cultivos agrícolas. As informações apresentadas no trabalho servem de base para as tomadas de decisões e manejo da praga no campo para evitar maiores danos econômicos.

Palavras-chave: Flutuação populacional; drosófila-da-asa-manchada; hospedeiros; armadilhas

Introdução

Drosophila suzukii Matsumura (Diptera: Drosophilidae) comumente denominada como drosófila-da-asa-manchada (SWD), é uma espécie exótica que infesta frutos de tegumento macio e considerado o principal inseto-praga invasivo para diversos países da Europa (Walsh et al. 2011; Calabria et al. 2012), América do Norte (Hauser 2011; Cini et al. 2012), América do Sul, com destaque para o Brasil (Deprá et al. 2014, Andreazza et al. 2017a), Uruguai (González et al. 2015) e Argentina (Santadino et al. 2015), e com potencial de adaptação e estabelecimento na Oceania e África (Dos Santos et al. 2017).

Fatores ligados ao elevado potencial biótico (Tochen et al. 2014), curto período entre gerações (Emiljanowicz et al. 2014), elevada polifagia (Asplen et al. 2015) e a presença de uma aparelho ovipositor serrilhado (Dreves et al. 2009; Walsh et al. 2011; Lee et al. 2015), tem proporcionado perdas de cinco milhões de dólares por ano em cultivos de morangos, mirtilos, cerejas, amoras e framboesas no Canadá e Estados Unidos (Languille et al. 2017), e Europa (De Ros et al. 2013).

Para diminuir as perdas econômicas é de fundamental importância o entendimento do comportamento da praga no campo (Lee et al. 2012; Burrack et al. 2015). O monitoramento com a utilização de armadilhas atrativas iscadas com atrativos alimentares à base de produtos fermentados (por exemplo, vinhos, vinagres e leveduras) tem sido preconizado em locais de ocorrência do inseto para determinar a flutuação e a densidade populacional da praga nos cultivos agrícolas ao longo do tempo e assim, viabilizar o uso de estratégias de manejo (Walsh et al. 2011; Landolt et al. 2012; Lee et al. 2012; Hamby et al. 2014; Frewin et al. 2017; Tonina et al. 2017). Contudo, as condições ambientais locais podem exercer influência direta no comportamento bioecológico dos insetos na população e interferir nas estratégias de

manejo de local para local (Burrack et al. 2013; Kinjo et al. 2014; Tochen et al. 2014; Ryan et al. 2016; Wang et al. 2016; Zerulla et al. 2017).

No Brasil, por ser uma espécie recente para os cultivos agrícolas (Santos 2014), não existem informações sobre a dinâmica populacional de *D. suzukii* no campo, havendo apenas com registros de ocorrência em diversas regiões, com destaque aos Estados de Minas Gerais (Andreazza et al. 2016), São Paulo (Vilela and Mori 2014), Paraná (Geisler et al. 2015) e Rio Grande do Sul (Deprá et al. 2014; Schlesener et al. 2015). Este último é responsável por aproximadamente 25,6% do total de pequenas frutas de clima temperado produzidas no país, cuja importância socioeconômica se destaca pelo cultivo *in natura*, agroindústria e/ou agroturismo (Fachinello et al. 2011). A fim de entender o comportamento populacional de *D. suzukii* no Brasil, nós monitoramos a atividade de *D. suzukii* durante as safras 2015/2016 e 2016/2017 em cultivos agrícolas com pequenos frutos na região sul do Brasil.

Materiais e métodos

Áreas de estudo

Para avaliar o comportamento de *D. suzukii* a campo foram realizados o monitoramento de populações da SWD durante as safras 2015/2016 (Safra 1) e 2016/2017 (Safra 2) em diferentes cultivos frutícolas (amoreira-preta, araçazeiro, pitangueira, mirtilheiro e moragueiro) (tratamentos), distribuídos em três localidades distintas localizadas na região sul do Rio Grande do Sul, Brasil. Pomar 1 (Cascatinha “C”), pertencente ao município de Pelotas/RS (31°38'24”S e 52°30'55”W), cultivado com três espécies vegetais, amoreira-preta (*Rubus* spp.) (0,2 hectare), araçazeiro amarelo e vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) (0,3 hectare), e pitangueira (*Eugenia uniflora* L) (0,5 hectare), com distância máxima entre os pomares de

aproximadamente 100 metros; Pomar 2 (Rincão da Caneleira “RC”), pertencente ao município de Morro Redondo/RS (31°32’36”S e 52°34’26”W) cultivado com duas espécies vegetais, amoreira-preta (0,5 hectare), e mirtilheiro (*Vaccinium myrtillus* L.) (1,0 hectare), distanciados ente si por aproximadamente 100 metros; e Pomar 3 (Cerrito Alegre “CA”), pertencente ao município de Pelotas/RS (31°35’12”S e 52°25’15”W) com cultivo de morangueiro (*Fragaria x ananassa*) (0,6 hectare), cultivados em sistema semi-hidropônico, de acordo com Bortolozzo et al. (2007). Para todas as propriedades, o sistema de cultivo foi com base na produção orgânica de frutas em todo o ciclo da cultura.

Para ambas as áreas de estudo (pomares), a paisagem adjacente aos pomares nas três localidades é formada por remanescentes de floresta estacional semidecidual, entremeada por campos e matas arbustivas (Cordeiro e Hasenack 2009), além da ocorrência esporádica de espécies frutícolas, tanto nativas (*Eugenia uniflora* L.), quanto exóticas [*Eriobotrya japonica* (Thumb.) Lindley] (Andreazza et al. 2017). Segundo o sistema de Köppen, a região se caracteriza pelo clima do tipo Cfa, que compreende a zona subtropical com elevada umidade (variando de 75 a 85 % em todas as estações do ano), ocorrência de precipitação em todos os meses do ano e temperatura superior a 22°C durante o verão (geralmente janeiro) e superior a 3°C durante o inverno (geralmente julho) (Kottek et al. 2006).

Monitoramento de D. suzukii

Para determinar o comportamento populacional de *D. suzukii* nas diferentes áreas e espécies vegetais foram utilizadas armadilhas confeccionadas com recipientes plásticos (500 mL) de acordo com Wollmann et al. (2017), iscadas com vinagre maçã (pH = 4,40, sem diluição) (150 mL por armadilha) (Walsh et al. 2011), acrescido com 1 mL de detergente neutro para quebrar a tensão superficial do líquido atrativo. Para cada espécie vegetal

cultivada em cada área de estudo foram instaladas três armadilhas, as quais foram penduradas em ramos na parte interna da linha de cultivo a um metro da superfície do solo e distanciadas de forma equidistantes entre si. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições (armadilha) e sete tratamentos (tipo de espécie vegetal ou cultivar). Semanalmente, a solução atrativa de cada armadilha foi substituída por atrativo novo e os insetos capturados foram retirados e acondicionados em frascos plásticos (200 mL) fechados com as respectivas tampas e previamente identificados (data, hospedeiro e local de coleta), e transportados ao laboratório para a triagem do material. Em laboratório, machos e fêmeas de *D. suzukii* foram contabilizados e identificados por meio de caracteres taxonômicos específicos (Vlach 2013) com auxílio de um estereomicroscópio binocular (40x). Após a separação e identificação, todos os indivíduos foram acondicionados em microtubos plásticos (10 mL) preenchidos com álcool 70%.

A fim de relacionar a possível influência da presença de frutos nos pomares com a captura de adultos nas armadilhas foram registrados os períodos de frutificação (barras horizontais nas figuras 1, 2 e 3), em que foi considerada somente a presença de frutos maduros e/ou em amadurecimento para todos os locais.

Análise estatística

Os dados das capturas semanais de *D. suzukii* foram registrados semanalmente, porém, foram expressos por mês e por pomar. O total de moscas capturadas por mês foi analisada separadamente para cada espécie frutícola, sendo comparados os meses (efeito fixo) com as respectivas capturas da mosca (efeito variável). Os dados das capturas de SWD foram transformados em complemento log para atender as pressuposições da normalidade, por meio do teste de Shapiro-Wilk, e da homogeneidade, pelo teste de Barlett. Posteriormente, as

médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA) através do teste F ($P \leq 0,05$) e, constatando-se significância estatística, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Para verificar o efeito das variáveis climáticas (temperaturas média, máxima, mínima, umidade relativa do ar e precipitação) sobre as capturas de *D. suzukii* para os períodos (estação do ano) e local avaliado foram realizadas regressões múltiplas por meio do procedimento de seleção passo a passo (“Stepwise Selection”). Os fatores climáticos foram avaliados em conjunto nos dois anos para cada estação do ano (efeito fixo), em função de não haver significância estatística na comparação entre os anos, o que permitiu a análise da importância de cada fator abiótico sobre a variável dependente (densidade de *D. suzukii*).

Para todas as análises foi utilizado o software estatístico RBio versão 2017 (Bhering 2017). Os dados climatológicos foram obtidos da Estação Meteorológica da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, distanciada no máximo 40 km de todos os locais de estudo.

Resultados

Durante as duas safras de estudo (Pomares 1, 2 e 3) e espécies vegetais cultivadas (amora-preta, araçá, pitanga, mirtilo e morango) foram capturados 13.935 adultos (machos e fêmeas) de *D. suzukii*, sendo 9.488 (68,1 %) em Pomar 1 (Cascatinha) em cultivos de amoreira, araçazeiro e pitangueira; 2.648 (19,0 %) no Pomar 2 (Rincão da Caneleira) em cultivos de amoreira e mirtileiro, e 1.799 (12,9 %) no Pomar 3 (Cerrito Alegre) em cultivo de morangueiro. Ao longo de todo o tempo de avaliação foi verificado que houve variação significativa no número de adultos de *D. suzukii* capturados mensalmente [Pomar 1 (amora-preta = $F = 25.72$; $df = 24, 50$; $P < 0.001$; araçá = $F = 26.54$; $df = 24, 50$; $P < 0.001$) e pitanga = $F = 10.42$; $df = 24, 50$; $P < 0.001$] (Figura 1); Pomar 2 [Amora-preta = $F = 30.95$; $df = 24,$

50; $P < 0.001$ e mirtilo = $F = 26.25$; $df = 24, 50$; $P < 0.001$) (Figura 2) e Pomar 3 [morango $F = 28.23$; $df = 24, 50$; $P < 0.001$] (Figura 3). Entretanto, o pico populacional de adultos de *D. suzukii* capturados foi similar em todas as áreas avaliadas de acordo com o período de frutificação da espécie vegetal monitorada e estação do ano (Figuras 1, 2 e 3).

Pelo modelo de regressão múltipla das densidades de *D. suzukii* em função das variáveis climáticas de temperatura (média, máxima e mínima), umidade relativa do ar e precipitação foi verificada que houve significância estatística ($P < 0,05$) para os fatores temperatura e umidade no número de insetos capturados nas diferentes estações do ano (outono, inverno, primavera e verão) em todas as áreas e espécies vegetais estudadas (Figuras 1, 2 e 3). As capturas foram negativamente relacionadas às temperaturas máxima e mínima no inverno (junho a setembro) e à temperatura máxima no verão (dezembro a março), enquanto que foram positivamente relacionadas à temperatura mínima e umidade relativa no outono (março a junho) e à temperatura máxima na primavera (setembro a dezembro) (Tabela 1).

Discussão

Neste estudo foi registrada pela primeira vez a atividade de populações de *D. suzukii* na região sul do Rio Grande do Sul, sendo verificada uma grande variação na ocorrência da espécie ao longo do tempo em todas as áreas e espécies vegetais avaliadas.

Os maiores picos populacionais foram observados ao final da primavera até meados de outono, período associado à frutificação das espécies vegetais. Para a safra 2015/16 somente foi verificado um pico populacional no cultivo contendo plantas de morangueiro (pomar CA). Entretanto, nas demais áreas de estudo e espécies vegetais, neste mesmo período, foram registradas baixas incidências de capturas de *D. suzukii*. Este fato pode estar associado à fase de adaptação da espécie no ambiente, visto que a SWD foi registrada em cultivos agrícolas no

país um ano antes (ano 2014) à instalação do experimento (Deprá et al. 2014). A aclimatação da espécie é uma resposta em longo prazo e, em campo, pode ser induzida por mudanças sazonais (temperatura e/ou fotoperíodo) que atuam diretamente no comportamento populacional da praga (Teets e Denlinger 2013) e no processo de adaptação da espécie no local (Dalton et al. 2011).

O padrão de ocorrência e aumentos populacionais de *D. suzukii* verificados durante dois anos de avaliações são similares ao observado para populações da mosca em regiões produtoras de pequenos frutos dos Estados Unidos (período de outono e primavera) (Hamby et al. 2014; Harris et al. 2014; Wang et al. 2016). Mediante a aplicação de modelos de regressão múltipla foi verificado que a umidade e a temperatura influenciaram diretamente o comportamento populacional de *D. suzukii* a campo ao longo do tempo (Tabela 1). As maiores ocorrências de SWD durante a primavera estão associadas com a prevalência de temperaturas favoráveis para espécie (temperatura entre 18 a 25°C) (Tabela 2), considerada a temperatura ideal para ocorrer o desenvolvimento biológico de *D. suzukii* (Tochen et al. 2014; Ryan et al. 2016).

Em adição, o aumento da umidade relativa do ar durante o outono proporcionou um maior potencial reprodutivo e sobrevivência de *D. suzukii* (Tochen et al. 2015) e, conseqüentemente, os aumentos populacionais nesse período. Em contraste, durante os meses de verão, a temperatura afetou negativamente a atividade da SWD, embora em alguns cultivos, como araçazeiro (Pomar 1) e amoreira-preta (Pomar 2), as maiores densidades da SWD tenham ocorrido nesse período. Entretanto, houve um decréscimo significativo da atividade sazonal onde as temperaturas foram próximas a 30°C, que é considerada a temperatura de limite superior para ocorrer o desenvolvimento de *D. suzukii* (Wiman et al. 2014). Insetos submetidos a esta condição térmica apresentam redução na sobrevivência, na taxa reprodutiva e no desenvolvimento pré-imaginal (Walsh et al. 2011; Ryan et al. 2016;

Zerulla et al. 2017). Este fato proporcionou uma redução na taxa de desenvolvimento do inseto no campo, o que acarretou em uma menor densidade populacional durante o período mais quente.

Durante o inverno (variação térmica de 8 a 14°C) (Tabela 2) foram registradas baixas capturas de *D. suzukii* nas armadilhas de monitoramento. Embora em baixas densidades, o número de espécimes de *D. suzukii* capturados nesse período, demonstra a capacidade das populações sul-americanas permanecerem ativas no ambiente durante os períodos frios das regiões. Em condições controladas, a temperatura mínima para o desenvolvimento da SWD foi estimada em 8,1°C (Ryan et al. 2016; Tonina et al. 2016). A capacidade de sobrevivência de *D. suzukii* em temperaturas baixas tem sido relatada em inúmeros estudos, onde se observa uma adequação no fenótipo, denominada de “forma de inverno” (wintermorph) (Stephens et al. 2015; Hamby et al. 2016), evidenciando a plasticidade fenotípica sazonal que *D. suzukii* desenvolveu ao longo do processo adaptativo para sobreviver nos períodos desfavoráveis de desenvolvimento biológico (Stephens et al. 2015).

Embora a estação fria no Sul do Brasil seja menos expressiva em relação a várias regiões da América do Norte e da Europa, observamos a ocorrência desse fenótipo em insetos capturados durante os períodos de inverno até o início da primavera, com insetos maiores (mm), mais esclerotizados e pigmentados, quando comparados com insetos capturados na primavera e outono, assim como observado com populações de *D. suzukii* coletadas na América do Norte (Hamby et al. 2016). Outro fator que pode ter contribuído para manter a *D. suzukii* no campo durante as baixas temperaturas é a predominância de hospedeiros alternativos, como nêspers (*E. japonica*), nas bordas do pomar ou no interior da mata nativa (Geisler et al. 2015; Andreazza et al. 2017). Essa espécie vegetal frutifica durante o inverno e pode ser refúgio para a SWD provendo alimento para a sua sobrevivência durante os períodos

críticos, até o restabelecimento da cultura principal no campo (Klick et al. 2015; Lee et al. 2015).

Através desse estudo, demonstramos a dinâmica de *D. suzukii* no sul do Rio grande do Sul. Tendo em vista as características climáticas da região que favorecem a atividade da SWD nos agroecossistemas praticamente o ano todo, predispondo a riscos maiores de danos, as informações fornecidas por esse estudo pode servir como base para novas pesquisas para delinear estratégias de manejo sustentável da praga. A supressão da SWD pode incluir táticas de manejo como a captura massal com armadilhas de monitoramento (Wiman 2016), manejo da praga nos hospedeiros alternativos e limpeza dos pomares para evitar focos iniciais do inseto (Walsh 2011; Lee et al. 2016), bem como o uso de iscas tóxicas (Schlesener et al. 2017), de modo que tais ações também favorecem a permanência da ação de inimigos naturais, como os parasitoides *Leptopilina boulardi* (Barbotin, Carton & Kelner-Pillault) (Hymenoptera: Figitidae) e *Trichopria anastrephae* Lima (Hymenoptera: Diapriidae), insetos presentes em todas as áreas de estudo (Wollmann et al. 2016).

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas para os dois primeiros, quarto e quinto autores, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade a FRMG.

Referências

Andreazza, F., K. Haddi, E. E. Oliveira, and J. A. M. Ferreira. 2016. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) arrives at Minas Gerais state, a main strawberry production region in Brazil. Fla. Entomol. 99: 796–798.

- Andreazza, F., D. Bernardi, R. S. S. Dos Santos, F. R. M. Garcia, E. E. Oliveira, M. Botton, and D. E. Nava. 2017a.** *Drosophila suzukii* in Southern Neotropical region: Current status and futures perspectives. *Neotrop. Entomol.* 46: 591–605.
- Asplen, M. K., G. Anfora, A. Biondi, D.-S. Choi, D. Chu, K. M. Daane, P. Gibert, A. P. Gutierrez, K. A. Hoelmer, W. D. Hutchison, et al. 2015.** Invasion biology of spotted wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. *J. Pest. Sci.* 88: 469–494.
- Bhering, L. L. 2017.** Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.* 17: 187–190.
- Bortolozzo, A. R., R. M. V Sanhueza, G. W. B. de Melo, A. Kovalesski, J. Bernardi, A. Hoffmann, M. Botton, J. M. de Freire, L. C. Braghini, L. Vargas, F. F. Calegario, and N. J. Ferla. 2007.** Produção de morangos no sistema semi-hidropônico, pp. 24. 2007, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves (Circular técnica, 62).
- Burrack, H. J., G. E. Fernandez, T. Spivey, and D. A. Kraus, 2013.** Variation in selection and utilization of host crops in the field and laboratory by *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae), an invasive frugivore. *Pest Manag. Sci.* 69:1173–1180.
- Calabria, G., J. Maca, G. Bachli, G., L. Serra, and M. Pascual. 2012.** First records of the potential pest species *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Europe. *J. Appl. Entomol.* 136: 139–147.
- Cini, A., C. Ioriatti, and G. Anfora. 2012.** A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. *Bull. Insectol.* 65: 149–160.
- Cordeiro, J.L.P., and H. Hasenack. 2009.** Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul, pp. 285–299. In: Pillar, V. P. et al., (eds.), Campos Sulinos – Conservação e uso sustentável da biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.
- Dalton, D. T., V. M. Walton, P. W. Shearer, D. B. Walsh, J. Caprile, and R. Issacs. 2011.** Laboratory survival of *Drosophila suzukii* under simulated winter conditions of the Pacific Northwest and seasonal field trapping in five primary regions of small and stone fruit production in the United States. *Pest Manag. Sci.* 67: 1368–1374.
- Deprá, M., J. L. Poppe, H. J. Schmitz, D. C. De Toni, and V. L. S. Valente. 2014.** The first records of the invasive pest *Drosophila suzukii* in South American Continent. *J. Pest Sci.* 87: 379–383.
- De Ros, G., G. Anfora, A. Grassi, C. Ioriatti. 2013.** The potential economic impact of *Drosophila suzukii* on small fruits production in Trentino (Italy). *Integrated Protection of Fruit Crops, IOBC–WPRS Bulletin*, 91: 317–321.
- Dos Santos, L. A., M. F. Mendes, A. P. Krüger, M. L. Blauth, M. S. Gottschalk, and F. R. M. Garcia. 2017.** Global potential distribution of *Drosophila suzukii* (Diptera, Drosophilidae). *PLoS One* 12: e0174318. (doi:10.1371/journal.pone.0174318).

- Dreves, A. J., V. Walton, and G. Fisher. 2009.** A new pest attacking healthy ripening fruit in Oregon. Spotted Wing *Drosophila*: *Drosophila suzukii* (Matsumura). Oregon State University Extension Service Publication EM 8991.
- Emiljanowicz, L. M., G. D. Ryan, A. Langille, and J. Newman. 2014.** Development, reproductive output and population growth of the fruit fly pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on artificial diet. *J. Econ. Entomol.* 107: 1392–1398.
- Fachinello, J. C., M. S. Pasa, J. D. Schmtiz, and D. L. Betemps. 2011.** Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. *Rev. Bras. Frut.* 33: 109–120.
- Frewin, A. J., J. Renkema, H. Fraser, and R.H. Hallett. 2017.** Evaluation of Attractants for Monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *J. Econ. Entomol.* 110: 1156–1163.
- Garcia, F. R. M., J. Wollmann, A. P. Kruger, D. C. Schlesner, and C. M. Teixeira. 2017.** Biological Control of *Drosophila suzukii* (Diptera, Drosophilidae): State of the Art and Prospects, pp. 1–27. In: Lewis Davenport. (ed), *Biological Control: Methods, Applications and Challenges*, vol. 1. Nova Science Publishers, New York, NY.
- González, G., A. L. Mary, B. Goñi. 2015.** *Drosophila suzukii* (Matsumura) found in Uruguay. *Drosoph. Inf. Serv.* 98: 103–107.
- Geisler, F. C. S., J. Santos, D. R. Holdefer, and F. R. M. Garcia. 2015.** Primeiro registro de *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) para o estado do Paraná, Brasil e de novos hospedeiros. *Revista de Ciências Ambientais* 9: 125–129.
- Hamby, K. A., M. P. Bolda, M. E. Sheehan, and F. G. Zalom. 2014.** Seasonal monitoring for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in California commercial raspberries. *Environ. Entomol.* 43: 1008–1018.
- Hamby, K. A., D. E. Bellamy, J. C. Chiu, , J. C. Lee, V. M. Walton, N. G. Wiman, R. M. York, and A. Biondi. 2016.** Biotic and abiotic factors impacting development, behavior, phenology, and reproductive biology of *Drosophila suzukii*. *J. Pest Sci.* 89: 605–619.
- Harris, D. W., K. A. Hamby, H. E. Wilson, and F. G. Zalom. 2014.** Seasonal monitoring of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in a mixed fruit production system. *J. Asia Pacific Entomol.* 17: 857–864.
- Kinjo, H., Y. Kunimi, and M. Nakai. 2014.** Effects of temperature on the reproduction and development of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Appl. Entomol. Zool.* 49: 297–304.
- Klick J., W. Q. Yang, V. M. Walton, D. T. Dalton, J. R. Hagler, A. J. Dreves, J. C. Lee, and D. J. Bruck. 2015.** Distribution and activity of *Drosophila suzukii* in cultivated raspberry and surrounding vegetation. *J. Appl. Entomol.* 140: 37–46.
- Kottek, M. 2006.** World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Z.* 15: 259–263.

- Landolt, P. J., T. Adams, and H. Rogg. 2012.** Trapping spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), with combinations of vinegar and wine, and acetic acid and ethanol. *J. Appl. Entomol.* 136: 148–154.
- Languille, A. B., E. M. Arteca, and J. A. Newman. 2017.** The impacts of climate change on the abundance and distribution of the Spotted Wing Drosophila (*Drosophila suzukii*) in the United States and Canada. *PeerJ.* 5:e3192. (doi:10.7717/peerj.3192).
- Lee, J. C., H. J. Burrack, L. D. Barrantes, E. H. Beers, A. J. Dreves, K. A. Hamby, D. R. Haviland, R. Isaacs, T. A. Richardson, P. W. Shearer, et al., 2012.** Evaluation of monitoring traps for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in North America. *J. Econ. Entomol.* 105: 1350–1357.
- Lee, J. C., A. J. Dreves, A. M. Cave, S. Kawai, R. Isaacs, J. C. Miller, S. Van Timmeren, and D. J. Bruck. 2015.** Infestation of Wild and Ornamental Noncrop Fruits by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 108: 117–129.
- Lee, J. C., D. T. Dalton, K. A. Swoboda-Bhattarai, D. J. Bruck, H. J. Burrack, B. C. Strik, J. M. Woltz, and V. M. Walton. 2016.** Characterization and manipulation of fruit susceptibility to *Drosophila suzukii*. *J. Pest. Sci.* 89: 771–780.
- Ryan, G. D., L. Emiljanowicz, F. Wilkinson, M. Kornya, and J. A. Newman. 2016.** Thermal tolerances of the Spotted-wing *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *J. Econ. Entomol.* 109: 746–752.
- Santadino, M. V., M. B. Riquelme, M. A. Ansa, M. Bruno M, G. Di Silvestro, E. G. Lunazzi. 2015.** Primer registro de *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) asociado al cultivo de arándanos (*Vaccinium* spp.) de Argentina. *Rev. Soc. Entomol. Arg.* 74: 183–185.
- Santos, R. S. S. 2014.** Ocorrência de *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) atacando frutos de morango no Brasil, pp. 4. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves (Comunicado Técnico 159).
- Schlesener, D. C. H., J. Wollmann, A. M. Nunes, J. Cordeiro, M. S. Gottschalk, and F. R. M. Garcia. 2015.** *Drosophila suzukii*: nova praga para a fruticultura brasileira. *O Biológico* 77: 47–54.
- Schlesener, D. C. H., J. Wollmann, J. de B. Pazini, A. D. Grützmacher, F. R. M. Garcia. 2017.** Effects of insecticides on adults and eggs of *Drosophila suzukii* (Diptera, Drosophilidae). *Rev. Colomb. Entomol.* 43: 208–2014.
- Stephens, A. R., M. K. Asplen, W. D. Hutchinson, and R. C. Venette. 2015.** Cold hardiness of winter-acclimated *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) adults. *Environ. Entomol.* 44: 1619–1626.
- Teets, N. M., and D. L. Denlinger. 2013.** Physiological mechanisms of seasonal and rapid cold-hardening in insects. *Physiol. Entomol.* 38: 105–116.
- Tochen, S., D. T. Dalton, N. Wiman, L. Hamm, P. W. Shearer, and V. M. Walton. 2014.** Temperature related development and population parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on cherry and blueberry. *Environ. Entomol.* 43: 501–510.

- Tochen, S., J. M. Woltz, D. T. Dalton, J. C. Lee, N. G. Wiman, and V. M. Walton. 2015.** Humidity affects populations of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blueberry. *J. Appl. Entomol.* 140: 47–57.
- Tonina, L., N. Mori, F. Giomi, and A. Battisti. 2016.** Development of *Drosophila suzukii* at low temperatures in mountain areas. *J. Pest Sci.* 89: 1–12.
- Tonina L., A. Grassi, S. Caruso, M. Mori, A. Gottardello, G. Anfora, F. Giomi, G. Vaccar, and C. Ioriatti. 2017.** Comparison of attractants for monitoring *Drosophila suzukii* in sweet cherry orchards in Italy. *J. Appl. Entomol.* 5: 1–8.
- Vilela, C. R., and L. Mori. 2014.** The invasive spotted-wing *Drosophila* (Diptera Drosophilidae) has been found in the city of São Paulo (Brazil). *Rev. Bras. Entomol.* 58: 371–375.
- Vlach, J. 2013.** Identifying *Drosophila suzukii*. Salem: Oregon Department of Agriculture. <http://www.oregon.gov/oda/shared/documents/publications/ippm/spottedwingdrosophilaidkey.pdf/>. Accessed 12 Nov 2017
- Walsh, D. B., M. P. Bolda, R. E. Goodhue, A. J. Dreves, J. Lee, D. J. Bruck, V. M. Walton, S. D. O'Neal, and F. G. Zalom. 2011.** *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): Invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. *J. Integr. Pest Manag.* 2: 1–7.
- Wang, X-G., T. J. Stewart, A. Biondi, B. A. Chavez, C. Ingels, J. Caprile, J. A. Grant, V. M. Walton, and K. M. Daane. 2016.** Population dynamics and ecology of *Drosophila suzukii* in Central California. *J. Pest Sci.* 89: 701–712.
- Wiman, N. G., V. M. Walton, D. T. Dalton, G. Anfora, H. J. Burrack, J. C. Chiu, K. M. Daane, A. Grassi, B. Miller, S. Tochen, X. G. Wang, and C. Ioriatti. 2014.** Integrating temperature-dependent life table data into a matrix projection model for *Drosophila suzukii* population estimation. *PLoS One*, 9:e106909. (doi:10.1371/journal.pone.0106909).
- Wollmann, J., D. C. H. Schlesener, M. S. Ferreira, M. S. Garcia, V. A. Costa, and F. R. M. Garcia. 2016.** Parasitoids of Drosophilidae with potential for parasitism on *Drosophila suzukii* in Brazil. *Drosoph. Inf. Serv.* 99: 38–42.
- Wollmann, J., D. C. H. Schlesener, L. N. Martins, M. S. Garcia, and F. R. M. Garcia. 2017.** Trap model for capturing *Drosophila suzukii* (Matsmura, 1931). *Drosoph. Inf. Serv.* 100: 181–185.
- Zerulla, F. N., C. Augel, and C. P. W. Zebitz. 2017.** Oviposition activity of *Drosophila suzukii* as mediated by ambient and fruit temperature. *PLoS ONE*. 12: e0187682. (doi:10.1371/journal.pone.0187682).

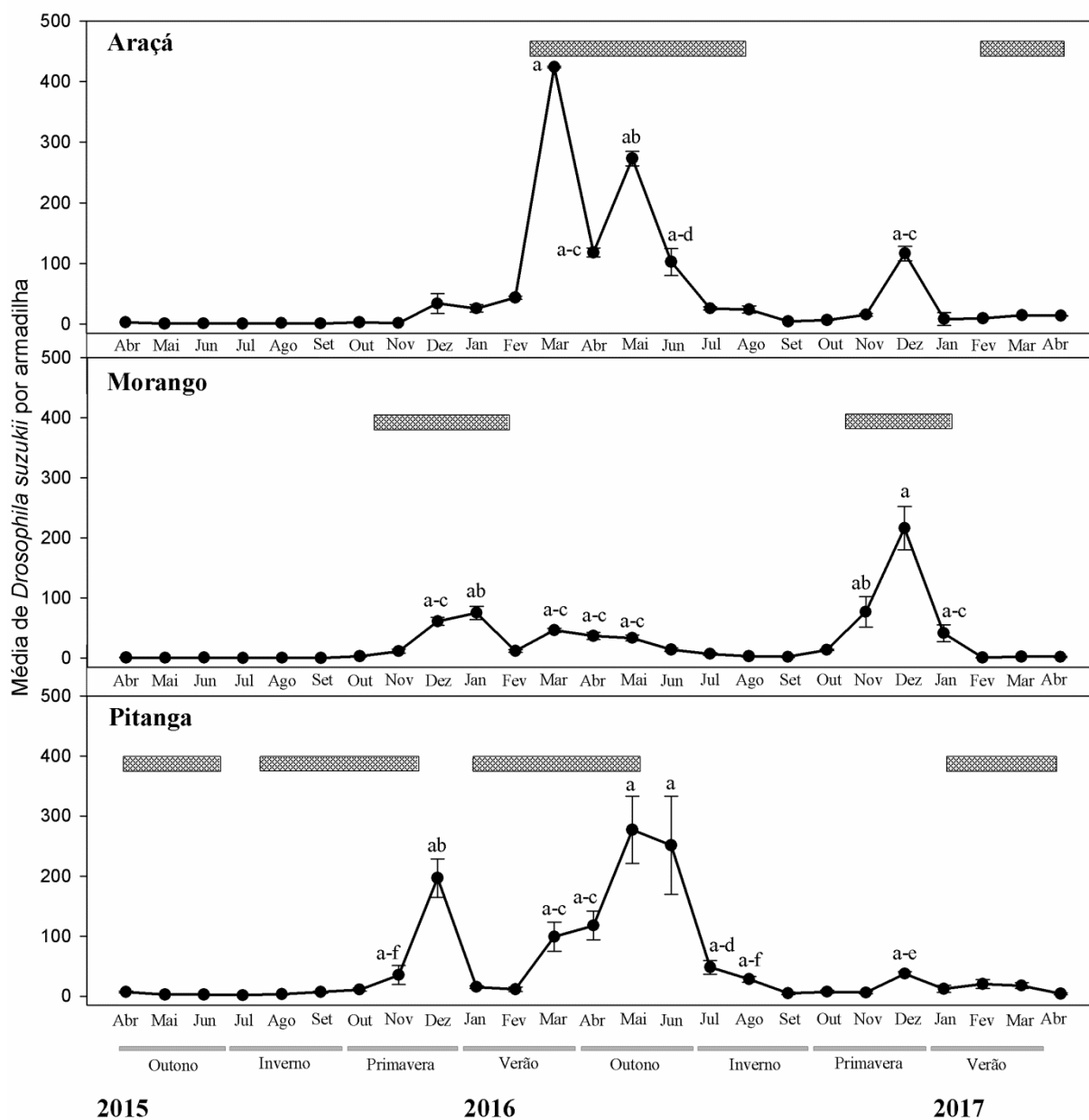


Figura 1. Flutuação populacional de *Drosophila suzukii* em cultivos de amora-preta, araçá e pitanga de 2015 a 2017, Cascatinha, RS, Brasil.

*Barras superiores de coloração cinza indicam o início do período de frutificação das culturas monitoradas.

As linhas seguidas pela mesma letra dentro de cada hospedeiro não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

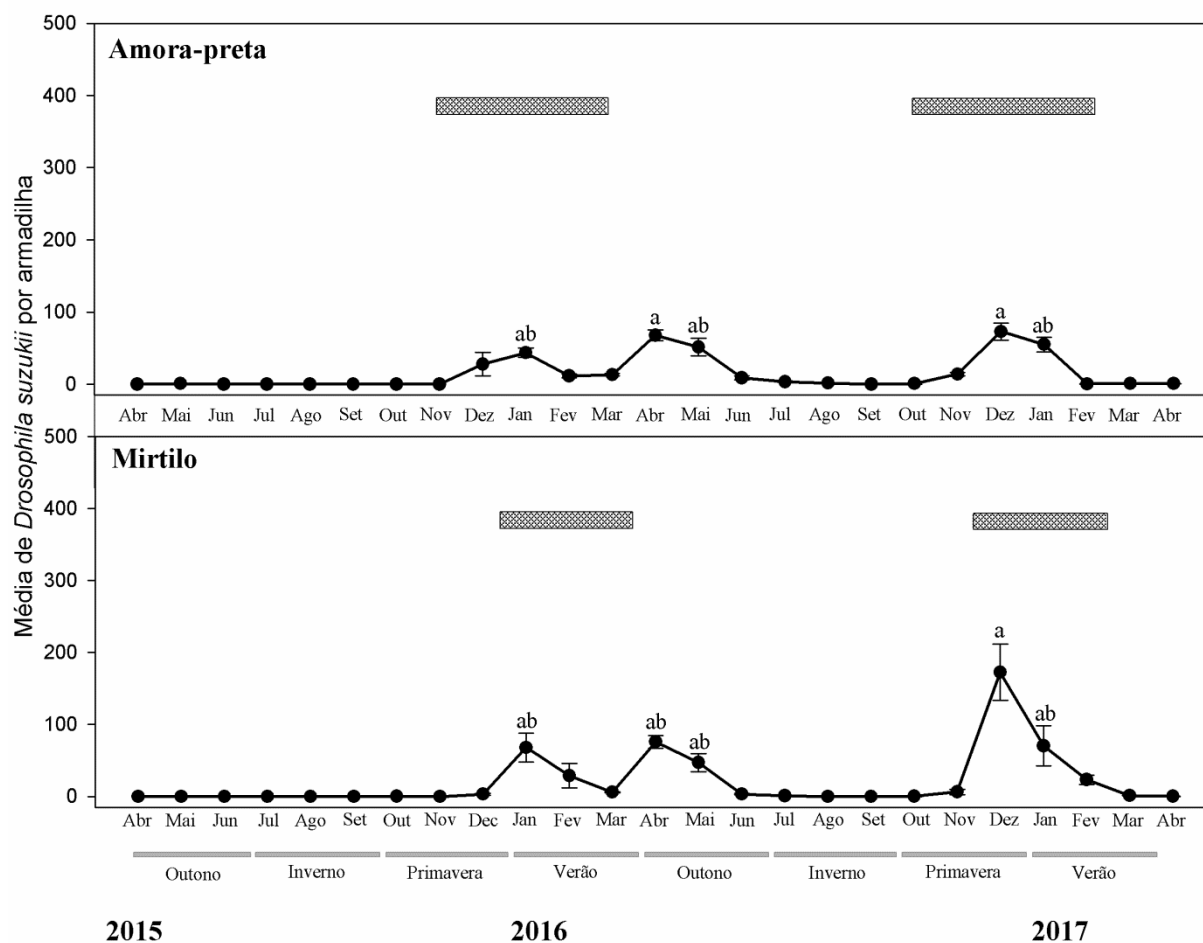


Figura 2. Flutuação populacional de *Drosophila suzukii* em cultivos de amora-preta e mirtilo de 2015 a 2017, Rincão da Caneleira, RS, Brasil.

* Barras superiores de coloração cinza indicam o início do período de frutificação das culturas monitoradas.

As linhas seguidas pela mesma letra dentro de cada hospedeiro não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

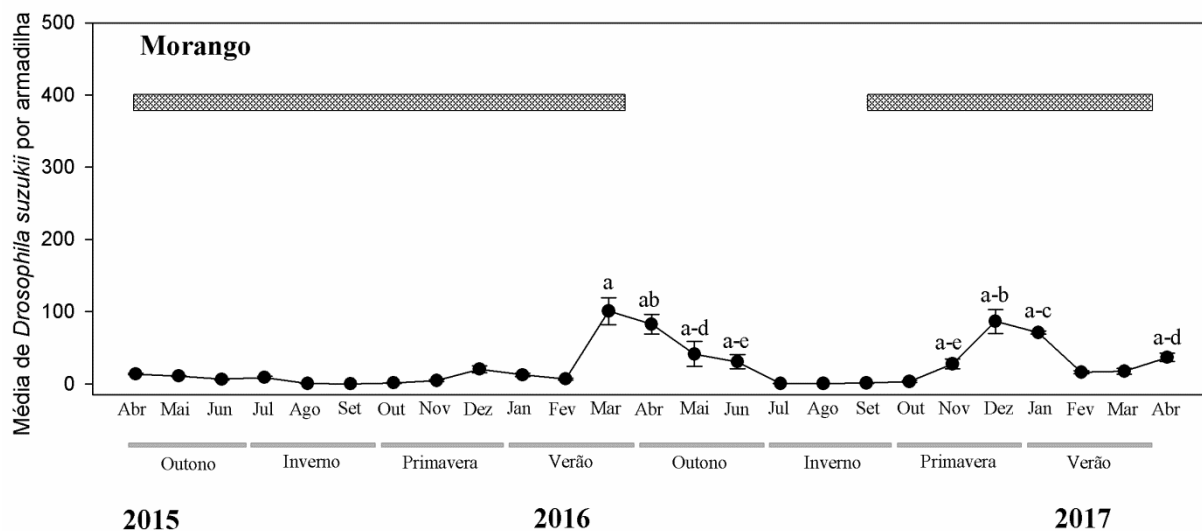


Figura 3. Flutuação populacional de *Drosophila suzukii* em cultivos de morango de 2015 a 2017, Cerrito Alegre, RS, Brasil.

* Barras superiores de coloração cinza indicam o início do período de frutificação das culturas monitoradas.

As linhas seguidas pela mesma letra dentro de cada hospedeiro não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 1. Regressão múltipla das densidades de adultos de *Drosophila suzukii* em função dos fatores climáticos de temperatura e umidade nas diferentes estações do ano em todas as áreas monitoradas durante as safras 2015/2016 e 2016/2017

Estações	Equação descritiva	Parâmetros estatísticos
Primavera	$y = -2.75588 + 0.16555x^*$	$F_{1,71} = 46.5$ $P < 0.0001; r^2 = 0.3872$
Verão	$y = 6.37481 - 0.18563x$	$F_{1,96} = 6.963$ $P = 0.00971; r^2 = 0.05791$
Outono	$y = -11.40619 + 0.02664x_1 + 0.14388x_2$	$F_{2,79} = 34.6$ $P < 0.0001; r^2 = 0.4534$
Inverno	$y = 3.06123 - 0.03002x_1 - 0.15947x_2$	$F_{2,45} = 9.888$ $P = 0.0002758; r^2 = 0.2744$

*Temperatura máxima (x) (primavera); temperatura máxima (x) (verão); temperatura mínima (x_1) e umidade relativa (x_2) (outono); e temperaturas máxima (x_1) e mínima (x_2) (inverno).

Tabela 2. Valores mensais dos parâmetros meteorológicos de temperatura (°C), umidade relativa (%) e precipitação total (mm) durante 2015–2017

Ano	Temperatura (°C)*				Umidade Relativa (%)*	Precipitação Pluvial Total (mm) *
	Mês	Média	Máxima	Mínima		
2015	Maio	16.9	21.8	13.2	85.0	294.1
	Junho	14.3	19.4	9.9	83.7	209.0
	Julho	13.9	17.9	10.7	90.9	205.7
	Agosto	18.1	22.7	14.1	83.6	116.3
	Setembro	15.1	19.4	11.7	84.1	277.8
	Outubro	16.5	20.4	13.1	87.9	321.4
	Novembro	18.9	23.1	15.3	84.4	192.2
	Dezembro	22.1	26.6	18.4	83.7	261.8
2016	Janeiro	23.5	29.0	19.2	82.9	161.2
	Fevereiro	24.3	30.2	20.0	83.1	146.3
	Março	20.9	25.3	17.3	86.2	321.5
	Abril	19.8	23.8	16.9	89.6	339.0
	Maio	13.6	17.5	10.8	90.1	153.8
	Junho	10.6	15.3	7.5	87.3	29.4
	Julho	12.6	17.0	9.0	88.1	131.0
	Agosto	14.3	19.7	10.1	84.2	267.6
	Setembro	13.9	18.6	10.3	86.6	141.9
	Outubro	13.9	18.6	10.3	86.2	177.0
	Novembro	19.4	25.3	14.1	78.2	200.4
	Dezembro	22.5	28.4	17.7	78.7	137.6
2017	Janeiro	23.5	28.7	19.3	85.0	125.0
	Fevereiro	24.4	30.1	20.4	85.5	234.4
	Março	21.6	27.0	17.3	83.2	139.6

*Dados registrados pela Estação Meteorológica da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Brasil (https://www.agromet.cpact.embrapa.br/online/Current_Monitor.htm)

Artigo 2 – Formatado segundo normas da revista “Environmental Entomology (Behavior)” (versão em português)

Jutiane Wollmann
Universidade Federal de Pelotas
Laboratório de Entomologia
Departamento de Fitossanidade
Cx: 354, 96010970, Pelotas/RS, Brasil
E-mail: jutianewollmann@hotmail.com

Environmental Entomology
Behavior

**Índice de infestação e preferência de *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) por
pequenas frutas no sul do Brasil**

Jutiane Wollmann^{1*}, Daniele Cristine Hoffmann Schlesener¹, Sávio Ritta Mendes¹, Alexandra
Peter Krüger¹, Liliane Nachtigall Martins¹, Mauro Silveira Garcia¹, Flávio Roberto Mello
Garcia^{1,2}

¹ *Programa de pós graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas,
RS 96010900, Brazil*

² *Programa de pós graduação em Entomologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS
96010900, Brazil*

**autor para correspondência*

Resumo

A drosófila-da-asa-manchada (SWD), *Drosophila suzukii* Matsumura é considerada o principal inseto-praga de pequenos frutos e de frutos de caroço no mundo. Identificar hospedeiros suscetíveis é essencial para desenvolver estratégias de manejo. O objetivo desse estudo foi verificar a preferência de *D. suzukii* por frutos cultivados em uma região no Sul do Brasil e determinar os índices de infestação natural. Os estudos foram realizados durante duas safras (2015/16 e 2016/17) em três áreas com cultivo orgânico de pequenas frutas, em Pelotas e Morro Redondo, Rio Grande do Sul, Brasil. Foram coletados frutos de amoreira-preta, mirtilheiro, morangueiro, araçazeiro e pitangueira. Foi verificada a preferência hospedeira (%) e calculados os índices de infestação mediante o número de *D. suzukii* emergidas por fruto e entre o número de adultos por peso de fruto. A maior preferência e índice de infestação natural de *D. suzukii* foi observada em frutos de amora-preta (40 a 65% de infestação) e morangos (aproximadamente 30% de infestação). Em contraste, frutos de mirtilo foram menos preferidos (< 7% de infestação). Para as frutas nativas da região (araçá e pitanga) também ocorreu infestação da mosca demonstrando serem hospedeiros para a sua multiplicação nos períodos de entressafras das demais culturas. Os resultados demonstram que *D. suzukii* apresenta-se como praga para o Brasil, e o conhecimento das preferências hospedeiras e dos índices de infestação natural é fundamental para o entendimento do seu comportamento no campo, e auxiliará no delineamento das estratégias de manejo.

Palavras-chave: Espécie invasora; drosófila-da-asa-manchada; pequenas frutas; hospedeiros

Introdução

Espécies invasoras podem representar uma ameaça a ecossistemas naturais e explorar recursos disponíveis de forma diferente ou com maior eficiência em relação às espécies nativas (Diepenbrock et al. 2016; Hamby et al. 2016). A drosófila-da-asa-manchada, *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) é uma espécie invasora endêmica da Ásia Oriental e atualmente é considerada como uma das pragas mais importantes de pequenos frutos e frutos de caroço em diferentes países da América do Norte, América do Sul, Ásia e Europa (Cini et al. 2012, Deprá et al. 2014, Schlesener et al. 2015, Orhan et al. 2016, Andreatza et al. 2017), com capacidade de se estabelecer na África e Oceania (Dos Santos et al. 2017).

Desde os registros fora de seu local de origem (Ásia), *D. suzukii* se tornou alvo de inúmeros estudos que buscam mitigar os impactos econômicos em diferentes culturas (Walsh et al. 2011; De Ros et al. 2013; Benito et al. 2016). Nos Estados Unidos, as perdas anuais podem chegar aos 500 milhões de dólares, assumindo níveis de danos de 30% (Goodhue et al. 2011). Adicionam-se aos prejuízos em campo, as perdas na pós-colheita, devido à seleção secundária de frutos nas instalações de armazenamento, bem como perdas em função da redução da vida útil de frutos após a infestação (Lee et al. 2011a).

A exceção da maioria das espécies de Drosophilidae, que infestam frutos danificados ou em decomposição, as fêmeas da drosófila-da-asa-manchada possuem o aparelho ovipositor serreado e esclerotizado (Bolda et al. 2010) com capacidade de ovipositar em frutos íntegros, maduros ou em processo avançado de amadurecimento (Attalah et al. 2014). *Drosophila suzukii* é altamente polífaga, e tem como hospedeiros preferenciais frutos de tegumento fino, como morango (*Fragaria x ananassa*), amora-preta (*Rubus* spp), mirtilo (*Vaccinium* spp) e framboesa (*Rubus* spp.) (Bolda et al. 2010; Lee et al. 2011b; Andreatza et al. 2017), bem

como uma variedade de plantas não cultivadas, como *Psidium guajava* L., *Acca sellowiana* (O.Berg) Burret, *Cornus alba* L., *Eugenia uniflora* L., *Sambucus nigra* L. e *Eriobotrya japonica* (Thumb.) Lindley (Lee et al. 2015; Kenis et al. 2016; Andrezza et al. 2017).

No Brasil, as maiores produções de pequenas frutas estão localizadas no Sul e Sudeste, tendo como destaques os estados de Minas Gerais (MG), São Paulo (SP), Paraná (PR) e o Rio Grande do Sul (RS), onde o RS é o segundo maior produtor do país, sendo o morangueiro a cultura mais representativa (Fachinello et al. 2011). Todos os locais citados já foram registrados a ocorrência de *D. suzukii*, como no Estado de Minas Gerais (Andrezza et al. 2016), São Paulo (Vilela e Mori 2014), Paraná (Geisler et al. 2015) e Rio Grande do Sul (Deprá et al. 2014; Santos, 2014). Ademais, devido à rápida capacidade de dispersão e hospedeiros de multiplicação foi verificado que a costa sul e meridional do Brasil estão sujeitas a aumentar o risco de danos pela infestação da praga nos próximos anos (Andrezza et al. 2017; Dos Santos et al. 2017).

Devido ao fato de ser uma praga nova para o Brasil, existem poucas informações sobre o comportamento populacional da mosca no campo durante o período de safra ou entressafra das culturas preferenciais. Com a determinação dos índices de infestação natural de *D. suzukii* a campo é possível determinar o nível populacional e a suscetibilidade dos hospedeiros ao longo do tempo e, assim, melhorar as estratégias de manejo (Hamby et al. 2016). O objetivo do estudo foi avaliar os índices de infestação e preferência natural de *D. suzukii* a campo em diferentes cultivos agrícolas.

Materiais e métodos

Para determinação dos níveis e preferência de infestação de *D. suzukii* a campo foi realizado a coleta de frutos de cinco espécies vegetais de pequenos frutos (amora-preta, araçá,

pitanga, mirtilo e morango) em função da disponibilidade e fenologia das culturas (frutificação) (Tabela 1). O estudo foi realizado durante dois anos consecutivos nas safras agrícolas de 2015/16 (Safrá 1) e 2016/17 (Safrá 2). Para tanto, foram utilizados três locais distintos nos municípios de Pelotas e Morro Redondo, Rio Grande do Sul, Brasil: Propriedade 1: Cascatinha (C) (31°38'23"S, 52°30'55"W); Propriedade 2: Rincão da Caneleira (RC) (31°32'36"S, 52°34'26"W) e Propriedade 3: Cerrito Alegre (CA) (31°35'12"S, 52°25'15"W), distanciadas entre elas em aproximadamente 30 e 60 km. A composição da paisagem no entorno dos cultivos nas três localidades é formada por remanescentes florestais, onde além das espécies arborícolas, outras espécies frutícolas ocorrem espontaneamente, como nespereiras (*E. japonica*), goiabeiras (*P. guajava*) e pitangueiras (*E. uniflora*).

Na propriedade 1 (C = Cascatinha) foram coletados frutos em pomares de amora-preta (*Rubus* spp.) cv. Brasos, de araçás amarelo e vermelho (*Psidium cattleianum*) e de pitanga (*E. uniflora*). A menor distância entre os pomares era de aproximadamente três metros entre amoreira e araçazeiro e a maior distância era de cerca de 50 metros entre os cultivos de araçazeiro e pitangueira. Na propriedade 2 (RC = Rincão da Caneleira), foram coletados frutos de amora-preta cv. Tupi, e de mirtilo (*Vaccinium myrtillus* L.) cv. Bluegem, Climax e Powderblue, que se distanciavam em aproximadamente 100 metros e, na propriedade 3 (CA = Cerrito Alegre) foram coletados frutos de morango maduros (*Fragaria x ananassa*) cv. Albion, Monterey, San Andreas, Benicia, Camarosa e Camino Real, cultivados em sistema semi-hidropônico, de acordo com Bortolozzo et al. (2007). Para todas as propriedades, o sistema de cultivo foi com base na produção orgânica de frutas em todo o ciclo da cultura.

Em cada propriedade e espécie vegetal cultivada, semanalmente foram coletados de forma aleatória, cerca de 30 frutos maduros ou em estágio próximo à maturação de cada espécie frutífera diretamente da planta, sem danos prévios por insetos ou danos mecânicos, de acordo com o estágio fenológico de cada espécie (Tabela 1). Os frutos foram retirados e

acondicionados em caixas térmicas (temperatura de 25°C). Em laboratório os frutos foram pesados com auxílio de uma balança de precisão e acondicionados em potes plásticos transparentes (200 mL) contendo uma camada fina de vermiculita (1 cm) e fechados na parte superior com as respectivas tampas plásticas. Para favorecer a troca gasosa do meio interno com o externo do recipiente, na parte superior das tampas foi realizado a abertura de um orifício (2 cm de diâmetro) e recoberto com tecido do tipo *voile* para evitar a fuga dos insetos por ocasião da emergência. Posteriormente, os materiais foram acondicionados em sala climatizada [Temperatura $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ umidade relativa (UR), 12h de fotofase] até a emergência dos insetos. Por ocasião da emergência, os insetos foram retirados e armazenados em tubos tipo “*eppendorf*” (1,5 mL) preenchidos com álcool 70%.

Os parâmetros avaliados em cada propriedade foram: nível (%) e preferência de infestação de *D. suzukii*, e o índice de frutos infestados (IFI). Para a contagem e identificação correta de *D. suzukii* foi utilizado um microscópio estereoscópico (40x), mediante observações taxonômicas específicas da espécie (Vlach 2013). O IFI foi determinado através do número médio de adultos emergidos de *D. suzukii* por fruto e a relação de emergência de *D. suzukii* pelo peso de fruto.

Resultados

Nível e preferência de infestação de D. suzukii em pequenos frutos a campo

O nível de infestação de *D. suzukii* demonstrado pelo percentual de frutos infestados nos dois anos de coleta variou em função da espécie de frutífera avaliada (Figura 1). Contudo, em todas as espécies de frutas coletadas nas diferentes propriedades (amora-preta, araçá, pitanga, mirtilo e morango) houve emergência de adultos de *D. suzukii* em laboratório

indicando infestação a campo por fêmeas do inseto. O maior percentual (superior a 40%) de infestação da SWD foi registrado em pomares de amora-preta na propriedade do Rincão da Caneleira (RC) e Cascatinha (C), nas duas safras agrícolas, chegando a 65% de infestação no segundo ano de amostragem na propriedade de Cascatinha (Figura 1). Da mesma forma, houve um elevado nível de infestação de SWD em frutos de araçá (aproximadamente 30%) na Safra 1 e Safra 2, seguidos por frutos de pitangas e morangos (Figura 1). O menor nível de infestação foi observado em frutos de mirtilo (Figura 1). Com exceção da cultura de mirtilo (propriedade RC), todos os demais cultivos de amora-preta, araçá, pitanga e morango foram verificados aumento na porcentagem de frutos infestados durante a safra 2 (Figura 1).

Ao comparar a preferência de infestação (%) a campo, foi verificado que quando ocorreu a sobreposição de frutos maduros (amora-preta, araçá e pitanga), na propriedade 1 (C) (Tabela 1), adultos de *D. suzukii* apresentaram uma maior preferência de infestação por frutos de amora-preta nas duas safras agrícolas (Safras 1 e 2) quando comparado com frutos de araçá e pitanga (Figura 1). Da mesma forma, na propriedade 2 (RC), houve uma maior preferência de busca (% de infestação) por frutos de amora-preta (aproximadamente 50% dos frutos infestados) quando comparado com frutos de mirtilo (aproximadamente 7% de infestação) (Figura 1), na ocorrência de sobreposição de cultivos com frutos maduros (Tabela 1).

Índice de infestação por D. suzukii a campo

Durante os dois anos de amostragens foi verificado que frutos de amora-preta apresentaram os maiores IFI (número de adultos emergidos por fruto) (Figura 2), variando de 11 (safra 1) a 6 (safra 2) (propriedade RC) e 8 (safra 1) a 9 (safra 2) (propriedade C) (Figura 2). Entretanto, a menor quantidade de adultos de SWD emergidos por fruto foram observados em frutos de mirtilo para a safra 1 e 2 (< 2 adultos de SWD por fruto) (Figura 2). Ao verificar

a relação entre peso de frutos (g) e o número de insetos emergidos de *D. suzukii* por fruto, frutos de amora-preta e pitangas comportaram um maior número médio de insetos de SWD por grama de fruto (aproximadamente 1.6 adultos de *D. suzukii* por grama de fruto) nas duas safras avaliadas (Figura 3). Em contraste, frutos de mirtilos e araçás apresentaram a menor relação entre insetos emergidos de SWD por gramas de frutos (aproximadamente 0.7 adultos por grama) na safra 1 (Figura 3), porém, na safra 2, o menor índice de adultos emergidos em relação ao peso foi observado em frutos de morango (0.63 adultos de SWD por grama de fruto) (Figura 3).

Discussão

Neste estudo verificou-se que ambas as espécies exóticas (amoreira, mirtilheiro e morangueiro) e as espécies nativas (pitangueira e araçazeiro) foram suscetíveis a infestação de *D. suzukii* a campo. Contudo, durante os dois anos consecutivos de avaliações ocorreram elevado nível de infestação de *D. suzukii* em frutos de amora-preta. Por outro lado, frutos de mirtilheiros foram menos suscetíveis em relação às demais frutíferas.

Os resultados encontrados no presente estudo vão ao encontro dos observados em estudos de laboratório, em que fêmeas de *D. suzukii* apresentaram uma maior taxa de oviposição (ovos por frutos) e uma maior viabilidade do ciclo biológico (ovo a adulto) em frutos de amora e framboesa quando comparado com morangos, cerejas, mirtilos e uva (Lee et al. 2011b; Bellami et al. 2013). Embora não tenhamos avaliado a taxa de emissão de voláteis por frutos e folhas, graus brix° e pH dos frutos coletados, estudos demonstram que adultos da SWD são influenciados por estes fatores para a busca de hospedeiros, o que varia de espécie para espécie vegetal (Lee et al. 2011b; Abraham et al. 2015; Keesey et al. 2015; Little et al. 2016).

Este comportamento foi verificado ao analisar as propriedades que apresentaram a ocorrência de sobreposição de cultivos com frutos de acordo com a fenologia da cultura (época de frutificação) (propriedades C e RC) (Tabela 1). Adultos de *D. suzukii* apresentaram uma maior preferência de busca por frutos de amora-preta. Assim como, a preferência e o nível de infestação em amora-preta podem estar associados ao início do período de frutificação quando comparado com os demais cultivos. Este comportamento vegetativo pode ter desencadeado uma maior liberação de voláteis pelas folhas da cultura, o que pode ter constituído um estímulo inicial e um sinalizador para a drosófila-da-asa-manchada da existência de frutos nas proximidades (Keesey et al. 2015).

Embora estudos demonstrem que fêmeas de *D. suzukii* apresentam preferência por frutos maduros (Lee et al. 2011b; Atallah et al. 2014; Bernardi et al. 2016), em função destes proporcionarem um maior equilíbrio nutricional de carboidrato e proteína para a fase larval (Jaramillo et al. 2015; Pham e Ray 2015) foi verificado que houve emergência de adultos da SWD em laboratório a partir de frutos semi-maduros de pitanga (coloração alaranjada) e amora-preta (coloração rosácea) coletados a campo. Entretanto, poucos insetos emergiram de frutos semi-maduros de morangos, assim como verificado em estudos anteriores (Bernardi et al. 2016).

O comportamento de infestação em frutos semi-maduros, está associado à adaptação fisiológica do inseto durante o processo evolutivo (Pham e Ray 2015), e a elevada plasticidade fenotípica da espécie em adaptar-se em diferentes locais para garantir a sobrevivência da população em um menor período de tempo (Shearer et al. 2016; Wallingford et al. 2016). Estes fatores podem ter contribuído para a rápida dispersão da espécie por vários países no mundo fora do seu centro de origem (Shearer et al. 2016). O entendimento do comportamento de infestação de *D. suzukii* a campo é muito importante para delinear as estratégias de manejo, uma vez que produtores podem programar e reduzir o intervalo entre a

colheita dos frutos, permitindo a retirada ou eliminação dos frutos maduros (mais suscetíveis ao ataque da praga) ou estragados da área de cultivo (Liburd and Iglesias 2013), ou da mesma forma, auxiliar os produtores na tomada de decisões de manejo antes mesmo de ocorrer o amadurecimento completo da fruta.

Para plantas nativas como pitanga e araçá, apesar de existirem somente registros de infestações com *D. suzukii* no Brasil (Geisler et al. 2015; Andreatza et al. 2017), nós verificamos que esses hospedeiros podem ser adequados ao desenvolvimento da espécie, principalmente, nos períodos de entressafra das outras culturas (amora-preta, mirtilo e morangos), conforme verificado no presente trabalho (meses de junho e julho) (Tabela 1). No sul do Brasil, podemos salientar que os hospedeiros nativos (pitanga e araçá) caracterizam-se como hospedeiros ideais para a sobrevivência da espécie durante os períodos de entressafra das culturas e, principalmente, servir como plantas de “refúgio” para a drosófila-da-asa-manchada colocar os ovos e perpetuar a espécie (Pelton et al. 2016, Evans et al. 2017), especialmente durante as baixas temperaturas nos meses de inverno (junho e julho).

Nesse estudo verificamos altos níveis de infestação por *D. suzukii* em plantas de amoreira-preta, morangueiro, araçazeiro e pitangueira, que estão gerando perdas econômicas para os produtores. Contudo, as perdas podem ser agravadas devido à ocorrência conjunta de *Zaprionus indianus* Gupta (Diptera: Drosophilidae) (Bernardi et al. 2016) e *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) (Garcia e Norrbom 2011; Bisognin et al. 2013), insetos praga encontrados com frequência nas amostragens de frutos em todas as propriedades avaliadas. Entretanto, como os cultivos avaliados visam a produção orgânica de frutas, as perdas econômicas podem ser minimizadas pela presença de organismos que proporcionam a mortalidade biótica, como a presença de parasitoides larvais, como *Leptopilina boulandi* (Barbotin, Carton & Kelner-Pillault) (Hymenoptera: Figitidae) e de

pupa, a exemplo de *Trichopria anastrephae* Lima (Hymenoptera: Diapriidae) (Wollmann et al. 2016; Garcia et al. 2017), espécies recorrentes nas áreas estudadas.

O Rio Grande do Sul se destaca na produção de frutos de clima temperado e avança na produção de pequenos frutos (Fachinello et al. 2011). Este aspecto ligado a elevada plasticidade fenotípica da espécie para suportar condições climáticas adversas (Wallingford et al. 2016) propicia a persistência e a abundância da *D. suzukii* em praticamente todos os meses do ano, infestando frutos de espécies de pequenas frutas que são cultivadas anualmente ou espécies perenes (como nespereiras), que servem de escape ou reservatório de insetos para as épocas de entressafra das culturas cultivadas (hospedeiros preferenciais). Assim, considerando o nível de infestação nos frutos nas duas safras consecutivas, em que mesmo à menor infestação observada (mirtilos) a quantidade de adultos ultrapassa 500 indivíduos/Kg de fruto, podemos inferir que *D. suzukii* apresenta-se como praga para a região Sul do Brasil. Os resultados encontrados no presente trabalho ajudam a entender o comportamento de *D. suzukii* a campo, o que auxiliará nas melhorias e no delineamento de novas estratégias de manejo para a tomada de decisão, evitando maiores perdas econômicas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas para os três primeiros e quinto autores, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade concedida ao sétimo autor.

Referências

- Abraham, J., A. Zhang, S. Angeli, S. Abubeker, C. Michel, Y. Feng, and C. Rodriguez-Saona. 2015.** Behavioral and antennal responses of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to volatiles from fruit extracts. *Environ. Entomol.* 44: 356–367.
- Andreazza, F., K. Haddi, E. E. Oliveira, and J. A. M. Ferreira. 2016.** *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) arrives at Minas Gerais state, a main strawberry production region in Brazil. *Fla. Entomol.* 99: 796–798.
- Andreazza, F., D. Bernardi, R. S. S. Dos Santos, F. R. M. Garcia, E. E. Oliveira, M. Botton, and D. E. Nava. 2017.** *Drosophila suzukii* in Southern Neotropical region: Current status and futures perspectives. *Neotrop. Entomol.* 46: 59–605.
- Atallah, J., L. Teixeira, R. Salazar, G. Zaragoza, and A. Kopp. 2014.** The making of a pest: the evolution of a fruit-penetrating ovipositor in *Drosophila suzukii* and related species. *Proc. R. Soc. B.* 281: 20132840. (doi:10.1098/rspb.2013.2840).
- Bellamy, D. E., M. S. Sisterson, and S. S. Walse. 2013.** Quantifying host potentials: indexing post-harvest fruits for spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *PLoS ONE* 8: e61227.
- Bernardi, D., F. Andreazza, M. Botton, C. A. Baronio, and D. E. Nava. 2016.** Susceptibility and interactions of *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) in damaging strawberry. *Neotrop. Entomol.* 46: 1–7.
- Bisognin, M., D. E., Nava, H. Lisbôa, A. Z. Bisognin, M. S. Garcia, R. A. Valgas, G. I. Diez-Rodríguez, M. Botton, and L. E. C. Antunes. 2013.** Biologia da mosca-das-frutas sul-americana em frutos de mirtilo, amoreira-preta, araçazeiro e pitangueira. *Pesq. Agropec. Bras.* 48: 141–147.
- Bolda, M. P., R. E. Goodhue, and F. G. Zalom. 2010.** Spotted wing drosophila: potential economic impact of a newly established pest. *Agric. Resour. Econ. Update* 13: 5–8.
- Bortolozzo, A. R., R. M. V Sanhueza, G. W. B. de Melo, A. Kovaleski, J. Bernardi, A. Hoffmann, M. Botton, J. M. de Freire, L. C. Braghini, L. Vargas, F. F. Calegario, and N. J. Ferla. 2007.** Produção de morangos no sistema semi-hidropônico, pp. 24. 2007, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves (Circular técnica, 62).
- Cini, A., C. Ioriatti, and G. Anfora. 2012.** A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. *Bull. Insectol.* 65: 149–160.
- Deprá, M., J. L. Poppe, H. J. Schmitz, D. C. De Toni, and V. L. S. Valente. 2014.** The first records of the invasive pest *Drosophila suzukii* in South American Continent. *J. Pest Sci.* 87: 379–383.

De Ros G., S. Conci, T. Pantezzi, and G. Savini. 2015. The economic impact of invasive pest *Drosophila suzukii* on berry production in the Province of Trento, Italy. *J Berry Res* 5: 89–96.

Diepenbrock, L. M., K. A. Swoboda-Bhattarai, and H. J. Burrack. 2016. Ovipositional preference, fidelity, and fitness of *Drosophila suzukii* in a co-occurring crop and non-crop host system. *J. Pest Sci.* 89: 761–769.

Dos Santos, L. A., M. F. Mendes, A. P. Krüger, M. L. Blauth, M. S. Gottschalk, and F. R. M. Garcia. 2017. Global potential distribution of *Drosophila suzukii* (Diptera, Drosophilidae). *PLoS One* 12: e0174318. (doi:10.1371/journal.pone.0174318).

Evans, R. K., M. D. Toews, and A. A. Sial. 2017. Diel periodicity of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) under field conditions. *PLoS ONE* 12(2): e0171718. (doi:10.1371/journal.pone.0171718).

Fachinello, J. C., M. S. Pasa, J. D. Schmtiz, and D. L. Betemps. 2011. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. *Rev. Bras. Frut.* 33: 109–120.

Garcia, F. R. M., and A. L. Norrbom. 2011. Tephritoid flies (Diptera, Tephritoidea) and their plant hosts from the state of Santa Catarina in southern Brazil. *Fla. Entomol.* 94: 151–157.

Garcia, F. R. M., J. Wollmann, A. P. Kruger, D. C. Schlesner, and C. M. Teixeira. 2017. Biological Control of *Drosophila suzukii* (Diptera, Drosophilidae): State of the Art and Prospects, pp. 1–27. In: Lewis Davenport. (ed), *Biological Control: Methods, Applications and Challenges*, vol. 1. Nova Science Publishers, New York, NY.

Geisler, F. C. S., J. Santos, D. R. Holdefer, and F. R. M. Garcia. 2015. Primeiro registro de *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) para o estado do Paraná, Brasil e de novos hospedeiros. *Revista de Ciências Ambientais* 9: 125–129.

Goodhue, R. E., M. Bolda, D. Farnsworth, J. C. Williams, and F. G. Zalom. 2011. Spotted-wing drosophila infestation of California strawberries and raspberries: economic analysis of potential revenue losses and control costs. *Pest Manag. Sci.* 67: 1396–1402.

Hamby, K. A., D. E. Bellamy, J. C. Chiu, , J. C. Lee, V. M. Walton, N. G. Wiman, R. M. York, and A. Biondi. 2016. Biotic and abiotic factors impacting development, behavior, phenology, and reproductive biology of *Drosophila suzukii*. *J. Pest Sci.* 89: 605–619.

Jaramillo, S. L., E. Mehlferber, and P. J. Moore. 2015. Life-history trade-offs under different larval diets in *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Physiol. Entomol.* 40: 2–9.

Keeseey, I. W., M. Knaden, and B. S. Hansson. 2015. Olfactory Specialization in *Drosophila suzukii* Supports an Ecological Shift in Host Preference from Rotten to Fresh Fruit. *J. Chem. Ecol.* 41: 121–128.

- Kenis, M., L. Tonina, R. Eschen, B. van der Sluis, M. Sancassani, N. Mori, T. Haye, and H. Helsen. 2016.** Non-crop plants used as hosts by *Drosophila suzukii* in Europe. *J. Pest Sci.* 89: 735–748.
- Lee, J. C., D. J. Bruck, A. J. Dreves, C. Ioriatti, H. Vogt, and P. Baufeld. 2011a.** In Focus: spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, across perspectives. *Pest Manag. Sci.* 67: 1349–1351.
- Lee, J. C., D. J. Bruck, H. Curry, D. Edwards, D. R. Haviland, R. A. Van Steenwyk, and B. M. Yorgey. 2011b.** The susceptibility of small fruits and cherries to the spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *Pest Manag. Sci.* 67: 1358–1367.
- Lee, J. C., A. J. Dreves, A. M. Cave, S. Kawai, R. Isaacs, J. C. Miller, S. Van Timmeren, and D. J. Bruck. 2015.** Infestation of Wild and Ornamental Noncrop Fruits by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 108: 117–129.
- Liburd, O. E., and L. E. Iglesias. 2013.** Spotted wing drosophila: pest management recommendations for southeastern blueberries ENY-869. Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Services. Available: <http://edis.ifas.ufl.edu/in998>. Accessed 02 Feb. 2018
- Little, C. M., T. W. Chapman, D. L. Moreau, and N. K. Hillier. 2016.** Susceptibility of Selected Boreal Fruits and Berries to the Invasive Pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Pest Manag. Sci.* 73: 160–166.
- Orhan, A., R. Aslantas, B. S. Önder, and G. Tozlu. 2016.** First record of the invasive vinegar fly *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) from eastern Turkey. *Turk. J. Zool.* 40: 290–293.
- Pelton, E, C. Gratton, R. Isaacs, S. Van Timmeren, A. Blanton, and C. Guédot. 2016.** Earlier activity of *Drosophila suzukii* in high woodland landscapes but relative abundance is unaffected. *J. Pest Sci.* (doi: 10.1007/s10340-016-0733-z).
- Pham, C. K., and A. Ray. 2015.** Conservation of Olfactory Avoidance in *Drosophila* Species and Identification of Repellents for *Drosophila suzukii*. *Sci. Rep.* 5: 11527. (doi: 10.1038/srep11527).
- Santos, R. S. S. dos. 2014.** Ocorrência de *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) atacando frutos de morango no Brasil, pp. 4. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves (Comunicado Técnico 159).
- Shearer, P. W., J. D. West, V. M. Walton, P. H. Brown, N. Svetec, and J. C. Chiu. 2016.** Seasonal cues induce phenotypic plasticity of *Drosophila suzukii* to enhance winter survival. *BMC Ecol.* 16: 11. (doi: 10.1186/s12898-016-0070-3).
- Schlesener, D. C. H., J. Wollmann, A. M. Nunes, J. Cordeiro, M. S. Gottschalk, and F. R. M. Garcia. 2015.** *Drosophila suzukii*: nova praga para a fruticultura brasileira. *O Biológico* 77: 47–54.

- Vilela, C. R., and L. Mori. 2014.** The invasive spotted-wing *Drosophila* (Diptera Drosophilidae) has been found in the city of São Paulo (Brazil). *Ver. Bras. Entomol.* 58: 371–375.
- Vlach, J. 2013.** Identifying *Drosophila suzukii*. Salem: Oregon Department of Agriculture. <http://www.oregon.gov/oda/shared/documents/publications/ippm/spottedwingdrosophilaidkey.pdf>/Accessed 15 Nov 2017
- Wallingford, A. K., J. C. Lee, and G. M. Loeb. 2016.** The influence of temperature and photoperiod on the reproductive diapause and cold tolerance of spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *Entomol. Exp. Appl.* 159: 327–337.
- Walsh, D. B., M. P. Bolda, R. E. Goodhue, A. J. Dreves, J. Lee, D. J. Bruck, V. M. Walton, S. D. O'Neal, and F. G. Zalom. 2011.** *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): Invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. *J. Integr. Pest Manag.* 2: 1–7.
- Wollmann, J.; D. C. H. Schlesener, M. S. Ferreira, M. S. Garcia, V. A. Costa, and F. R. M. Garcia. 2016.** Parasitoids of Drosophilidae with potential for parasitism on *Drosophila suzukii* in Brazil. *Drosoph. Inf. Serv.* 99: 38–42.

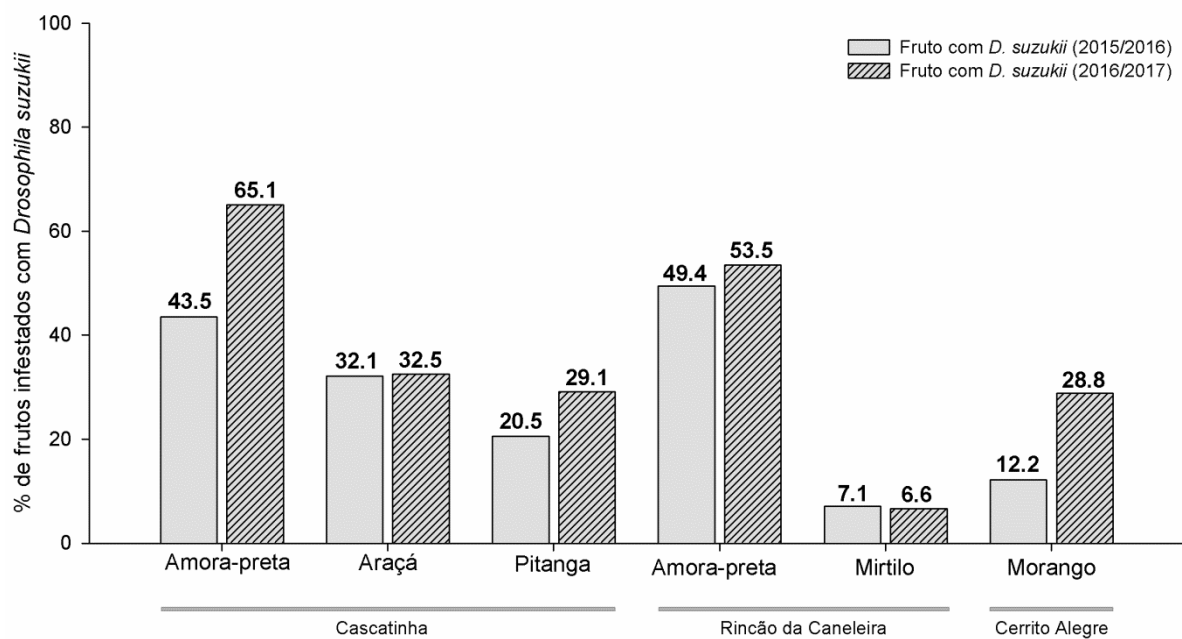


Figura 1. Percentual (%) de frutos infestados por *Drosophila suzukii* nas safras agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

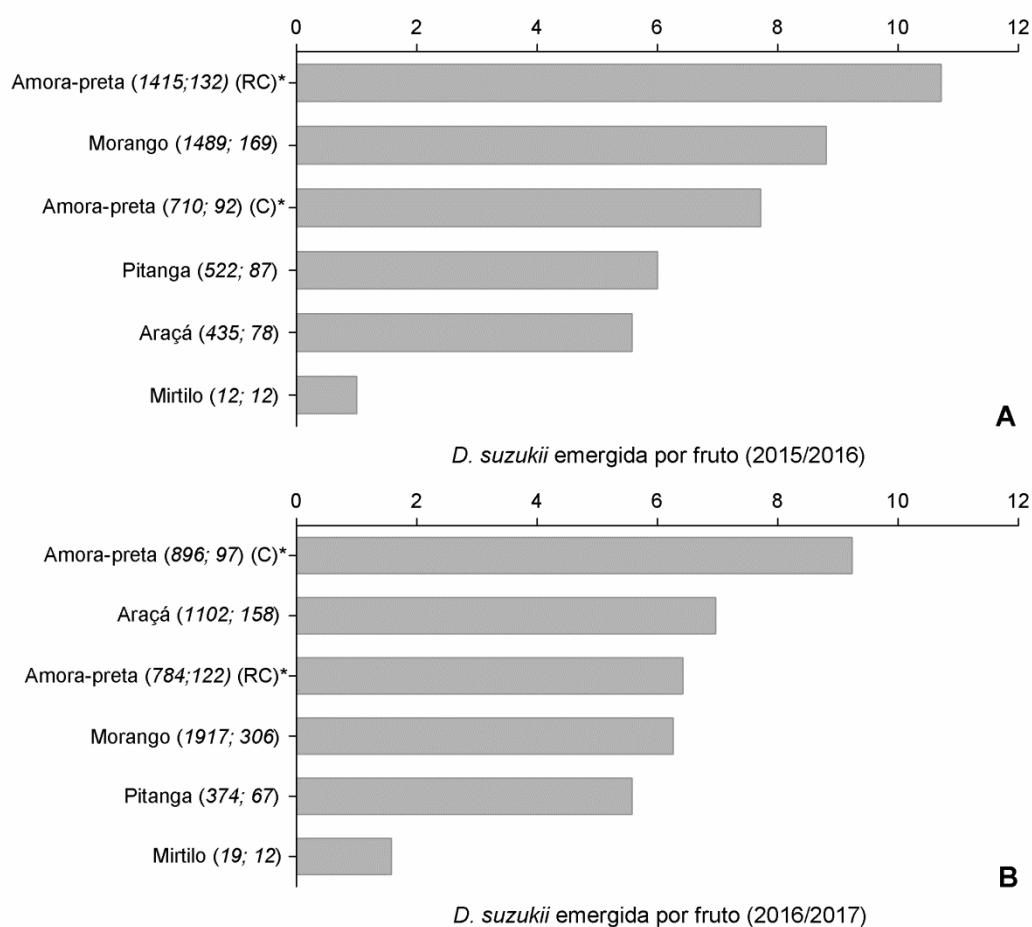


Figura 2. Número total de adultos de *Drosophila suzukii* emergidos/fruto nas safras 2015/2016 (A) e 2016/2017 (B). Os números entre parênteses após o nome dos frutos indicam total de adultos de *Drosophila suzukii* emergidos do respectivo fruto e o total de frutos infestados, respectivamente.

*Localidades de Rincão da Caneleira (RC) e Cascatinha (C)

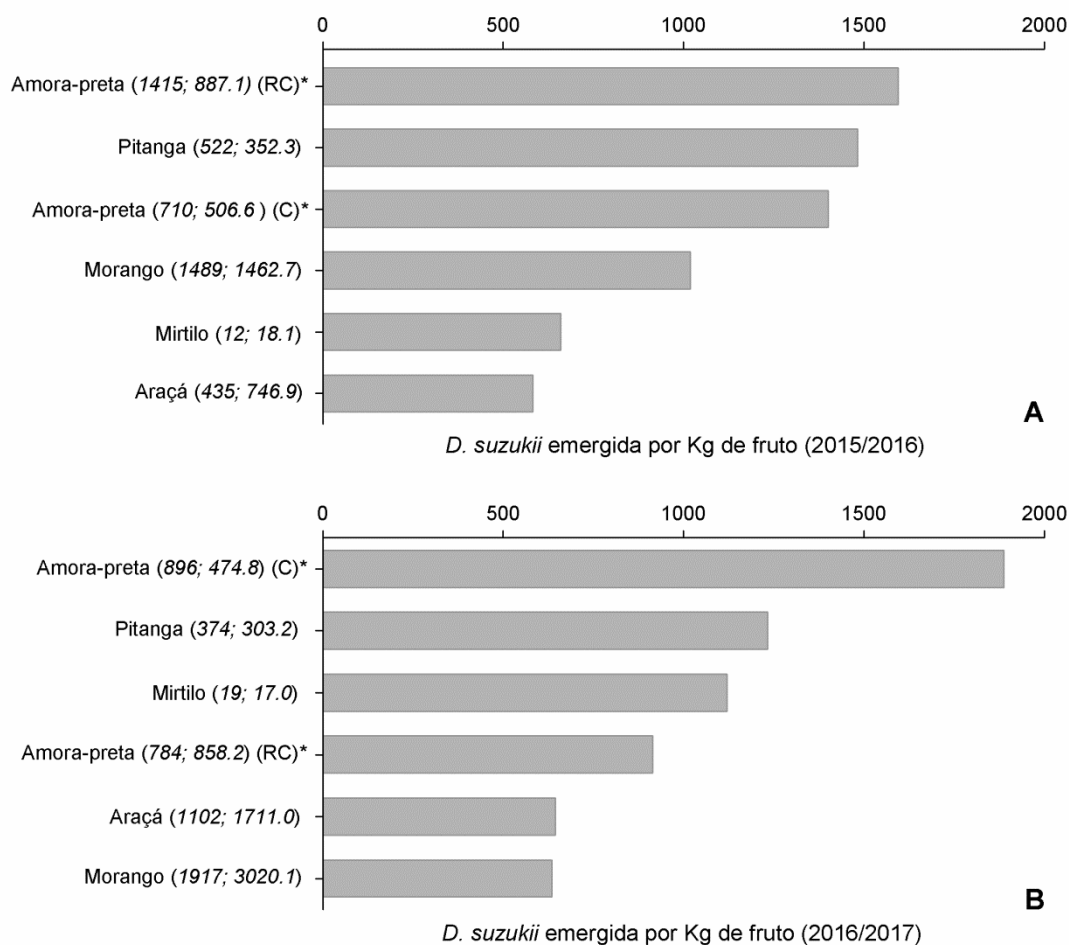


Figura 3. Número total de adultos de *Drosophila suzukii* emergidos por peso de fruto coletados nas safras 2015/2016 (A) e 2016/2017 (B). Os números entre parênteses após o nome dos frutos indicam o total de adultos de *Drosophila suzukii* emergidos do respectivo fruto e o peso total dos frutos infestados, respectivamente.

*Localidades de Rincão da Caneleira (RC) e Cascatinha (C)

Tabela 1. Período de frutificação das espécies vegetais usadas para determinar o índice de infestação de *Drosophila suzukii* a campo durante as safras 2015/16 e 2016/17

Espécies	Período de frutificação (em meses)																								
	2015												2016						2017						
	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct.	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dez	Jan	Feb	May	Apr
<i>Rubus idaeus</i> (C)*																									
<i>Psidium cattleianum</i>																									
<i>Eugenia uniflora</i>																									
<i>Rubus idaeus</i> (RC)*																									
<i>Vaccinium myrtilus</i>																									
<i>Strawberry</i>																									

As células coloridas representam a época com a ocorrência da presença de frutos maduros e/ou em amadurecimento.

*Localidades de Cascatinha (C) e Rincão da Caneleira (RC), respectivamente.

Artigo 3 – Submetido à revista “Applied Entomology and Zoology”
(versão em inglês)

Wollmann et al.: Evaluation of food baits to capture *Drosophila suzukii* and their effects on non-target insects in the southern of Brazil.

Jutiane Wollmann
Universidade Federal de Pelotas
Laboratório de Entomology
Departamento de Fitossanidade
Cx: 354, 96010970, Pelotas/RS, Brasil
E-mail: jutianewollmann@hotmail.com

Applied Entomology and Zoology

Evaluation of food baits to capture *Drosophila suzukii* and their effects on non-target insects in the southern of Brazil

Jutiane Wollmann¹, Daniele Cristine Hoffmann Schlesener¹, Júlia Gabriela Aleixo Vieira¹,
Mauro Silveira Garcia¹, Flávio Roberto Mello Garcia^{1,2}

¹*Programa de Pós graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.*

²*Programa de Pós graduação em Entomologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.*

Abstract

Spotted wing drosophila (SWD) *Drosophila suzukii* (Matsumura) is one of the main pests of small fruits in the world. In Brazil, the species is a plant threat due to a large number of susceptible hosts and its high biotic potential. The objective of the study was to evaluate the food baits Ceratrap[®], Torula[®], Biofruit[®], Suzukii Trap[®], apple cider vinegar, and a homemade mixture comprising wine, vinegar, and molasses (WVM) for understanding the behavior of *D. suzukii* in the field. SWD responds to bait attractiveness and SWD females exhibit a search tendency according to their reproductive stage. Bait selectivity of non-target insects was assessed. The preference of *D. suzukii* adults between ripe blackberry fruits and the food baits was also evaluated. *D. suzukii* adults showed a higher attraction (61.97% of the captured insects) to the WVM mixture than to Ceratrap[®] (1.32%), Torula[®] (0.52%), Biofruit[®] (13.15%), Suzukii Trap[®] (17.6%), and apple vinegar (5.4%). Considering the attractiveness to *D. suzukii*, the food baits Suzukii Trap[®] and apple vinegar were the most selective to non-target insects. In general, reproductively immature females showed a preference for Biofruit[®], apple vinegar, and WVM, whereas mature SWD females did not show bait preferences. SWD adults preferred ripe blackberry fruits over the WVM mixture. Understanding the field behavior of *D. suzukii* is of foremost importance to estimate insect population density and outline pest management strategies.

Keywords: spotted wing drosophila, feeding attractant, bait, invasive pest

Introduction

Spotted wing drosophila (SWD) *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) is considered the main insect pest of small fruit crops worldwide. It is widespread in several countries of North America, Europe, and Asia (Calabria et al. 2012; Cini et al. 2014; Asplen et al. 2015) and more recently has been observed in South America (Santos 2014a; Schlesener et al. 2015; Andreazza et al. 2016, Andreazza et al. 2017; Garcia et al. 2017). In addition, it has the potential to colonize agricultural crops in countries in Oceania and Africa (Dos Santos et al. 2017). The rapid spread of the species is associated with its high polyphagia, biotic potential, and environmental adaptation. The economic impact of SWD has been recorded based on substantial losses in agriculture (Bolda et al. 2010; Lee et al. 2011; de Ros et al. 2015).

To better understand the behavior of the species, an intensive pest management program has been recommended using different food baits (Landolt et al. 2012; Lee et al. 2012; Iglesias et al. 2014; Burrack et al. 2015; Tonina et al. 2017). Among food baits, apple vinegar is the synthetic product most commonly used in SWD monitoring programs (Lee et al. 2012). In addition to being the standard bait to capture *D. suzukii* adults, vinegar allows a better visualization of the insects captured in the trap and is inexpensive (Lee et al. 2013). However, studies indicate that wine-based mixtures with apple cider vinegar (Landolt et al. 2012) or rice vinegar (Cha et al. 2012); compounds with yeast, granulated sugar, and water (Hamby et al. 2014; Iglesias et al. 2014); or formulations with yeast and wine (Huang et al. 2017) are highly effective and promising for use in SWD monitoring programs. Hydrolyzed protein-based products, such as BioAnastrepha[®], Biofruit[®], and Ceratrap[®], are also promising (Lasa and Tadeo 2015).

Nevertheless, factors related to the local climate and crop type (Tonina et al. 2017), associated with the low selectivity of food baits, and the possibility of loss of effectiveness to capture adults in the event of ripe fruits can lead to erroneous conclusions and underestimation of pest population density (Iglesias et al. 2014; Hamby and Becker 2016; Huang et al. 2017).

Therefore, for a better understanding of the behavior of *D. suzukii* adults in the field, the present study aimed to (i) assess the attractiveness of food substrates to *D. suzukii* adults (target insect) and the selectivity of non-target insects; (ii) check the reproductive stage of *D. suzukii* females searching for food baits; and (iii) investigate the field preference of *D. suzukii* adults between ripe blackberry fruits and the food baits.

Materials and Methods

Efficiency of food baits to capture D. suzukii adults and their effects on non-target insects

The capture efficiency of different food baits was investigated in the field, a commercial blackberry orchard (*Rubus* spp.) (31°35'19" S, 52°29'14" W) with a history of *D. suzukii* infestation, in Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil from December 2015 (beginning of the harvest period) to January 2016 (end of the harvest period). Pest management was not performed in the experimental area during the 6-week evaluation period.

The food baits (treatments) were as follows: T1, Ceratrap[®] 1.5% (enzymatic hydrolyzed protein of animal origin) (Bioibérica S.A., Barcelona, Spain); T2, Torula[®] yeast (Isca Tecnologias Ltd., six 3 g tablets/L); T3, Biofruit[®] at 5% (hydrolyzed corn protein) (BioControle Métodos de Controle de Pragas Ltd., Indaiatuba, SP, Brazil); T4, Suzukii Trap[®] (Bioibérica, Barcelona, Spain); T5, Apple vinegar (undiluted pH = 4.40); and T6, a mixture

comprising Merlot™ wine (60%) + apple vinegar (40%) + sugar cane molasses (20 g/L) (WVM) (adapted from Grassi et al 2014). Distilled water traps were used as the control (T7).

The traps were made of plastic containers (500 mL) made of red polypropylene (color 54631753), with screw caps and 16 lateral holes (0.5 cm diameter each) in the middle of the containers (Schlesener et al. 2017). A bait solution was placed in each trap (150 mL). Unflavored detergent drops (about 1 mL/L of bait) were added to break the surface tension. Subsequently, the traps were hung from branches of the inner crop lines, with nylon thread tied to the cap, approximately 1 m above the ground and spaced 5 m from each other. To avoid edge effects, the traps were set 5 m from the edge line of the orchard (Grassi et al 2014).

The experimental design was a randomized complete block design, with seven treatments (food baits) and four replications (blocks). The traps were picked up on a weekly basis and immediately replaced by traps with new solutions. The insects captured were kept in glass containers (200 mL) and sent to the laboratory for screening. During each weekly evaluation, the traps were randomly rotated within each block to avoid the effects of the trap position on insect behavior. In the laboratory, with the aid of a binocular stereomicroscope (40x), the captured insects were counted, and *D. suzukii* adults were sexed using specific taxonomic characters (Vlach 2013). Of the insects captured, only *D. suzukii* and *Zaprionus indianus* Gupta (Diptera: Drosophilidae) were identified to species level. To determine the selectivity of the food baits by non-target insects, the remaining collected specimens were identified to the family level. After screening, all the specimens were placed in plastic microtubes (1.5 mL) and preserved in 70% ethanol.

Reproductive maturity of D. suzukii females captured in the traps

Every week 10 captured females of each bait and block were removed randomly from the traps, accounting for 240 females per food bait during the 6-week evaluation period. When the number of females was below 10, all the females captured in the trap were analyzed. Determination of the reproductive maturity of females was performed through abdominal dissection in saline solution (0.5%) placed on a layer of Parafina[®] in a Petri glass dish (9-cm diameter). Subsequently, the females were separated into four groups using a binocular microscope (40x) according to the degree of ovarian development (Burrack et al. 2015): (i) with mature eggs only (eggs presenting fully formed respiratory filaments), (ii) with mature and immature eggs, (iii) with a mass of immature eggs, and (iv) with empty ovaries (without eggs).

Natural infestation and search preference of D. suzukii adults for fruits and/or baits

Twenty ripe fruits of blackberry, apparently intact (without mechanical or insect damage), were randomly collected every week from each block, accounting for 80 fruits per week. In the laboratory, the fruits were individually placed in transparent plastic pots (200 mL) containing a thin layer of vermiculite (1 cm) and sealed at the top with their lids, which were placed in a climate-controlled room [$24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ temperature, $70\% \pm 10\%$ relative humidity (RH), 12 h photoperiod] until adult emergence. The number of male and female insects of *D. suzukii* emerged per fruit was counted daily. After counting and screening, the adults were placed in plastic microtubes (1.5 mL) filled with 70% ethanol. To determine the preference of *D. suzukii* between ripe blackberry fruits and the baits, the number of insects emerging in the laboratory from the collected ripe fruits was compared with the number of adults captured in

the food bait WVM (the most effective bait to capture *D. suzukii*) in the same period of evaluation.

Statistical analysis

Data on *D. suzukii* captures, non-target insects, and reproductive maturity of SWD females was submitted for residual analysis to confirm the assumptions of normality using the Shapiro–Wilk test and homoscedasticity using the Hartley test with PROC UNIVARIATE (SAS Institute 2000). When the assumptions were not confirmed, the raw data [Y] were transformed into [log (Y + 0.1)], [square root (Y + 1)], or [arcsine (square root Y)]. Subsequently, analysis of variance (ANOVA) was applied to the data, and the means were compared using the Tukey test ($P \leq 0.05$) (PROC ANOVA SAS Institute 2000).

The interaction of *D. suzukii* capture (random effect) between weeks of evaluation and food baits (fixed effects) as well as that between reproductive maturity (ovarian development stage groups) of *D. suzukii* females (random effect) and food baits (fixed effects) were subjected to bidirectional ANOVA with PROC GLM in SAS 9.1 (SAS Institute 2000).

To analyze the interaction and search preference of *D. suzukii* between blackberry fruits (fixed factor) and/or the WVM mixture (sources of variation), generalized linear models were tested with Poisson distribution (Demétrio et al. 2014) using the *hnp* package (Moral et al 2016) of the R Core Team (2017); the treatment means were compared by the *glht* contrast function of the *multcomp* package of the R Core Team (2017).

Results

*Efficiency of food baits to capture *D. suzukii* adults and their effects on non-target insects*

A total of 9,011 specimens of *D. suzukii* were captured in the different treatments, with a significant interaction between food baits over time during the experiment both in males ($F = 2.80$; $df = 3, 6$; $P < 0.0001$) and females ($F = 2.04$; $df = 3, 6$; $P < 0.0036$) of *D. suzukii*. Among the baits evaluated, the WVM mixture showed the highest attractiveness to *D. suzukii* adults (61.97% of the captured insects) during the evaluation period as well as in the weekly trap evaluations, showing a significant superiority ($P < 0.05$) over other baits (Table 1, Fig 1). In general, during the evaluation period, the least attractive food baits to *D. suzukii* were apple cider vinegar (5.4%), Ceratrap[®] (1.32%), and Torula[®] (0.52%) (Table 1). The percentage of captured insects in the control treatment ranged from 0 to 0.25%.

With respect to bait attractiveness to non-target insects, a total of 23,298 specimens were captured in the different treatments; these specimens belonged to the families Drosophilidae (18,996), Nitidulidae (3,517), Tephritidae (216), *Z. indianus* (47 insects), and Vespidae (21), and parasitoids belonging to the families Diapriidae and Figitidae (501 insects) were also observed (Table 2). All the captured specimens were significantly more attracted to the WVM mixture (54.2% of the captured insects) ($P < 0.05$) than the other baits. The WVM mixture had lower selectivity by non-target insects than Biofruit[®] (26.5%), Vinegar[®] (10.6%), and Suzukii Trap[®] (7.97%) (Fig 2). The Ceratrap[®] (0.44%) and Torula[®] (0.29%) were the most selective, with a frequency equivalent to that shown by the control bait (distilled water). However, they were not efficient at attracting *D. suzukii*, so that we considered Suzukii Trap[®] and Vinegar[®] the most selective baits to non-target insects (Fig 2).

Ovarian maturation

A highly significant interaction between the food baits and degree of ovarian maturity of *D. suzukii* females was observed ($F = 9.53$; $df = 6, 3$; $P < 0.0001$). Bait attractiveness to females with mature eggs ($P < 0.05$) and to females with mature and immature eggs ($P < 0.05$) did not differ significantly among the baits, except with respect to the control (Table 3). However, *D. suzukii* females with immature eggs had a greater preference for Biofruit[®] (3.5 females) than for the other baits (showing a statistically significant difference, $P < 0.05$) (Table 3). Females without eggs had a significantly greater preference ($P < 0.05$) for the baits apple cider vinegar (2.07 females), WVM (2.36 females), and Suzukii Trap[®] (2.71 females) than Biofruit[®] (1.30 females), Ceratrap[®] (0.61 females), and Torula[®] (0.59 females) (Table 3).

Natural infestation and search preference of D. suzukii adults

The highest natural infestation of *D. suzukii* occurred in the first week of blackberry fruit sampling (44.6% of infested berries), which was the period with the highest amount of ripe fruits in the field (Fig 3). However, the infestation decreased significantly ($F = 27.71$, $df = 3, 3$; $P < 0.0001$) in the second (30.5%), third (18.0%), and fourth (6.94%) assessment weeks (Fig 3). The analysis of the preference of *D. suzukii* adults between blackberry fruits and the WVM mixture revealed a significant interaction ($P < 0.05$), with a higher search preference for the ripe fruits in the first, second, and third weeks of assessment (Fig 3). However, in the fourth week, the period with the least amount of ripe fruits in the field, *D. suzukii* adults had a greater preference for the WVM mixture (Fig 3).

Discussion

The WVM mixture was the most attractive food bait to *D. suzukii* male and female adults, which corroborate a number of studies indicating a high *D. suzukii* capture using combinations of wine and vinegar (Cha et al. 2012; Landolt et al. 2012; Iglesias et al. 2014) even without the addition of sugary substances. However, the addition of sugar to the bait solution improves the capture of *D. suzukii* due to increased fermentation of the solution and consequently a higher release of chemical compounds such as acetoin, methanol, and ethanol, which better trigger the olfactory response of the searching adults (Landolt et al. 2012; Cha et al. 2014; Grassi et al. 2014). Moreover, a lower concentration of vinegar in combination with wine enhances the appeal of the bait due to the reduction of the acidity in the mixture (Huang et al. 2017). In the present study, sugarcane molasses were added to the vinegar and wine-based bait because of the high availability of sugarcane molasses in the market and their low cost compared with that of granulated sugar.

Apple cider vinegar is the standard food bait used worldwide to monitor *D. suzukii* (Lee et al. 2013). In the present study, it was less enticing to *D. suzukii* than the WVM mixture, as was the case in other studies in which vinegar was compared against other fermented baits (Landolt et al. 2012; Iglesias et al. 2014; Burrack et al. 2015). Smaller catches of *D. suzukii* were recorded with the Ceratrap[®] and Torula[®] baits, which are products formulated from animal protein and yeasts, respectively, and are effective in monitoring the fruit fly species *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) and *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) (Nava and Botton 2010; Bortoli et al, 2016). The Biofruit[®] and Suzukii Trap[®] baits, which have animal protein and organic acids in their composition, respectively, combined with sugars lead to an average catch when compared to the WVM mixture,

indicating that *D. suzukii* adults are attracted toward volatiles originating from fermented substances (Huang et al. 2017).

The WVM mixture, in addition to being the most attractive bait to *D. suzukii* adults, showed a lower selectivity by non-target insects, particularly species belonging to the families Drosophilidae, Nitidulidae, Tephritidae, and Vespidae and the microhymenoptera parasitoids Diapriidae and Figitidae. Selectivity of the food bait is of foremost importance to correctly characterize the population density of the target pest in the field (Frewin et al. 2017), particularly that of small insects such as *D. suzukii* adults (4-6 mm) (Dreves et al. 2009). In this way, food bait that is tempting only to the target species will facilitate the screening and visualization of the material collected and will help in the correct identification of the species present in the area (Iglesias et al. 2014; Burrack et al. 2015; Frewin et al. 2017). Species belonging to the families Nitidulidae (Fornari et al. 2015), Tephritidae (Nava and Botton 2010), and *Z. indianus* (Nava et al. 2015) and the naturally occurring parasitoids belonging to the families Diapriidae and Figitidae occur frequently in small fruit crops in southern Brazil (Wollmann et al. 2016). The capture of non-target species may be associated with their nutritional requirements for specific products (Burrack et al. 2015).

The attraction responses of *D. suzukii* to baits were proportional to the stage of ovarian development. Fully mature (with mature eggs) or partially mature (presence of mature and immature eggs) *D. suzukii* females did not distinguish between food baits and showed a lower demand for food baits than the females with immature eggs or empty ovaries (without eggs). This behavior may be related to the fact that females with a high number of mature eggs search for fruits to perform oviposition rather than traps that emit volatiles produced by fermentation (Burrack et al. 2015; Swoboda-Battarai et al. 2017). On the other hand, females with immature or developing eggs have a higher tendency to search for odors from fermentation due to higher nutritional requirements for egg maturation (Swoboda-Battarai et

al. 2017). These trends were confirmed in the present study, in which reproductively immature females were more attracted to the baits Biofruit[®], Suzuki Trap[®], vinegar, and WVM. Food baits are not only important to monitor the incidence of the species in the orchard but also to act as pest control by capturing mature females before they have the opportunity to cause damage to the fruits.

The evaluation of the search preference of *D. suzukii* adults between ripe blackberry fruits and the WVM mixture revealed their greater preference for the ripe fruits. In this stage of fruit maturation volatiles are released at a higher rate, which favors the orientation of the insect toward the host (Abraham et al. 2015; Burrack et al. 2015, Swoboda-Battarai et al. 2017). In addition, there is a higher concentration of sugars in the fruits, setting the appropriate conditions for the nutritional balance between carbohydrates and proteins required for larval development and consequently for the completion of the biological cycle (from egg to adult) (Jaramillo et al. 2015). This fact was confirmed by the higher occurrence of SWD in fruits of the first flowering, which were in the final stage of ripening and in a large quantity in the field during the study period. However, with the decrease in the number of fruits available in the orchard during the harvest period, there was a significant reduction in natural infestation and a greater search for the WVM mixture.

Although the WVM mixture was the most attractive to *D. suzukii* adults, it lost capture effectiveness during the peak production of ripe berries. This finding is of paramount importance in the monitoring and management programs of the pest because the lack of information on the biological and behavioral aspects of the insects may lead to erroneous conclusions and underestimation of the pest population, directly affecting the decision making regarding pest management.

Therefore, it is worth emphasizing the importance of daily monitoring of the orchard for *D. suzukii* incidence, not only via the analysis of the population of insects caught in the traps

but also through visual inspection or fruit collection, to verify larval infestation (Santos 2014b; Van Timmeren et al. 2017) or the emergence of insects from collected fruits, as was performed in the present study. These practices are fundamental for monitoring the population density of the pest in the field and define the best management strategies (Kogan 1998). The results obtained suggest that the attractiveness and effectiveness of the food bait to capture *D. suzukii* (the target insect) and non-target insects vary according to the bait used. In addition, *D. suzukii* female adults show a different behavior according to the degree of ovarian maturation and a greater search or preference for ripe fruits.

Acknowledgment

The authors are grateful to the Coordination for the Development of Higher Education Personnel (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES) for awarding scholarships to the first three authors. The authors thank the National Council of Technological and Scientific Development (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq) for providing the productivity scholarship to the sixth author. The authors thank the Agro-Comercial Wiser for supplying Ceratrap[®] and Suzukii Trap[®]. The authors would also like to thank the National Council of Technological and Scientific Development (CNPq) for the financial support (Chamada Universal – MCTI/CNPq N° 14/2014).

References

- Abraham J, Zhang A, Angeli S, Abubeker S, Michel C (2015) Behavioral and antennal responses of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to volatiles from fruit extracts. *Environ Entomol* 44:356–367
- Andreazza, F, Bernardi D, Dos Santos RSS, Garcia FRM, Oliveira EE, Botton M, Nava DE (2017) *Drosophila suzukii* in Southern Neotropical region: Current status and future perspectives. *Neotrop Entomol* 46:591–605
- Andreazza F, Haddi K, Oliveira EE, Ferreira JAM (2016) *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) arrives at Minas Gerais state, a main strawberry production region in Brazil. *Fla Entomol* 99:796–798
- Asplen M K, Anfora G, Biondi A, Choi D-S, Chu D, Daane KM, Gibert P, Gutierrez AP, Hoelmer KA, Hutchison WD, et al. (2015). Invasion biology of spotted wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. *J. Pest. Sci.* 88:469–494
- Bolda MP, Goodhue RE, Zalom FG (2010) Spotted wing drosophila: potential economic impact of newly established pest. *Agricultural and Resource Economics Update*. 13: 5-8
- Bortoli, LC, Machota Júnior, R, Garcia FRM, Botton, M (2016) Evaluation of food lures for fruit flies (Diptera: Tephritidae) captured in a citrus orchard of the Serra Gaúcha. *Fla Entomol* 99: 381–384
- Burrack, HJ, Fernandez GE, Spivey T, Kraus DA (2013) Variation in selection and utilization of host crops in the field and laboratory by *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae), an invasive frugivore. *Pest Manag Sci* 69:1173–1180
- Burrack HJ, Asplen M, Bahder L, Collins J, Drummond F, Gue´dot C, Isaacs R, Johnson D, Blanton A, Lee JC, Loeb G, Rodriguez-Saona C, Van Timmeren S, Walsh D, McPhie DR

- (2015) Multistate comparison of attractants for monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blueberries and caneberries. *Environ Entomol* 44: 704–712
- Calabria G, Maca J, Bachli G, Serra L, Pascual M (2012) First records of the potential pest species *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Europe. *J Appl Entomol* 136:139–147
- Cha, DH, Adams T, Rogg H, Landolt PJ (2012) Identification and field evaluation of fermentation volatiles from wine and vinegar that mediate attraction of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *J Chem Ecol* 38:1419–1431
- Cha DH, Adams T, Werle CT, Sampson BJ, Adamczyk Jr JJ, Rogg H, Landolt PJ (2014) A four component synthetic attractant for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) isolated from fermented bait headspace. *Pest Manag Sci* 70:324–331
- Cini A, Anfora G, Escudero-Colomar LA, Grassi A, Santosuosso U, Seljak G, Papini A (2014) Tracking the invasion of the alien fruit pest *Drosophila suzukii* in Europe. *J Pest Sci* 87:559–566
- Demétrio CG., Hinde J, Moral RA (2014) Models for over dispersed data in entomology in *Ecological Modelling Applied to Entomology*, (ed. Ferreira C. P. & Godoy W. A.) pp. 219–259 (Springer, 2014)
- De Ros G, Conci S, Pantezzi T, Savini G (2015) The economic impact of invasive pest *Drosophila suzukii* on berry production in the Province of Trento, Italy. *J Berry Res* 5:89–96
- Dos Santos LA, Mendes MF, Krüger AP, Blauth M.L, Gottschalk MS, Garcia, FRM (2017) Global potential distribution of *Drosophila suzukii* (Diptera, Drosophilidae). *PlosOne* 12: e0174318

- Dreves AJ, Walton V, Fisher G (2009) A new pest attacking healthy ripening fruit in Oregon. Spotted Wing Drosophila: *Drosophila suzukii* (Matsumura). EM 8991 October 2009. Oregon State University, Extension Service, 2009
- Fornari RA, Machota Junior R, Bernardi D, Botton M, Pastori PL (2013) Evaluation of damage, food attractants and population dynamics of strawberry sap beetle. Hortic Bras 31:405–410
- Frewin AJ, Renkema J, Fraser H, Hallett RH (2017) Evaluation of Attractants for Monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). J Econ Entomol 110:1156–1163
- Garcia FRM, Wollmann J, Kruger AP, Schlesner DC, Teixeira CM (2017) Biological Control of *Drosophila suzukii* (Diptera, Drosophilidae): State of the Art and Prospects. In: Davenport L (ed) Biological Control: Methods, Applications and Challenges. Nova Science Publishers, New York, NY, pp 1–27
- Grassi A, Anfora G, Maistri S, Gottardello A, Maddalena G, De Cristofaro A, Savini G, Ioriatti C (2014) Development and efficacy of Droskidrink, a food bait for trapping *Drosophila suzukii*. IOBC WPRS Bulletin 109:197–204
- Hamby KA, Bolda MP, Sheehan ME, Zalom FG (2014) Seasonal monitoring for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in California commercial raspberries. Environ Entomol 43:1008–1018
- Hamby KA, Becher PG (2016). Current knowledge of interactions between *Drosophila suzukii*. J Pest Sci 89:621–630
- Huang J, Gut L, Grieshop M (2017) Evaluation of food-based attractants for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Environ Entomol 46:878–884
- Iglesias LE, Nyoike TA, Liburd OE (2014) Effect of trap design, bait type, and age on captures of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in berry crops. J Econ Entomol 107:1508–1518

- Jaramillo SL, Mehlferber E, Moore PJ (2015) Life-history trade-offs under different larval diets in *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Physiol Entomol* 40:2–9
- Kogan M (1998) Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annu Rev Entomol* 43:243–270
- Lasa R, Tadeo E (2015) Invasive drosophilid pests *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) in Veracruz, Mexico. *Fla Entomol* 98:987–988
- Landolt PJ, Adams T, Rogg H (2012) Trapping spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), with combinations of vinegar and wine, and acetic acid and ethanol. *J Appl Entomol* 136:148–154
- Lee JC, Bruck DJ, Dreves AJ, Ioriatti C, Vogt H, Baufeld P (2011) In Focus: spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, across perspectives. *Pest Manag Sci* 67:1349–1351
- Lee JC, Burrack HJ, Barrantes LD, Beers EH, Dreves AJ, Hamby K, Haviland DR, Isaacs R, Richardson T, Shearer P, Stanley CA, Walsh DB, Walton VM, Zalom FG, Bruck DJ (2012) Evaluation of monitoring traps for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in North America. *J Econ Entomol* 105:1350–1357
- Lee JC, Shearer PW, Barrantes LD, Beers EH, Burrack HJ, Dalton DT, Dreves AJ, Gut LJ, Hamby KA, Haviland DR, Isaacs R, Nielsen AL, Richardson T, Rodriguez-Saona CR, Stanley CA, Walsh DB, Walton VM, Yee WL, Zalom FG, Bruck DJ (2013) Trap designs for monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Environ Entomol* 42:1123–1453
- Moral RA, Hindle J, Demétrico CGB (2016). hnp: Half-Normal Plots with Simulation Envelopes. R package version 1.2-2. <http://CRAN.R-project.org/package=hnp>. Accessed 25 November 2017

- Nava DE, Botton M, Bernardi D, Andreazza F, Baronio CA (2015) Bioecologia, monitoramento e controle de *Drosophila suzukii* na cultura do morangueiro. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul, p 28 (Documentos 398)
- Nava DE, Botton M (2010) Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitidis capitata* em pessegueiro. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul, p 29 (Documento 315)
- R Core Team (2017) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>. Accessed 27 November 2017
- Santos RSS (2014a) Ocorrência de *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) atacando frutos de morango no Brasil. Embrapa Uva e Vinho, Rio Grande do Sul, p 4 (Comunicado Técnico 159)
- Santos RSS (2014b) Método rápido para estimar a infestação de ovos e larvas de *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) em frutos. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, p 4 (Comunicado Técnico 166)
- Sas Institute: Statistical analysis system: getting 476 started with the SAS learning. SAS 477 Institute, Cary, NC 2000
- Schlesener DCH, Wollmann J, Nunes AM, Cordeiro J, Gottschalk MS, Garcia FRM (2015) *Drosophila suzukii*: nova praga para a fruticultura brasileira. O Biológico 77:47–54
- Schlesner DCH, Wollmann J, Teixeira CM, Nunes AM, Gottschalk MS, Garcia FRM (2017) *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera, Drosophilidae): Biology, Ecology and Control. Editora da UFPel, Pelotas, p.186
- Swoboda-Battarai KA, McPhie DR, Burrack HJ (2017) Reproductive Status of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) females influences attraction to fermentation-based baits and Ripe fruits. J Econ Entomol 110:1648–1652

- Timmeren SV, Diepenbrock LM, Bertone MA, Burrack HJ, Isaacs R (2017) A Filter Method for Improved Monitoring of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) Larvae in Fruit. *J Integr Pest Manag* 8:1–7
- Tonina L, Grassi A, Caruso S, Mori M, Gottardello A, Anfora G, Giomi F, Vaccari G, Ioriatti C (2017) Comparison of attractants for monitoring *Drosophila suzukii* in sweet cherry orchards in Italy. *J Appl Entomol* 5:1–8
- Vlach J (2013) Identifying *Drosophila suzukii*. Salem: Oregon Department of Agriculture. <http://www.oregon.gov/oda/shared/documents/publications/ippm/spottedwingdrosophilaidkey.pdf/>. Accessed 12 September 2017
- Wollmann J, Schlesener DCH, Ferreira MS, Garcia MS, Costa VA, Garcia FRM (2016) Parasitoids of Drosophilidae with potential for parasitism on *Drosophila suzukii* in Brazil. *Dros Info Serv* 99:38–42

Table 1 Number (mean \pm standard error) of females and males of *Drosophila suzukii* captured with different food baits in a blackberry orchard

Food bait	Evaluated weeks					
	First	Second	Third	Fourth	Fifth	Sixth
Female						
Biofruit [®]	21.25 \pm 3.94 aC	26.00 \pm 2.86 bBC	18.25 \pm 2.87 bC	64.00 \pm 11.50 bAB	76.00 \pm 19.82 bA	16.75 \pm 2.43 bC
Ceratrap [®]	3.50 \pm 2.02 bAB	8.75 \pm 2.46 cA	4.50 \pm 2.90 cAB	3.75 \pm 1.03 cAB	3.75 \pm 2.78 cdAB	1.75 \pm 1.75 cB
Suzukii Trap [®]	23.50 \pm 3.20 aAB	64.50 \pm 18.59 aA	40.00 \pm 10.17 aA	49.75 \pm 5.10 bA	63.00 \pm 20.28 bA	8.50 \pm 0.50 bB
Torula [®]	1.25 \pm 0.75 bA	0.75 \pm 0.25 cdA	2.50 \pm 0.87 cA	1.50 \pm 0.64 cdA	2.25 \pm 1.60 cdA	0.75 \pm 0.75cA
Vinegar	4.75 \pm 2.21 bAB	6.25 \pm 2.49 cAB	3.00 \pm 1.29 cB	14.00 \pm 7.35 bAB	14.75 \pm 3.70 bcA	16.25 \pm 3.66 bA
WVM*	56.25 \pm 8.75 aC	99.50 \pm 23.72 aABC	63.75 \pm 6.55 aBC	188.25 \pm 54.63 aAB	217.00 \pm 60.20 aA	90.75 \pm 44.32 aBC
Control (water)	0.00 \pm 0.00 bA	0.25 \pm 0.25 dA	0.25 \pm 0.25 cA	0.00 \pm 0.00 dA	0.00 \pm 0.00 dA	0.00 \pm 0.00 cA
Male						
Biofruit [®]	7.25 \pm 4.38 abAB	3.50 \pm 0.87 bAB	1.25 \pm 0.63 bB	17.50 \pm 5.11 bA	31.50 \pm 10.20 bA	13.00 \pm 3.70 bA
Ceratrap [®]	0,00 \pm 0,00 cA	0.50 \pm 0.29 bcA	0.75 \pm 0.75 bA	0.50 \pm 0.50 cA	1.50 \pm 0.87 dA	0.50 \pm 0.29 cA
Suzukii Trap [®]	8.75 \pm 2.21 abB	26.75 \pm 11.04 aAB	9.75 \pm 2.21 aB	12.50 \pm 3.38 bB	74.50 \pm 33.68 bA	14.50 \pm 6.75 bB
Torula [®]	0,00 \pm 0,00 cA	0,00 \pm 0,00 cA	0.25 \pm 0.25 bA	0,00 \pm 0,00 cA	1.50 \pm 0.64 cA	1.00 \pm 0.71 cA
Vinegar [®]	2.75 \pm 1.03 bcBC	3.00 \pm 1.73 bBC	1.00 \pm 0.41 bC	8.50 \pm 4.63 bABC	14.50 \pm 3.48 cAB	32.75 \pm 10.80 bA
WVM*	18.50 \pm 5.92 aC	43.50 \pm 18.30 aBC	17.75 \pm 5.62 aC	117.25 \pm 48.57 aAB	230.00 \pm 99.80 aA	253.50 \pm 152.32 aA
Control (water)	0.25 \pm 0.25 cA	0,00 \pm 0,00cA	0.50 \pm 0.29 bA	0,00 \pm 0,00 cA	0,00 \pm 0,00 dA	0.25 \pm 0.25 cA

Means sharing the same lower case letter within a column or sharing the same capital letter within a row are not significantly different for females and males (Tukey's HSD,

$\alpha = 0.05$).

*WVM: Wine + Vinegar + Molasses

Table 2 Number (mean \pm standard error) of non-target insects captured with different food baits in a blackberry orchard

Specimens	Food bait						
	Biofruit [®]	Ceratrap [®]	Suzukii Trap [®]	Torula [®]	Vinegar [®]	WVM*	Control (water)
Drosophilidae	1195.25 \pm 78.26 b	7.25 \pm 5.30 d	420.75 \pm 93.10 c	7.50 \pm 2.47 d	360.00 \pm 56.79 c	2757.00 \pm 27.12 a	1.25 \pm 0.75 d
Nitidulidae	279.75 \pm 46.04 a	0.75 \pm 0.75 c	38.00 \pm 5.05 b	1.00 \pm 1.00 b	238.50 \pm 91.89 a	321.00 \pm 47.12 a	0.25 \pm 0.25 c
Tephritidae	2.50 \pm 0.87 b	16.00 \pm 4.38 ab	2.00 \pm 1.41 b	7.00 \pm 1.78 b	1.00 \pm 1.00 c	25.25 \pm 10.02 a	0.25 \pm 0.25 c
<i>Z. indianus</i>	2.25 \pm 0.63 abc	0.00 \pm 0.00 c	1.25 \pm 0.48 bc	0.00 \pm 0.00 c	4.50 \pm 0.64 a	3.75 \pm 1.18 ab	0.00 \pm 0.00 c
Vespidae	1.50 \pm 1.50 ab	0.50 \pm 0.50 b	0.00 \pm 0.00 b	0.75 \pm 0.48 b	0.25 \pm 0.25 b	2.25 \pm 1.11 a	0.00 \pm 0.00 b
Diapriidae/FIGITIDAE	92.25 \pm 13.90 a	1.00 \pm 0.71 b	2.00 \pm 1.68 b	0.75 \pm 0.75 b	13.75 \pm 1.97 b	81.00 \pm 20.24 a	0.25 \pm 0.25 b

Means sharing the same lower case letter within a row are not significantly different (Tukey's HSD, $\alpha = 0.05$).

*WVM: Wine + Vinegar + Molasses

Table 3 Number (mean \pm standard error) of *Drosophila suzukii* females captured with different food baits according to their reproductive stage in a blackberry orchard

Food bait	Reproductive status			
	Mature	Mature/Immature	Immature	No eggs
Biofruit [®]	0.20 \pm 0.07 aC	0.91 \pm 0.16 aB	3.50 \pm 0.18 aA	1.30 \pm 0.10 bB
Ceratrap [®]	0,39 \pm 0,17 aA	0.86 \pm 0.27 aA	0.39 \pm 0.13 deA	0.61 \pm 0.35 bA
Suzukii Trap [®]	0.42 \pm 0.12 aC	1.75 \pm 0.17 aAB	1.03 \pm 0.85 cB	2.71 \pm 0.17 aA
Torula [®]	0.10 \pm 0.06 abB	0.12 \pm 0.02 bAB	0.15 \pm 0.06 efAB	0.59 \pm 0.18 bA
Vinegar	0.07 \pm 0.02 abC	0.91 \pm 0.31 aB	0.96 \pm 0.16 cdAB	2.07 \pm 0.34 aA
WVM*	0.20 \pm 0.06 aC	1.28 \pm 0.17 aB	2.07 \pm 0.16 bAB	2.36 \pm 0.18 aA
Control (water)	0.00 \pm 0.00 bA	0.05 \pm 0.03 bA	0.00 \pm 0.00 fA	0.00 \pm 0.00 cA

Means sharing the same lower case letter within a column or sharing the same capital letter within a row are not significantly different (Tukey's HSD, $\alpha = 0.05$).

*WVM: Wine + Vinegar + Molasses

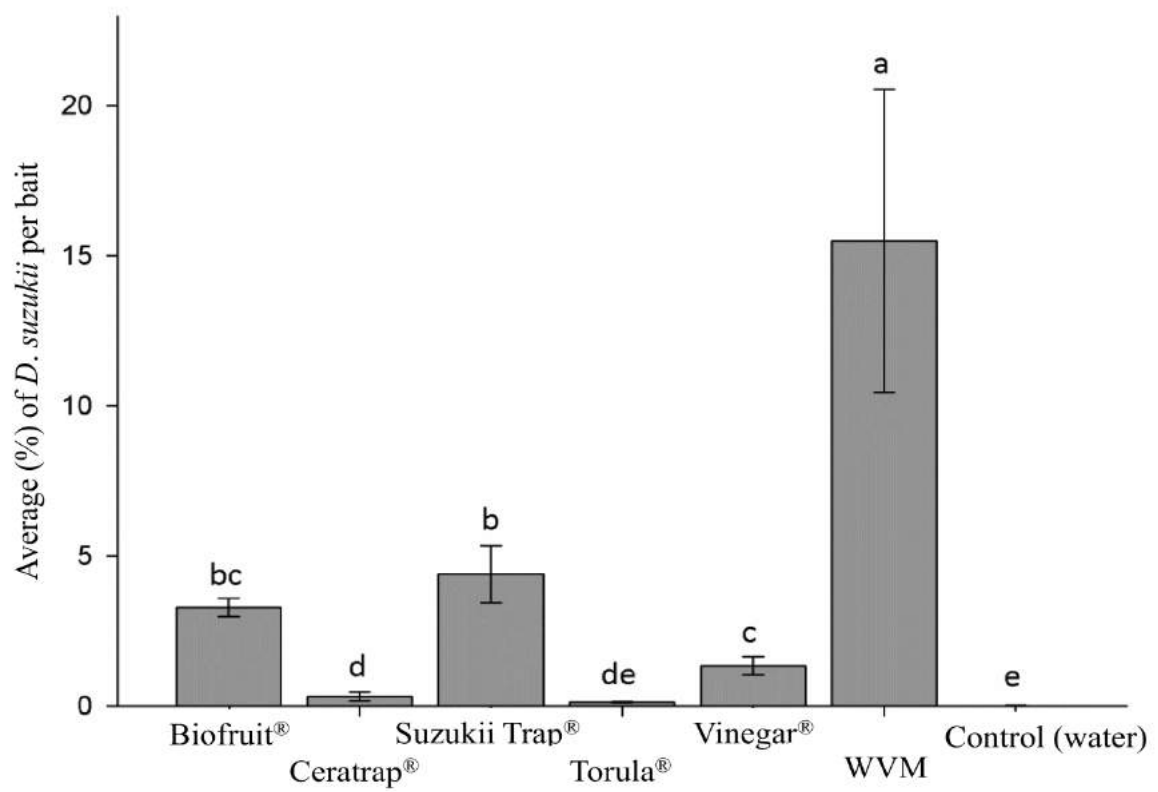


Fig 1 Means \pm standard error (%) of *Drosophila suzukii* insects (males and females) captured with different food baits in a blackberry orchard.

Means sharing the same lower case letter are not significantly different (Tukey's HSD, $\alpha = 0.05$).

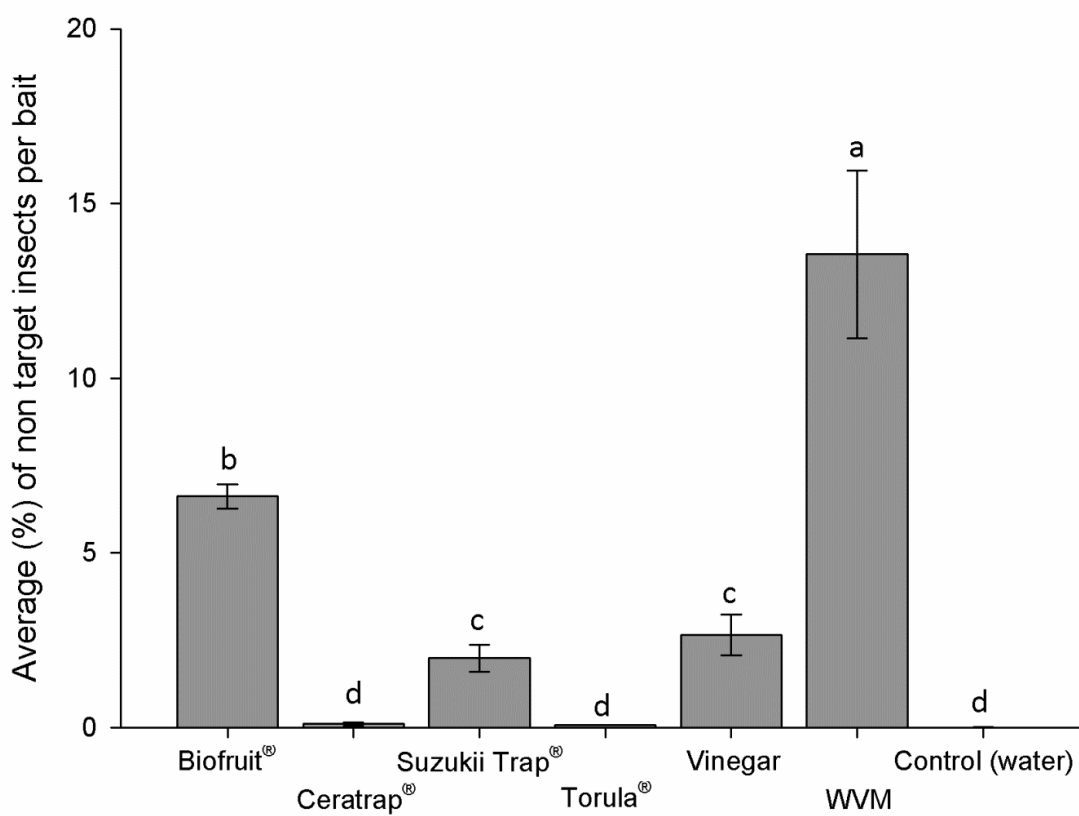


Fig 2 Means \pm standard error (%) of non-target insects captured with different food baits in a blackberry orchard.

Means sharing the same lower case letter are not significantly different (Tukey's HSD, $\alpha = 0.05$).

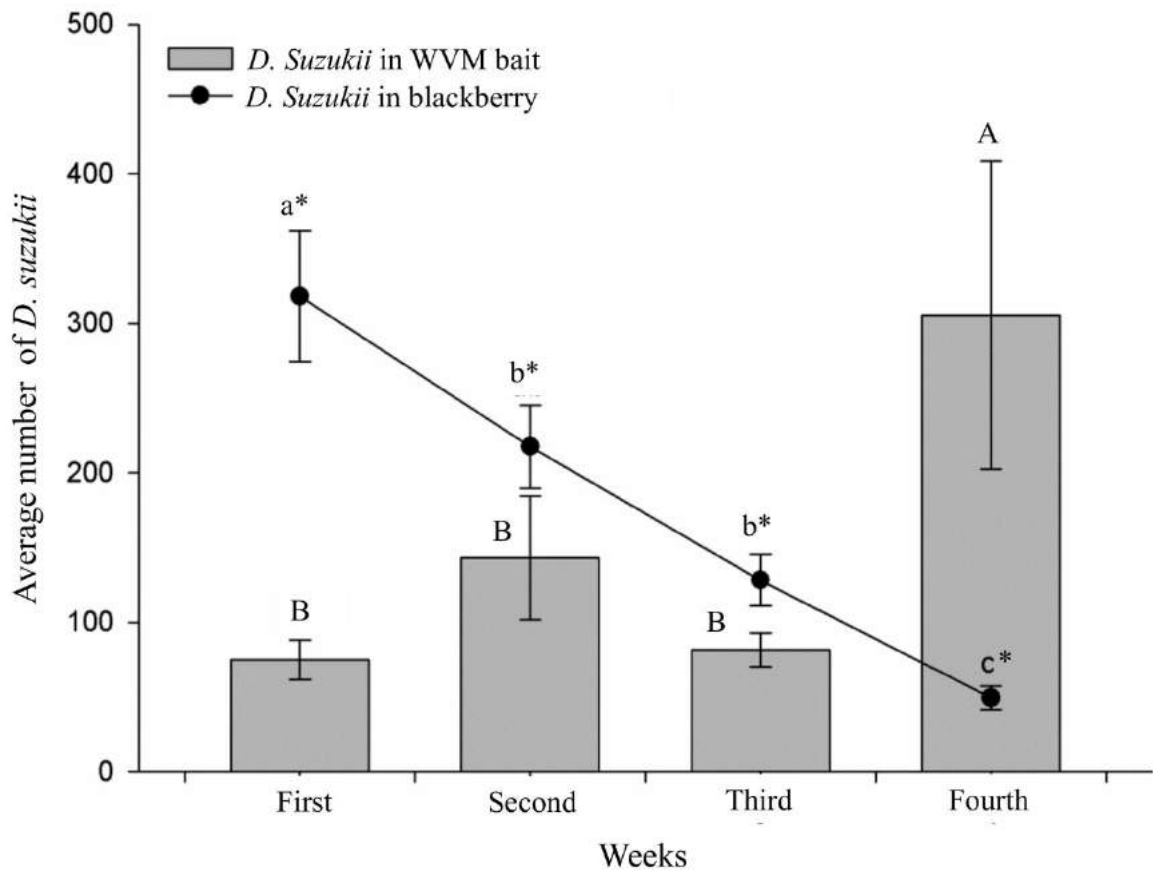


Fig 3 Means \pm standard error (count) of *Drosophila suzukii* adults emerged from blackberry fruits and captured with the bait mixture Wine + Vinegar + Molasses (WVM).

Means sharing the same lower case letter or the same capital letter are not significantly different. Mean contrasts of the Generalized Linear Model following the Poisson distribution.

* Significant interaction between the occurrences of *D. suzukii* in the WVM food bait and in infested blackberry fruits.

Artigo 4 – Publicado na revista “Drosophila Information Service”

Parasitoids of Drosophilidae with Potential for Parasitism on *Drosophila suzukii* in Brazil

Jutiane Wollmann^{1*}, Daniele Cristine Hoffmann Schlesener¹, Márcio Soares Ferreira¹, Mauro Silveira Garcia¹, Valmir Antônio Costa², Flávio Roberto Mello Garcia³

¹Phytosanitary Department, Eliseu Maciel Agronomy Faculty, Federal University of Pelotas (UFPel), Pelotas, RS, Brazil. ²Biological Institute/ Central Experimental Center of the Biological Institute, Heitor Penteado Highway, km 3 – Zip Code 13092-543 – Campinas – SP – Brazil – POBox 70 – Zip Code 13012-970. ³Ecology, Zoology and Genetics Department, Biology Institute, Federal University of Pelotas (UFPel), Pelotas, RS, Brazil. University Campus–Zip Code 96160–000. Capão do Leão, RS.

*Corresponding Author: jutianewollmann@hotmail.com

Abstract

The spotted wing drosophila is an invading polyphagous species, which causes damages on small stone fruits. In Brazil, the species was detected in 2013. This study registers the occurrence of parasitoids *Leptopilina boulardi* (Barbotin, Carton & Kelner-Pillault) (Hymenoptera: Figitidae) and *Trichopria anastrephae* Lima (Hymenoptera: Diapriidae) on blackberry and strawberry fruits attacked by *Drosophila suzukii*.

Introduction

The spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera, Drosophilidae), is a species endemic to Asia, first registered as an invading species in Hawaii, in 1980 (Kaneshiro, 1983). It has rapidly spread worldwide in the last few years, arising as one of the main pests of small stone fruits (Asplen *et al.*, 2015). In 2008, it was recorded simultaneously in California, in the United States (Bolda *et al.*, 2010) and several other localities in da Europe (Calabria *et al.*, 2012). For South America, records include Brazil (Deprá *et al.*, 2014; Schlesener *et al.*, 2014; Geisler *et al.*, 2015), Uruguay (González *et al.*, 2015) and Chile (Medina-Muñoz *et al.*, 2015).

This species presents a short life cycle and high biotic potential (Emiljanowicz *et al.*, 2014; Tochen *et al.*, 2014), which may lead to a rapid increase in population when environmental conditions are favorable (Wiman *et al.*, 2014) possibly resulting in considerable economic losses to commercial crops (Beers *et al.*, 2011; Walsh *et al.*, 2011). Currently, the main control method applied is chemical (Cancino *et al.*, 2015), wherein several insecticide classes – such as pyrethroids, spinosyns and organophosphates – have been proven effective over *D. suzukii* (Bruck *et al.*, 2011). Nevertheless, the fly's rapid life cycle, which allows for the occurrence of many generations during a single production cycle, and its occurrence in the fruit's ripening phase require frequent applications, endangering human health and the environment, via residue in the fruits, insecticide resistance in insects, as well as the negative effects to pollinators and biological control agents (Cini *et al.*, 2012).

Therefore, alternative strategies for the control of *D. suzukii* are demanded. Biological control, particularly by use of parasitoids, may help suppress regional *D. suzukii* population even in crop adjacent habitats (Wang *et al.*, 2016). A great diversity of parasitoids associated with the *drosophila* genus has been recorded (Fleury *et al.*, 2009), larvae parasitoids are the most recurring ones, especially those from the *Asobara* (Braconidae), *Leptopilina* and *Ganaspis* (Figitidae) genus and pupal parasitoids from the *Trichopria* (Diapriidae) and *Pachycrepoideus* (Pteromalidae) genus (Rohlf and Hoffmeister, 2004; Wertheim *et al.*, 2006; Mitsui and Kimura, 2010). Regarding *D. suzukii*, numerous field and lab studies performed in Europe and North America have reported that there is an association between the insect and several species belonging to the aforementioned genus, although few have been proven effective in regulating population growth (Mitsui *et al.*, 2007; Mitsui and Kimura, 2010; Miller *et al.*, 2015; Nomano *et al.*, 2015). In its native area, the efficiency of indigenous parasitoids has been evaluated, aiming at exploring a classical biological control strategy, by introducing and establishing natural enemies from the fly's original area in the invaded areas (Guerrieri *et al.*, 2016). Another approach to the biological control of *D. suzukii* would be an increase on control agents already present in the recently invaded areas (Cini *et al.*, 2012).

This study aimed to detect the presence of potential biological control agents in four small-fruit producing areas, in the southern region of Rio Grande do Sul, Brazil. By means of Köppen climate classification, the region has a Cfa climate type, characterized by its humid temperate climate (Kottek, 2006), wherein the temperate climate small-fruit crops stand out, such as strawberry, blueberry, blackberry and raspberry. Of those, strawberry crops are the most representative fruits (Fachinello *et al.*, 2011).

Materials and methods

The occurrence of potential *D. suzukii* parasitoids has been verified in four small-fruit producing areas during the 2015/2016 crop, places where the presence of the invading species had already been detected via capture traps for adults and insects emerged from previously sampled fruits. The subject areas are located in Pelotas City, Rio Grande do Sul, Brazil, specifically Rincão da Caneleira (31°32'36"S), Cristal (31°35'19"S), Cascatinha (31°38'23"S) and Cerrito Alegre (31°35'12"S). On a weekly basis, blackberry (*Rubus* spp.) fruits were collected from the first three locations and strawberry (*Fragaria x ananassa*) fruits from the last location, respectively.

Fruits were weighted and accommodated individually in plastic containers with a fine layer of vermiculite and a screened orifice at the lid. Fruits were kept in an acclimatized room (24±2°C, 70±10% relative humidity and 12h of photophase) until the emergence of flies and/or parasitoids. Emerging insects were aspirated from the containers and placed in Eppendorf tubes containing 70% alcohol for later identification. *D. suzukii* specimens were identified by taxonomical characteristics according to Vlach (2013). Parasitoids identification was performed as established by Costa Lima (1940), Norlander (1980) and Guimarães *et al.* (2003), and voucher species were deposited at the "Oscar Monte" Entomophagous Insect Collection (Biological Institute, Campinas, SP, Brazil; curator: Valmir A. Costa). Parasitoids were transferred to glass tubes (20 mm x 80 mm) containing *D. suzukii* larvae and pupae originated from laboratory breeding, as to confirm parasitoidism and initiate the breeding of such specimens on said host for later studies (Image 1). Parasitoidism was allowed for 72 hours and, afterwards, specimens were transferred to Eppendorf tubes containing 70% alcohol following identification based on previous species identification.



Image 1. *Trichopria anastrephae* females over *D. sukii* pupae

Results and Discussion

During the study period, 1,582 fruits were collected, out of which 638 were strawberries and 944 blackberries. The recovered parasitoids were *Leptopilina boulardi* and *Trichopria anastrephae* (Image 2). In addition to *D. sukii*, other drosophilid species emerged from the infested fruits, suggesting a secondary attack after the initial damage caused by the species. *L. boulardi* occurred in a small proportion in relation to the *T. anastrephae* (Table 1).



Image 2. *Trichopria anastrephae* (a) and *Leptopilina boulardi* (b) females.

This fact can be related to the cellular answer presented by *Drosophila* larvae against hymenopterous parasitoids, unchaining an encapsulation process on their eggs, unlike pupae parasitoids, which are less affected (Kacsoh and Schlenke, 2012). In *D. sukii* this immune response is more potent than in other drosophilids, as can be verified by the higher rate of parasitoids eggs encapsulation (Poyet *et al.*, 2013).

Table 1. *D. suzukii*, *L. boulandi* and *T. anastrephae* specimens emerged from blackberry and strawberry fruits collect in four locations in countryside Pelotas, RS, Brazil, during the 2015/2016 crop.

Location	Infested fruits	<i>D. suzukii</i>		<i>L. boulandi</i>		<i>T. anastrephae</i>	
		♂	♀	♂	♀	♂	♀
<i>Rubus</i> sp.							
Rincão da Caneleira	132	685	730	18	29	55	68
Cascatinha	92	332	378	3	1	6	3
Cristal	479	3,142	3,363	9	12	64	51
<i>Fragaria x ananassa</i>							
Cerrito Alegre	169	735	754	7	4	19	23
Total	872	4,894	5,225	37	46	144	145

Leptopilina boulandi is a Drosophilidae larval parasitoid, particularly to species from the *Drosophila* genus (Allemand *et al.*, 2002), which lay their eggs individually in second instar larvae (Krzemien, 2008). In the event of eclosion by the hymenopterous larvae, they consume the fly's internal tissue and adult parasitoids emerge from the dipterous pupae (Kacsoh and Schlenke, 2012). Such parasitoids are originally from Africa, but they are currently distributed in tropical and warm temperate climate regions (Seyahooei *et al.*, 2011), like Europe, Asia, Africa, the American continent and Caribbean islands (Allemand *et al.*, 2002). Brazil has recorded them in several states, such as São Paulo (Nordlander, 1980), Minas Gerais and Rio de Janeiro (Guimarães *et al.*, 2003).

The *T. anastrephae* species was described by Lima (1940), who obtained the specimens from *Anastrepha serpentina* (Wiedemann) and *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) pupariums. Species from the *Trichopria* genus are pupae parasitoids, whose females lay their eggs in the *Drosophila*'s hemocele and their larvae consume the pupae's internal tissues, from where the adult emerges (Kacsoh and Schlenke, 2012). *Trichopria anastrephae* is distributed throughout Minas Gerais (Silva, 2003), Goiás (Marchiori and Penteado-Dias, 2001), Santa Catarina (Garcia and Corseuil, 2004) and Rio Grande do Sul (Cruz *et al.*, 2011) states. It has also been recorded in Argentina (Turica and Mallo, 1961) and in Venezuela (Boscán and Godoy, 1996).

The spotted wing drosophila is already present in the agroecosystems of the southern Rio Grande do Sul region, and there have been reports of losses to several crops. Therefore, this drosophilid present a risk to local fruit production, since the region presents climate characteristics and host plants to allow for its establishment. The results found demonstrate the importance of *L. boulandi* and *T. anastrephae*, species, parasitoids that occur naturally in those areas, and which can help reducing *D. suzukii* population.

Acknowledgment: our acknowledgments to Me. Cristiano M. Teixeira for the pictures, to the lab team, Júlia G. Aleixo e Sávio R. Mendes, and to CAPES for the financial support.

References

- Allemand, R., C. Lemaitre, F. Frey, M. Boulétreau, F. Vavre, G. Nordlander, J. Van Alphen, and Y. Carton 2002, Ann. Soc. Entomol. Fr. 38(4):319–332; Asplen, M.K., G. Anfora, and A. Biondi 2015, J. Pest Sci. doi:10.1007/s10745-006-9094-1; Beers, E.H., R.A Van Steenwyk, P.W. Shearer, W.W. Coates, and J.A Grant 2011, Pest Manag. Sci. 67:1386–1395; Bolda, M.P., R.E., Goodhue, F.G., and Zalom 2010, Agric. Resour. Econ. Updat. Univ. Calif. Giannini Found 13:5–8; Boscán, N. de M., and F.

Godoy 1996, *Agronomía Tropical* 4(4): 465–471; Bruck, D.J., M. Bolda, L. Tanigoshi, J. Klick, J. Kleiber, J. DeFrancesco, B. Gerdeman, and H. Spitler 2011, *Pest Manag. Sci.* 67:1375–1385; Calabria G, J. Maca, G. Bachli, L. Serra, and M. Pascual 2012, *J. Appl. Entomol.* 136:139–147; Cancino, M.D.G., A.G. Hernández, J.G. Cabrera, G.M. Carrillo, J.A.S. González, and H.C.A. Bernal C. 2015, *Southwestern Entomologist* 40(4): 855–858; Cini, A, C. Ioriatti, and G. Anfora 2012, *B. Insectol.* 65:149–160; Costa Lima, A. 1940, *An. Acad. Brasil. Scienc.* 12: 17–20; Cruz, P.P., A.S. Neutzling, and F.R.M. Garcia 2011, *Ciência Rural* 41(8): 1297–1299; Deprá, M., J.L. Poppe, H.J. Schmitz, D.C. Toni, and V.L.S. Valente 2014, *J. Pest Sci.* 87: 379–383; Emiljanowicz, L.M, G.D. Ryan, A. Langille, and J. Newman 2014, *J. Econ. Entomol.* 107:1392–1398; Fachinello, J.C, M.S. Pasa, J.D. Schmtiz, and D.L. Betemps 2011, *Rev. Bras. Frutic.* 33:109–120. doi: 10.1590/S0100-29452011000500014; Fleury, F., P. Gibert, N. Ris, and R. Allemand 2009, Ecology and life history evolution of frugivorous *Drosophila* parasitoids. *In: Advances in parasitology: parasitoids of Drosophila, vol. 70* (Prévost, G., ed). Academic Press, London, p. 3–44; Garcia, F.R.M., and E. Corseuil 2004, *Flo. Entomol.* 8: 517–521; Guerrieri, E., M. Giorgini, P. Cascone, S. Carpenito, and C. van Achterberg 2016, *PLoS One* 11:e0147382; Guimarães, J.A.; F.E. Gallardo, N.B. Diaz, and R.A. Zucchi 2003, *Zootaxa*, 278: 1–23; González, G., A.L. Mary, and B. Goñi 2015, *Dros. Inf. Serv.* 98: 103–107; Kacsoh, B.Z, and T.A. Schlenke 2012, *PLoS One* 7:e34721; Kaneshiro, K.Y. 1983, *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.* 24: 179; Kotteck, M. 2006, *Meteorol. Z.* 15(3): 259–263; Krzemien, J., 2008, Control of larval hematopoiesis in *Drosophila*; microenvironment, precursors and cell lineage. PhD thesis. Université Paul Sabatier, Toulouse, France. 165 pp.; Marchiori, C.H., and A.M. Penteado-Dias 2001, *Arq. Inst. Biol.* 68(1): 123–124; Medina-Muñoz, M.C., X. Lucero, C. Severino, N. Cabrera, D. Olmedo, F. Del Pino, E. Alvarez, C. Jara, and R. Godoy-Herrera 2015, *Dros. Inf. Serv.* 98 p.75; Miller, B., G. Anfora, M. Buffington, K.M. Daane, D.T. Dalton, K.M. Hoelmer, M.V.R. Stacconi, A. Grassi, C. Ioriatti, A. Loni, J.C. Miller, M. Ouantar, X. Wang, N.G. Wiman, and V.M. Walton 2015, *B. Insectol.* 68: 255–263; Mitsui, H., K. Van Achterberg, and G. Nordlander 2007, *J. Nat. Hist.* 41:1731–1738; Mitsui, H., and M.T. Kimura 2010, *Eur. J. Entomol.* 107:535–540; Nomano, F.Y., H. Mitsui, and M.T. Kimura 2015, *J. App. Ent.* 139:105–113; Nordlander, G. 1980, *Insect Syst. Evol.* 11: 428–453; Poyet, M., S. Havard, G. Prévost, O. Chabrierie, G. Doury, P. Gibert, and P. Eslin P. 2013, *Physiol. Entomol.* 38: 45–53; Rohlf, M., and T.S. Hoffmeister 2004. *Oecol.* 140, 654–661; Seyahooei, M.A., J.J.M. van Alphen, and K. Kraaijeveld 2011, *BMC Ecol.* 11: 4; Silva, C.G., C.H. Marchiori, A.R. Fonseca, and L.C. Torres 2003, *Ciênc. Agrotec.* 27(6): 1264–1267; Schlesener, D.C.H.; A.M. Nunes, J. Cordeiro, M.S. Gottschalk, and F.R.M. Garcia 2014, *Cultivar HF* 12: 6–8; Tochen, S., D.T. Dalton, N.G. Wiman, C. Hamm, P.W. Shearer, V.M. Walton 2014, *Environ. Entomol.* 43:501–510; Turica and Mallo 1961, *Idia. Suppl.* 6: 145–161; Vlach, J. 2013, <http://www.oregon.gov/oda/shared/documents/publications/ippm/spottedwingdrosophila/ildkey.pdf>; Walsh, D.B, M.P. Bolda, R.E. Goodhue, A.J. Dreves, J. Lee, D.J. Bruck, V.M. Walton, S.D O’Neal, and F.G. Zalom 2011, *J. Integr. Pest Manag.* 2: 1–7; Wang, X.G., G. Kaçar, A. Biondi, and K.M. Daane 2016, *Biol. Control* 96: 64–71; Wertheim, B., R. Allemand, L.E.M. Vet, and M. Dicke 2006, *Ecol. Entomol.* 31: 216–226; Wiman, N.G., V.M. Walton, D.T. Dalton, G. Anfora, H.J. Burrack, J.C. Chiu, K.M. Daane, A. Grassi, B. Miller, S. Tochen, X. Wang, and C. Ioriatti 2014, *PLoS One* 9:e106909.

Conclusões

Drosophila suzukii ocorre na região Sul do Rio Grande do Sul durante todo o ano em agroecossistemas cultivados com amoreira-preta, araçazeiro, pitangueira, mirtilheiro e morangueiro, e a densidade de insetos aumenta do final da primavera até meados do outono.

Indivíduos adultos que sobrevivem ao inverno podem utilizar hospedeiros alternativos adjacentes aos cultivos, os quais servem de refúgio, e assumem formas de inverno para suportar as baixas temperaturas.

As variáveis climáticas de temperatura e umidade relativa afetam diretamente a atividade sazonal de *D. suzukii*.

Frutos de amora-preta e morangos são os hospedeiros preferenciais de *D. suzukii*, apresentando elevados índices de infestação natural, e mirtilos são os menos preferidos. Araçás e pitangas são hospedeiros nativos que também permitem a multiplicação da praga.

Adultos de *D. suzukii* são mais atraídos pelo atrativo alimentar VVM (vinho + vinagre + melão) em relação aos produtos Ceratrap[®], Torula[®], Biofruit[®], Suzukii Trap[®] e vinagre de maçã, mas os dois últimos são os atrativos mais seletivos a organismos não alvo. No entanto, frutos maduros de amora-preta são mais atrativos em relação à isca alimentar VVM. De modo geral, fêmeas imaturas reprodutivamente preferem os atrativos Biofruit[®], vinagre de maçã e a mistura VVM, e fêmeas maduras não fazem distinção entre as substâncias atrativas.

Amora-preta e morangos infestados por *D. suzukii* também abrigam os parasitoides *Leptopilina boulardi* (Barbotin, Carton & Kelner-Pillault) (Hymenoptera: Figitidae) e *Trichopria anastrephae* Lima (Hymenoptera: Diapriidae) em larvas e

pupas, respectivamente, e estes podem ser potenciais agentes de mortalidade biótica da praga em campo.

Os resultados obtidos nesse estudo indicam que *D. suzukii* se apresenta como praga na região Sul do Rio Grande do Sul e dão suporte para o delineamento de estratégias de manejo em cultivos frutícolas suscetíveis.

Referências

ANDREAZZA, F.; HADDI, K.; OLIVEIRA, E. E.; FERREIRA, J. A. M. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) arrives at Minas Gerais state, a main strawberry production region in Brazil. **Florida Entomologist**, v. 99, n. 4, p. 796–798, 2016.

ANDREAZZA, F.; BERNARDI, D.; DOS SANTOS, R. S. S.; GARCIA, F. R. M.; OLIVEIRA, E. E.; BOTTON, M.; NAVA DE. *Drosophila suzukii* in Southern Neotropical region: Current status and futures perspectives. **Neotropical Entomologist**, v. 46, n.6, p. 591–60, 2017a.

ANDREAZZA, F.; BERNARDI, D.; BOTTON, M.; NAVA, DE. *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) in peaches: is it a problem? **Scientia Agricola**, v. 74, n. 6, p. 489–491, 2017b.

ASPLEN, M.; ANFORA, G.; BIONDI, A.; CHOI, D-S.; CHU, D.; DAANE, K. M.; et al. Invasion biology of spotted wing drosophila (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. **Journal Pest of Science**, v. 88, n. 3, p. 469–494, 2015.

ATALLAH, J.; TEIXEIRA, L.; SALAZAR, R.; ZARAGOZA, G.; KOPP, A. The making of a pest: the evolution of a fruit-penetrating ovipositor in *Drosophila suzukii* and related species. **Proceedings of The Royal Society**, v. 281, p. 1-9, 2014.

BASOALTO, E.; HILTON, R.; KNOGHT, A. Factors affecting the efficacy of a vinager trap for *Drosophila suzukii* (Diptera; Drosophilidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 137, n. 8, p. 561–570, 2013.

BEERS, E. H.; VAN STEENWYK, R. A.; SHEARER, P. W.; COATES, W. W.; GRANT, J. A. Developing *Drosophila suzukii* management programs for sweet cherry in the western United States. **Pest Management Science**, v. 67, n. 11, p. 1386–1395, 2011.

BERNARDI, D.; RIBEIRO, L.; ANDREAZZA, F.; NEITZKE, C.; OLIVEIRA, E. E.; BOTTON, M.; NAVA, D. E.; VENDRAMIM, J. D. Potential use of *Annona* by products to control *Drosophila suzukii* and toxicity to its parasitoid *Trichopria anastrephae*. **Industrial Crops and Products**, v. 110, p. 30–35, 2017.

BIONDI, A.; MOMMAERTS, V.; SMAGGHE, G.; VINUELA, E.; ZAPPALA, L.; DESNEUX, N. The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. **Pest Management Science** v. 68, n. 12, p. 1523–1536, 2012.

BOLDA, M. P.; GOODHUE, R. E.; ZALOM, F. G. Spotted wing drosophila: potential economic impact of a newly established pest. **Giannini Foundation Agricultural Economics**, v. 13, p. 5–8, 2010.

BRUCK, D. J.; BOLDA, M.; TANIGOSHI, L.; KLICK, J.; KLEIBER, J.; De FRANCESCO, J.; GERDEMAN, B.; SPITLER, H. Laboratory and field comparisons of insecticides to reduce infestation of *Drosophila suzukii* in berry crops. **Pest Management Science**, v. 67, n.11, p. 1357–1385, 2011.

CATTEL, J.; KAUR, R.; GIBERT, P.; MARTINEZ, J. *Wolbachia* in European Populations of the Invasive Pest *Drosophila suzukii*: Regional variation in infection frequencies. **PLoS ONE**, v. 11, n. 2, p. 1–12, 2016.

CINI, A.; IORIATTI, C.; ANFORA, G. A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. **Bulletin of Insectology**, v. 65, n. 1, p 149-160, 2012.

DAANE, K. M.; WANG, X. G.; BIONI, A.; MILLER, B.; MILLER, J. C.; et al. First exploration of parasitoids of *Drosophila suzukii* in South Korea as potential classical biological agents. **Journal of Pest Science**, v. 89, n. 3, p. 823–835, 2016.

DALTON, P. T.; WALTON, V. M.; SHEARER, P. W.; WALSH, D.; CAPRILE, J.; ISAACS, R. Laboratory survival of *Drosophila suzukii* under simulated winter conditions of the Pacific Northwest and seasonal field trapping in five primary regions of small and stone fruit production in the United States. **Pest Management Science**, v. 67, n. 11, p. 1368–1374, 2011.

DE ROS, G.; ANFORA, G.; GRASSI, A.; IORIATTI, C. The potential economic impact of *Drosophila suzukii* on small fruits production in Trentino (Italy). **Integrated Protection of Fruit Crops**, v. 91, p. 317-321, 2013.

DEPRÁ, M.; POPPE, J. L.; SCHMITZ, H. J.; DE TONI, D. C.; VALENTE, V. L. S. The first records of the invasive pest *Drosophila suzukii* in South American Continent. **Journal of Pest Science**, v. 87, n. 3, p. 379-383, 2014.

DOS SANTOS, L. A.; MENDES, M. F.; KRÜGER, A. P.; BLAUTH, M. L.; GOTTSCHALK, M. S.; GARCIA, F. R. M. Global potential distribution of *Drosophila suzukii* (Diptera, Drosophilidae). **PLoS ONE**, v. 12, n. 3, p. 1–13, 2017.

EMILJANOWICZ, L. M.; RYAN, G. D.; LANGILLE, A.; NEWMAN, J. Development, reproductive output and population growth of the fruit fly pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on artificial diet. **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 4, p. 1392–1398, 2014.

FACHINELLO, J. C.; PASA, M. S.; SCHMITZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. E. p.109-120, 2011.

FRAIMOUT, A.; DEBAT, V.; FELLOUS, S.; HUFBAUER, R. A.; FOUCAUD, J.; PUDLO, P.; MARIN, J. M.; PRICE, D. K.; CATTEL, J.; CHEN, X.; DEPRÁ, M.; DUYCK, P. F.; GUEDOT, C.; KENIS, M.; KIMURA, M. T.; LOEB, G.; LOISEAU, A.; MARTINEZ-SAÑUDO, I.; PASCUAL, M.; RICHMOND, M. P.; SHEARER, P.; SINGH, N.; TAMURA, K.; XUÉREB, A.; ZHANG, J.; ESTOUP, A. Deciphering the routes of invasion of *Drosophila suzukii* by Means of ABC random forest. **Molecular Biology and Evolution**, v. 34, n. 4, p. 980-996, 2017.

GABARRA, R.; RIUDAVETS, J.; RODRÍGUEZ, G. A.; PUJADE-VILLAR, J.; ARNÓ, J. Prospects for the biological control of *Drosophila suzukii*. **BioControl**, v. 60, n. 3, p. 331–339, 2015.

GARCIA, F. R. M.; WOLLMANN, J.; KRÜGER, A. P.; SCHLESENER, D. C. H.; TEIXEIRA, C. M. Biological control of *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae): State of the art and prospects. In: Davenport, L. (ed.). **Biological control: methods, applications and challenges**. New York: Nova Science Publishers, 2017. p 1–28.

GOODHUE R. E.; BOLDA M.; FARNSWORTH D.; WILLIAMS J. C.; ZALOM F. G. Spotted wing drosophila infestation of California strawberries and raspberries: economic analysis of potential revenue losses and control costs. **Pest Management Science**, v. 67, n. 11, p. 1396-1402, 2011.

GONZALÉZ, G.; MARY, A. L.; SCATONI, B.; GOÑI, B. *Drosophila suzukii* (Matsumura) found in Uruguay. **Drosophila Information Service**, v. 98, p. 103–107, 2015.

HAMM, C. A.; BEGUN, D. J.; YO, A.; SMITH, C. C.; SAELAO, P.; SHAVER, A. O.; JAENIKE, J.; TURRELI, M. *Wolbachia* do not live by reproductive manipulation alone: infection polymorphism in *Drosophila suzukii* and *D. subpulchrella*. **Molecular Ecology**, v. 23, n. 19, p. 4871–4885, 2014.

HAUSER, M. A historic account of the invasion of *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) in the continental United States, with remarks on their identification. **Pest Management Science**, v. 67, n. 11, p. 1352–1357, 2011.

HAYE, T.; GIROD, P.; CUTHBERTSON, A. G. S.; WANG, X. G.; DAANE, K. M.; HOELMER, K. A.; BAROFFIO, C.; ZHANG, J. P.; DESNEUX, N. Current SWD IPM tactics and their practical implementation in fruit crops across different regions around the world. **Journal of Pest Science**, v. 89, n. 3, p. 643–651, 2016.

IGLESIAS, L. E.; NYOIKE, T. W.; LIBURD, O. E. Effect of trap design, bait type, and age on captures of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in berry crops. **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 4, p. 1508–1518, 2014.

KENIS, M.; TONINA, L.; ESCHEN, R.; VAN DER SLUIS, B.; SANCASSANI, M.; MORI, N.; HAYE, T.; HELSEN, H. Non-crop plants used as hosts by *Drosophila suzukii* in Europe. **Journal of Pest Science**, v. 89, n. 3, p. 735–748, 2016.

KRÜGER, A. P.; SCHLESENER, D. C. H.; MARTINS, L. N.; WOLLMANN, J.; DEPRÁ, M.; GARCIA, F. R. M. Effects of irradiation dose on sterility induction and quality parameters of *Drosophila suzukii*. **Journal of Economic Entomology**, 2018. DOI: 10.1093/jee/tox349.

LANDOLT, P. J.; ADAMS, T.; DAVIS, T. S.; ROGG, H. Spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae), trapped with combinations of wines and vinegars. **Florida Entomologist**, v. 95, n. 2, 326–332, 2012.

LEE, J. C.; BRUCK, D. J.; DREVES, A. J.; IORIATTI, C.; VOGT, H.; BAUFELD, P. In Focus: spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, across perspectives. **Pest Management Science**, v. 67, n. 11, p. 1349–1351, 2011.

LEE, J. C.; BURRACK, H. J.; BARRANTES, L. D.; BEERS, E. H.; DREVES, A. J.; HAMBY, K. A.; HAVILAND, D. R.; ISAACS, R.; RICHARDSON, T. A.; SHEARER, P.

W. Evaluation of monitoring traps for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in North America. **Journal of Economic Entomology**, v. 105, n. 4, p. 1350–1357, 2012.

LEE, J. C.; DREVES, A. J.; CAVE, A. M.; KAWAI, S.; ISAACS, R.; MILLER, J. C.; VAN TIMMEREN, S.; BRUCK, D. J. Infestation of wild and ornamental noncrop fruits by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 108, n. 2, p. 117–129, 2015.

LI, F.; SCOTT, M. J. CRISPR/Cas9-mediated mutagenesis of the White and Sex lethal loci in the invasive pest, *Drosophila suzukii*. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 469, n. 4, p. 911–916, 2016.

MURPHY, K. A.; WEST, J. D.; KWOK, R. S.; CHIU, J. C.; Accelerating research on spotted wing drosophila management using genomic technologies **Journal of Pest Science**, v. 89, n. 3, p. 631–41, 2016.

O'GRADY, P.M.; BEARDSLEY, J.W.; PERREIRA, W.D. New records for introduced Drosophilidae (Diptera) in Hawaii. **Bishop Museum Occasional Papers**, n. 69, p. 34–35, 2002.

POYET, M.; HAVARD, S.; PREVOST, G.; CHABRERIE, O.; DOURY, G.; GIBERT, P.; ESLIN, P. Resistance of *Drosophila suzukii* to the larval parasitoids *Leptopilina heterotoma* and *Asobara japonica* is related to haemocyte load. **Physiological Entomology**, v. 38, n. 1, p. 45–53, 2013.

RENKEMA, J.M.; BUITENHUIS, R.; HALLETT, R.H. Optimizing trap design and trapping protocols for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 6, p. 2107–2118, 2014.

ROSSI-STACCONI, M. V. R.; BUFFINGTON, M.; DAANE, K. M.; DALTON, D. T.; GRASSI, A.; GULAY, K.; MILLER, B.; MILLER, J.C.; BASER, N.; IORIATTI, C.; WALTON, V.M.; WANG, X.; ANFORA, G. Host stage preference, efficacy and fecundity of parasitoids attacking *Drosophila suzukii* in newly invades areas. **Biological Control**, v. 84, p. 28–35, 2015.

RYAN, G. D.; EMILJANOWICZ, L.; WILKINSON, F.; KORNYA, M.; NEWMAN, J. A. Thermal tolerances of the Spotted-wing *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 109, n. 2, p. 746–752, 2016.

SANTADINO, M. V.; RIQUELME, VIRGALA, M. B.; ANSA, M. A.; BRUNO, M.; DI SILVESTRO, G.; LUNAZZI, E. G. Primer registro de *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) asociado al cultivo de arándanos (*Vaccinium* spp.) de Argentina. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 74, n. 3–4, p. 183–185, 2015.

SANTOS, R. S. S. dos. *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) atacando frutos de morangueiro no Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 4005–4011, 2014.

SCHETELIG, M. F.; HANDLER, A. M. Germline transformation of the spotted wing drosophilid, *Drosophila suzukii*, with a piggyBac transposon vector. **Genetica**, v. 141, n. 4–6. p. 189–193, 2013.

SCHLESENER, D. C. H.; NUNES, A. M.; CORDEIRO, J.; GOTTSCHALK, M. S.; GARCIA, F. R. M. Mosca-da-cereja: Uma nova ameaça para a fruticultura brasileira. **Cultivar**, v. 12, n. 1, p. 6-8, 2014.

SCHLESENER, D. C. H.; WOLLMANN, J.; NUNES, A. M.; CORDEIRO, J.; GOTTSCHALK, M. S.; GARCIA, F. R. M. *Drosophila suzukii*: nova praga para a fruticultura brasileira. **Biológico**, v. 77, n. 1, p. 47-54, 2015.

SCHLESENER, D. C. H.; WOLLMANN, J.; PAZINI, J. DE B.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, F. R. M. Effects of insecticides on adults and eggs of *Drosophila suzukii* (Diptera, Drosophilidae). **Revista Colombiana de Entomología**, v. 43, n. 2, p. 208–2014, 2017a.

SCHLESENER, D. C. H.; WOLLMANN, J.; TEIXEIRA, C. M.; NUNES, A. M. N.; GOTTSCHALK, M. S.; GARCIA, F.R.M.. ***Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae): Biology, Ecology and Control**. Pelotas: Editora da UFPel, 2017b. 186 p.

SHEARER, P. W.; WEST, J. D.; WALTON, V. M.; BROWN, P. H.; SVETEC, N.; CHIU, J. C. Seasonal cues induce phenotypic plasticity of *Drosophila suzukii* to enhance winter survival. **BioMed Central Ecology**, v. 16, n. 11, p. 1–18, 2016.

TOCHEN, S.; DALTON, D. T.; WIMAN, N.; HAMM, C.; SHEARER, P. W.; WALTON, V.M. Temperature-related development and population parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on cherry and blueberry. **Physiological Entomology**, v. 43, n. 2, p. 1–10, 2014.

TONINA, L.; GRASSI, A.; CARUSO, S.; MORI, N.; GOTTARDELLO, A.; ANFORA, G.; GIOMI, F.; VACCARI, G.; IORIATTI, C. Comparison of attractants for monitoring *Drosophila suzukii* in sweet cherry orchards in Italy. **Journal of Applied Entomology**, p. 1–8, 2017. DOI: 10.1111/jen.12416.

VAN TIMMEREN, S.; ISAACS, R. *Drosophila suzukii* in Michigan vineyards, and the first report of *Zaprionus indianus* from this region. **Journal of Applied Entomology**, v. 138, n. 7, p. 529–537, 2014.

VILELA, C. R.; MORI, L. The invasive spotted-wing *Drosophila* (Diptera Drosophilidae) has been found in the city of São Paulo (Brazil). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 58, n. 4, p. 371–375, 2014.

WALLINGFORD, A. K.; LEE, J. C.; LOEB, G. M. The influence of temperature and photoperiod on the reproductive diapause and cold tolerance of spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 159, n. 3, p. 327–337, 2016.

WALSH, D. B.; BOLDA, M. P.; GOODHUE, R. E.; DREVES, A. J.; LEE, J.; BRUCK, D. J.; WALTON, V. M.; O'NEAL, S. D.; ZALOM, F. G. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): Invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 2, n. 1, p. 1-8, 2011.

WIMAN, N. G.; DALTON, D. T.; ANFORA, G.; BIONDI, A.; CHIU, J. C.; DAANE, K. M.; GERDEMAN, B.; GOTTARDELLO, A.; HAMBY, K. A.; ISAACS, R.; GRASSI, A.; IORIATTI, C.; LEE, J. C.; MILLER, B.; ROSSI STACCONI, M. V.; SHEARER, P. W.; TANIGOSHI, L.; WANG, X.; WALTON, V. M. *Drosophila suzukii* population response to environment and management strategies. **Journal of Pest Science**, v. 89, n. 3, p. 653–665, 2016.

WOLLMANN, J.; SCHLESENER, D. C. H.; FERREIRA, M. S.; GARCIA, M. S.; COSTA, V. A.; GARCIA, F. R. M. Parasitoids of Drosophilidae with potential for parasitism on *Drosophila suzukii* in Brazil. **Drosophila Information Service**, v. 99, p. 38-42, 2016.

WOLLMANN, J.; SCHLESENER, D. C. H.; MARTINS, L. N.; GARCIA, M. S.; GARCIA, F. R. M. Trap model for capturing *Drosophila suzukii* (Matsmura, 1931). **Drosophila Information Service**, v. 100, p. 181–185, 2017.

ZERULLA, F. N., AUGEL, C., ZEBITZ, C. P. W. Oviposition activity of *Drosophila suzukii* as mediated by ambient and fruit temperature. **PLoS ONE**, v. 12, n. 11, p. 1–12, 2017.