

Sandro Daniel Nörnberg

**Bases para o manejo de *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855
(Coleoptera: Curculionidae) em pomares de pessegueiro e macieira**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Fitossanidade (área do conhecimento: Entomologia).

Orientador: Prof. Dr. Anderson Dionei Grützmacher

Co-orientadores: Prof. Dr. Dori Edson Nava

Prof. Dr. José Mauricio Simões Bento

Pelotas, 2012

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

N822b Nörnberg, Sandro Daniel

Bases para o manejo de *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855(Coleoptera: Curculionidae) em pomares de pessegueiro e macieira / Sandro Daniel Nörnberg ; orientador Anderson Dionei Grützmacher; co-orientadores Dori Edson Nava e José Maurício Simões Bento. - Pelotas,2012.-150f.- Tese (Doutorado) –Área de conhecimento em Entomologia.Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel . Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2012.

1.Bioecologia 2.Controle 3.Compostos voláteis 4. Danos
5.Frutíferas de clima temperado 6.Gorgulho-do-amilho
7.Monitoramento I.Grützmacher, Anderson Dionei(orientador) II
.Título.

CDD 595.76

Banca Examinadora:

Dr. Anderson Dionei Grützmacher (Orientador)

Dr. Adalécio Kovaleski

Dra. Ana Paula Schneid Afonso da Rosa

Dra. Gabriela Inés Diez-Rodríguez

Dr. Flávio Roberto Mello Garcia

*Se não houver frutos, valeu a beleza das flores;
Se não houver flores, valeu a sombra das folhas;
Se não houver folhas, valeu a intenção da semente.*

Henfil

*Aos meus pais, Helga e Silvo pelo exemplo de vida,
pelos valores transmitidos, pelo exemplo de vida cristã
e por todo apoio durante o período de pós-graduação*

Ofereço e Dedico

Agradecimentos

À Deus pelo milagre da vida, por guiar meu caminho, pela saúde e disposição para superar todos os desafios. A ele também agradeço por estar sempre ao meu lado em todos os momentos de minha vida;

Aos meus pais, pessoas nas quais sempre pude recorrer nos bons e maus momentos, pelo carinho, pela compreensão, pela estrutura familiar e pelos exemplos de humildade, coragem, dignidade e ética que sempre foram suporte e guia nas minhas decisões. E o principal, os ensinamentos fundamentais sobre uma vida de fé em Jesus Cristo, que é o único caminho para chegarmos a Deus;

Ao Dr. Anderson Dionei Grützmacher, professor no Departamento de Fitossanidade da FAEM/UFPeI, pela orientação, paciência e ensinamentos no decorrer da Graduação e Pós-Graduação;

Ao Dr. Dori Edson Nava, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, pela orientação e ensinamentos, pelas oportunidades concedidas durante o tempo de doutorado, pela confiança, pelas palavras de apoio e incentivo e principalmente pelo exemplo profissional, de responsabilidade, dedicação e amor pelo que faz;

Ao Dr. José Maurício S. Bento, professor do Departamento de Entomologia e Acarologia agrícola da ESALQ/USP, pelos ensinamentos, pelas palavras de motivação e incentivo, pela oportunidade de cursar a disciplina de Métodos Comportamentais em Ecologia Química e pelo período de convivência e aprendizado junto ao seu grupo de pesquisa;

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da FAEM/UFPeI, pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado e Doutorado;

A Embrapa Clima Temperado pela disponibilização de estrutura para realização dos trabalhos;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudos para realização do Doutorado e ao Serviço Alemão de Intercâmbio Acadêmico (DAAD) pela concessão da bolsa de Doutorado Sanduíche na Alemanha;

Ao Instituto Max Planck de Ecologia Química pelas oportunidades concedidas durante o Doutorado Sanduíche;

Ao bolsista de graduação Ângelo Luis Ozelame pelo auxílio, dedicação, comprometimento e responsabilidade no desenvolvimento dos experimentos e pela amizade construída durante este período;

À amiga, Dra. Roberta Manica-Berto pelo auxílio na condução de trabalhos e análise de dados, pelas sugestões, e principalmente pelas palavras de incentivo e por estar sempre disponível, não medindo esforços para ajudar, pelo exemplo de dedicação e responsabilidade e principalmente pela amizade sincera;

À amiga, Dra. Crislaine Alves Barcellos de Lima pelos bons momentos de estudo, discussão e descontração, pela amizade incomparável;

A Dra. Gabriela Inés Díez-Rodríguez pela agradável convivência, pelos momentos de discussão e descontração e pela amizade construída;

A Msc. Mirtes Mello, pesquisadora de Entomologia da Embrapa Clima Temperado, pela agradável convivência;

Ao assistente de pesquisa Diego P. Viégas do Laboratório de Entomologia da Embrapa Clima Temperado, pelo auxílio no desenvolvimento dos trabalhos e pela agradável convivência;

Aos colegas de pós-graduação Adrise Medeiros Nunes, Heitor Lisboa, Maicon Bisognin, Milton Fernando Cabezas Guerrero, Moisés João Zotti, Odimar Zanuzo Zanardi, Rafael da Silva Gonçalves, Raul Borges, Rodolfo Vargas Castilhos, Ruben Machota Júnior, Sônia Poncio pelos momentos alegres, de preocupação, descontração, pelo companheirismo durante o curso, pelo aprendizado e principalmente pela amizade, que certamente será para toda a vida;

Aos dedicados bolsistas e estagiários do Laboratório de Entomologia da Embrapa Clima Temperado: Lucas Kuhn Hübner, Franciéli Sassanovicz, Fernanda Monte, Vinícius Zimmer, Eduardo Marioti, Fernanda Appel Müller, Harrison Batista e Luciano Geissler pelos momentos de descontração e pela dedicação e apoio, pela agradável convivência;

Aos colegas Ana Claudia Langaro e Marcel Durigon pela dedicação, auxílio na realização de análises e pela demonstração de amizade;

Aos professores de Entomologia do programa de pós-graduação em Fitossanidade, FAEM/UFPel, Alci Enimar Loeck, Marcos Botton, Mauro Silveira Garcia, Paulo Bretanha Ribeiro e Uemerson Silva da Cunha pelos ensinamentos transmitidos durante o curso;

A analista Núbia L. Ferri do laboratório de Tecnologia de Alimentos da Embrapa Clima Temperado pela atenção, dedicação e auxílio nos trabalhos da tese;

As pesquisadoras Dra. Ana Cristina Krolow e Dra Márcia Vizzoto (Embrapa Clima Temperado) pelo auxílio nas análises físico-químicas dos frutos;

Aos pesquisadores Dr. Ricardo Valgas e Dr. Antônio Guidoni pelo auxílio na análise estatística dos dados;

Ao professor Dr. Jonathan Gershenzon do departamento de Bioquímica do Instituto Max Planck de Ecologia Química, Jena, Alemanha, pela oportunidade e convivência, pelos ensinamentos e por propiciar um período de muito aprendizado e crescimento pessoal e profissional;

Aos doutores Sybille Unsicker, Tobias Köllner, Michael Reichte, Rose Kighati, Andreas Reinicke do Instituto Max Planck de Ecologia Química, pela agradável convivência e pela oportunidade de discussão de trabalhos científicos;

A Professora Dra. Elina Caramão do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IQ/UFRGS) pela disponibilização de estrutura e equipamentos para realização de análises químicas;

Aos membros da banca examinadora, Dra. Ana Paula Schneid Afonso da Rosa, Dra. Gabriela Inés Diez-Rodríguez, Dr. Adalécio Kovaleski e Dr. Flávio Roberto Mello Garcia por reservarem um precioso tempo durante suas atividades para leitura e avaliação da tese e pelas contribuições para melhorar a qualidade dos trabalhos de pesquisa;

Aos demais colegas e colaboradores que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo

NÖRNBERG, Sandro Daniel. **Bases para o manejo de *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em pomares de pessegueiro e macieira.** 2012. 150f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

O gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) é um inseto-praga típico de grãos armazenados que tem atacado frutíferas de clima temperado, com destaque para as culturas do pessegueiro e macieira na região Sul do Brasil. A falta de uma ferramenta de controle inviabiliza o manejo deste inseto-praga em pomares, resultando em prejuízos econômicos aos fruticultores, bem como pode representar um risco ao manejo integrado de pragas e por consequência a busca por uma agricultura sustentável. O estabelecimento de um sistema de manejo em pomares implica primeiramente conhecer a bioecologia deste inseto-praga, para a determinação de um sistema de monitoramento e controle eficientes. Neste contexto, este trabalho objetivou estudar a bioecologia e controle do gorgulho-do-milho *S. zeamais* em pêssego e maçã, tendo como objetivos específicos: (i) determinar a dinâmica populacional e distribuição de ataque em pomares de pêssegueiro (cultivares de ciclo precoce e tardio) e pomar de macieira, identificando a espécie coletada em cada pomar; (ii) relacionar o ataque do gorgulho-do-milho com danos diretos e indiretos em pêssego; (iii) caracterizar o dano devido a oviposição e avaliar o desenvolvimento de *S. zeamais* em pêssego e maçã; (iv) avaliar as respostas comportamentais de *S. zeamais* aos voláteis emitidos por pêssego e maçã; (v) avaliar a eficiência de controle e persistência de agrotóxicos para o manejo de *S. zeamais* em pomar de pessegueiro. Os resultados mostram que todos os insetos coletados em pêssego e maçã nas áreas estudadas, na região de Pelotas, RS, foram identificados como *S. zeamais*, sendo que o ataque concentra-se na fase de colheita, em frutos maduros, tanto em cultivares precoces como tardias de pessegueiro e na cultivar de maçã Eva. Em pessegueiro foi observado, em duas safras, um período de ataque de até quatro semanas, enquanto que em macieira, o período de ataque observado foi de sete semanas. No início da infestação dos pomares (pessegueiro e macieira) foi observado um maior número de machos, ocorrendo principalmente nos frutos do terço superior da planta (> 1,7m), sendo em seguida no terço médio (entre 1,0 e 1,7 m), no qual se concentrou o maior número de frutos atacados. Em pomares de pessegueiro, observaram-se diferenças no ataque em pêssegos verdes e maduros, o que foi comprovado em bioensaio

realizado, onde em condições de infestação artificial, em frutos verdes os danos devido a alimentação foram em menor grau quando comparados aos frutos maduros. O tempo de permanência dos gorgulhos sob os frutos, bem como a densidade de insetos, influencia diretamente os danos diretos e indiretos em pêssego, sendo que quanto maior o número de gorgulhos sob o fruto, menor é o tempo necessário para o início da queda e da incidência da podridão parda. A presença de um inseto durante dois dias se alimentando em pêssego maduro pode favorecer a queda de 50% dos frutos enquanto que em frutos verdes observou-se um máximo de 40% de queda de frutos somente com oito gorgulhos durante oito dias em contato com os frutos. Os danos provocados pela alimentação de *S. zeamais* e por meios mecânicos, associados a presença de *Monilinia fructicola*, favorecem a ocorrência da podridão-parda em pêssego em condições de campo. Sendo assim, os danos devido a alimentação de *S. zeamais* em pêssego favorecem a queda de frutos e a incidência da podridão parda. Contudo, os danos não se restringem apenas a alimentação, visto que estudou-se a biologia de *S. zeamais* em pêssego e maçã e observou-se a oviposição e o desenvolvimento das fases imaturas e a emergência de adultos, demonstrando pela primeira vez que *S. zeamais* se utiliza dos hospedeiros alternativos como pêssego e maçã para alimentação e oviposição. Frutos de pêssego e maçã apresentam efeito sobre a longevidade de machos e fêmeas do gorgulho do milho, *S. zeamais*, quando estes se alimentam por um período superior a oito dias. Em testes utilizando olfatosmetria, verificou-se que possivelmente adultos de *S. zeamais* são atraídos aos pomares por compostos voláteis de pêssego e maçã no estágio maduro. Curiosamente, observou-se que os compostos voláteis de frutos de pêssego no estágio maduro apresentam maior atratividade que voláteis emitidos por grãos de milho, enquanto que voláteis emitidos por frutos no estágio verde não possuem atratividade. Como alternativa imediata de controle de *S. zeamais* em pomares de pessegueiro e macieira, tem-se a possibilidade de utilização de alguns inseticidas, os quais foram testados em condições de campo e laboratório, sendo que os inseticidas [i.a./produto comercial/(ml ou g.100L)] malationa/Malathion[®] 1000 CE (200), fosmete/Imidan[®] 500 PM (200), e fentiona/Lebaycid[®] 500 CE (100) apresentaram baixa persistência após a pulverização dos tratamentos em condições de campo, enquanto que o inseticida tiametoxan/Actara[®] 250 WG (30) mostrou persistência superior aos demais inseticidas testados e apresenta potencial para registro nas culturas do pessegueiro e macieira.

Palavras-chave: bioecologia, controle, compostos voláteis, danos, frutíferas de clima temperado, gorgulho-do-milho, monitoramento.

Abstract

NÖRNBERG, Sandro Daniel. **Bases for the management of *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) in peach and apple orchards.** 2012. 150f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil.

The maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) is a typical insect pest of stored grain and has been related attacking temperate fruit, especially for crops of peaches, apples and grapes in southern Brazil. The lack of a control tool undermines the management of insect pests in these orchards, resulting in economic losses for fruit growers and therefore may represent a risk to integrated pest management and the search for sustainable agriculture. The establishment of a management system in orchards requires, first to know the bioecology of the pests on orchards, for the determination of a effective monitoring and control system. In this context, this study investigated to evaluate the bioecology and control of maize weevil *S. zeamais* in peach and apple, according to the following specific aims: (i) determine the population dynamics and distribution of attack on peach (cultivars of early and late) and apple, identifying the weevil species collected in each orchard, (ii) relate the direct and indirect damage on peach, (iii) characterize the damage due to oviposition and the development of *S. zeamais* in peach and apple fruits, (iv) evaluate the behavioral responses of *S. zeamais* to volatiles emitted by peach and apple fruits, (v) evaluate the persistence of pesticides for the management of *S. zeamais* in orchards. The results show that all the insects collected on fruits of peach and apple in Pelotas, RS were identified as *S. zeamais*, and the attack occur mainly on the stage of harvest, like on ripe fruits, both in early and late cultivars of peach and apple cultivar "Eva". On peach was observed a period of attack up to four weeks while on apple, the attack period was observed during seven weeks. At the beginning of the infestation peach and apple trees, there was a greater number of males, occurring mainly in the fruits above 1.7 m, and then in the middle third (between 1.0 and 1.7 m) in which the largest number of damaged fruit. In peach orchards, we found differences in attack on green and ripe peaches, which was confirmed in a bioassay performed, where in conditions of artificial infestation in green fruit damage due to power were a lesser extent when compared to the ripe fruit. The time of the weevils in the fruits, as well as the density of insects, influence directly the direct and indirect damage in peach, and the greater the number of weevils in the fruit, the lower the time required for the onset of fall and the incidence of brown rot. The presence of an

insect feeding two days in ripe peach may facilitate the fall of 50% fruit while in green fruit was observed up to 40% fruit drop only eight weevils for eight days in contact with the peach fruit. The damage caused by feeding *S. zeamais* and by mechanical means, associated with the presence of *Monilinia fructicola*, favor the occurrence of brown rot in peach fruits in field conditions. Therefore, the damage due to feeding of *S. zeamais* in favor peach fruit drop and the incidence of brown rot. However, the damage is not restricted to just food, since we studied the biology of *S. zeamais* on peach and apple fruits. We observed the oviposition and the development of immature stages and adult emergence, demonstrating for the first time that *S. zeamais* could use the alternative hosts such as peach and apple for feeding and oviposition. Fruits of peach and apple have an effect on the longevity of males and females of the maize weevil, *S. zeamais*, where they feed for a period exceeding 16 days. In tests using olfactometry, it was observed that *S. zeamais* are attracted to volatile compounds of peach and apple in the mature stage. Interestingly, we observed that the volatile compounds from peach fruits at maturity are more attractive than volatiles emitted by maize grains, while volatiles emitted by fruit at the green not attractive. Alternatively immediate control of *S. zeamais* in peach and apple, there is the possibility of using some insecticides, which were tested in laboratory and field conditions, and the insecticides registered in culture [a.i./commercial product/(ml or g.100L)] show that: malathion/Malathion[®] 1000 CE (200), phosmet/Imidan[®] 500 PM (200) and fenthion/Lebaycid[®] 500 EC (100) showed potential for use in orchards and insecticide thiamethoxam/Actara[®] WG 250 (30) as a potential record.

Key-words: bioecology, fruit damage, maize weevil, monitoring, pest control, volatile compounds, temperate fruit crops.

Lista de Tabelas

Artigo 1

Tabela 1 Localização e características das áreas experimentais para os estudos de flutuação populacional de <i>Sitophilus zeamais</i> . Pelotas, RS, Safras 2009/10/11.....	46
---	----

Artigo 2

Tabela 1 Percentual de podridão parda (%) em pêssego, cultivar 'Eragil', sob diferentes tratamentos em condições de campo. Pelotas, RS, Safra 2009/10.....	73
--	----

Artigo 3

Tabela 1 Duração média (\pm EP) e intervalo de variação (IV) em dias das fases imaturas de <i>Sitophilus zeamais</i> em pêssego (cv. Eldorado) e maçã (cv. Eva) em laboratório (temperatura $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ UR e fotofase de 14 h).....	93
Tabela 2 Longevidade média (dias) de <i>Sitophilus zeamais</i> após um período de alimentação em pêssego e maçã, em dois estádios de maturação e grãos de milho (Temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, Umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14 h).....	94

Artigo 4

Tabela 1 Compostos químicos identificados em extratos de pêssego cv. Eldorado e maçã cv. Eva, nos estádios verde e maduro, por cromatógrafo gasoso acoplado a espectro de massas (CG-EM)....	116
--	-----

Artigo 5

Tabela 1 Agrotóxicos avaliados nos testes residuais para o controle de <i>Sitophilus zeamais</i> , empregando-se dosagem máxima recomendada do produto formulado. Pelotas, RS, Safra 2010/11.....	138
Tabela 2. Número (média±EP) de <i>Sitophilus zeamais</i> vivos e eficiência de controle (%) de agrotóxicos pulverizados em pomar de pessegueiro (Bioensaio I). Pelotas, RS, Safra 2010/11.....	139
Tabela 3. Número (média±EP) de <i>Sitophilus zeamais</i> vivos e eficiência de controle (%), após contato residual com agrotóxicos aplicados em condições de laboratório (Bioensaio II). Temperatura 25±2°C, Umidade relativa de 70±10% e fotoperíodo de 14 h.....	140

Lista de Figuras

Artigo 1

- Figura 1 Número de gorgulhos capturados em armadilhas Pet-milho (barras) e percentagem de danos (linha) de *Sitophilus zeamais* em frutos de pessegueiro, das cultivares Sensação, Eldorado e Eragil e macieira cultivar Eva. Pelotas, RS, Safra 2009/10..... 47
- Figura 2 Número de gorgulhos capturados em armadilhas Pet-milho (barras) e percentagem de danos (linha) de *Sitophilus zeamais* em frutos de pessegueiro, das cultivares Sensação, Eldorado e Eragil e de macieira cultivar Eva. Pelotas, RS, Safra 2010/11..... 48
- Figura 3 Distribuição de frutos danificados por *Sitophilus zeamais* em plantas, de pessegueiro cultivar Eldorado e macieira cultivar Eva, durante o período de ataque. Barras indicadas pela mesma letra minúscula entre as semanas de avaliação não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância. Pelotas, RS, Safra 2010/11..... 49
- Figura 4 Porcentagem total de adultos, machos e fêmeas, e razão sexual de *Sitophilus zeamais*, capturados em armadilhas Pet-milho em pomar de pessegueiro cultivar Eldorado e macieira cultivar Eva. Pelotas, RS, Safra 2010/11..... 50

Artigo 2

- Figura 1 Evolução (%) de danos (A), queda de frutos (B) e incidência de podridão (C) em pêesegos em estágio verde da cv. Magno submetidos a infestação artificial) de *Sitophilus zeamais* (0, 1, 2, 4 e 8) ao longo de 1, 2, 4 e 8 dias em condições de campo. Pelotas, 2009/10..... 71

Figura 2	Evolução (%) de danos (A), queda de frutos (B) e incidência de podridão (C) em pêssegos em estágio maduro da cv. Magno submetidos a infestação artificial de <i>Sitophilus zeamais</i> (0, 1, 2, 4 e 8) ao longo de 1, 2, 4 e 8 dias em condições de campo. Pelotas, 2009/10.....	72
Figura 3	Evolução (%) da podridão parda em pêssego cultivar Eragil infectados pelo patógeno <i>Monilinia fructicola</i> após danos causados por <i>Sitophilus zeamais</i> e dano mecânico artificial em condições de campo. Tratamentos: Frutos sem danos (FS); Frutos sem danos+esporos de <i>M. fructicola</i> (FSF); Frutos com dano mecânico (DM); frutos com dano mecânico+esporos de <i>M. fructicola</i> (DMF); frutos com danos de <i>S. zeamais</i> (DG); e frutos com danos de <i>S. zeamais</i> +esporos de <i>M. fructicola</i> . Pelotas, 2009/10.....	74

Artigo 3

Figura 1	Ilustração da oviposição e desenvolvimento das fases imaturas de <i>Sitophilus zeamais</i> em pêssego cv. Eldorado: Oviposição (A, B); formação de galeria na polpa de pêssego (C); larva (D); larva em último instar (E, F); pupa (G, H). Temperatura de 25±2 °C, umidade relativa de 70±10% e fotofase de 14h.....	95
Figura 2	. Ilustração da oviposição e desenvolvimento das fases imaturas de <i>Sitophilus zeamais</i> em maçã cv. Eva: Oviposição (A e B); local de oviposição (C); ovos (D); larva (E); formação de galeria na polpa de maçã (F, G); larva em último instar (H); pupa (I, J). Temperatura de 25±2 °C, umidade relativa de 70±10% e fotofase de 14h.....	96
Figura 3	Curvas de sobrevivência de fêmeas e machos de <i>Sitophilus zeamais</i> mantidos por 1, 2, 4, 8 e 16 dias sobre pêssego. Temperatura de 25±2 °C, umidade relativa de 70±10% e fotofase de 14h. Curvas identificadas com as mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste log rank.....	97
Figura 4	Curvas de sobrevivência de fêmeas e machos de <i>Sitophilus zeamais</i> mantidos por 1, 2, 4, 8 e 16 dias sobre maçã. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotofase de 14h. Curvas identificadas com as mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste log rank.....	98
Figura 5	Curvas de sobrevivência de fêmeas e machos de <i>Sitophilus zeamais</i> mantidos por 1, 2, 4, 8 e 16 dias em grãos de milho. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotofase de 14h. Curvas identificadas com as mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste log rank.....	99

Artigo 4

- Figura 1 Cromatogramas de voláteis coletados em Pêssego cv. Eldorado verde (A); Pêssego cv. Eldorado maduro (B); Maçã cv. Eva verde (C); Maçã cv. Eva madura (D) através de aeração e eluídos em solvente hexano..... 117
- Figura 2 Porcentagem total de escolhas de *Sitophilus zeamais* aos voláteis quando testados frente ao solvente (controle). Tratamentos: pêssego verde; pêssego maduro; maçã verde; maçã madura e milho (substrato alimentar primário). (*) Diferença significativa pelo teste Qui-quadrado ($P < 0,05$)..... 118
- Figura 3 Porcentagem total de escolhas de *Sitophilus zeamais* aos voláteis quando testados frente ao hospedeiro primário (milho). Tratamentos: pêssego verde; pêssego maduro; maçã verde; maçã madura e milho (substrato alimentar primário). (*) Diferença significativa entre o tratamento e milho pelo teste Qui-quadrado ($P < 0,05$)..... 119

Artigo 5

- Figura 1 Curva s de sobrevivência de *Sitophilus zeamais* submetidos ao contato com frutos de pessegueiro tratados com agrotóxicos em condições de laboratório. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14h. Curvas identificadas com as mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste log rank..... 141

Sumário

1	Introdução geral	19
2	Artigo 1 – Flutuação populacional de <i>Sitophilus zeamais</i> (Coleoptera: Curculionidae) em pomares de pessegueiro e macieira na região de Pelotas no estado do Rio Grande do Sul.....	25
	Introdução.....	28
	Material e métodos.....	30
	Resultados e discussão.....	32
	Conclusões.....	40
	Referências.....	41
3	Artigo 2 – Danos diretos e indiretos de <i>Sitophilus zeamais</i> (Coleoptera: Curculionidae) em pêsego.....	53
	Introdução.....	55
	Material e métodos.....	57
	Resultados e discussão.....	62
	Conclusões.....	68
	Referências.....	68
4	Artigo 3 – Oviposição e desenvolvimento de <i>Sitophilus zeamais</i> (Coleoptera: Curculionidae) em pêsego e maçã.....	77
	Introdução.....	79
	Material e métodos.....	81
	Resultados e discussão.....	84
	Conclusões.....	90
	Referências.....	91
5	Artigo 4 – Respostas comportamentais de <i>Sitophilus zeamais</i> (Coleoptera: Curculionidae) a voláteis de pêsego e maçã.....	102
	Introdução.....	104
	Material e métodos.....	106
	Resultados e discussão.....	109
	Conclusões.....	112
	Referências.....	113

6 Artigo 5 – Avaliação da persistência de agrotóxicos em pomares de pessegueiro visando o controle de <i>Sitophilus zeamais</i> (Coleoptera: Curculionidae).....	122
Introdução.....	124
Material e métodos.....	126
Resultados e discussão.....	128
Conclusões.....	134
Referências.....	135
7. Conclusões gerais.....	143
8. Referências.....	146
Apêndice.....	148

1 - Introdução geral

A produção de frutas de clima temperado como o pêsego (*Prunus persicae*), a maçã (*Malus domestica*) e a uva (*Vitis labrusca* e *Vitis vinífera*) tem crescido no Brasil, sendo acompanhada por mudanças nos sistemas de produção. Essas mudanças visam dar qualidade as frutas produzidas e ao mesmo tempo a preservação do meio ambiente, buscando atender às novas exigências do mercado consumidor brasileiro e superar as barreiras fitossanitárias impostas pelos países importadores (FACHINELLO et al., 2011).

A adoção destes novos sistemas, como a Produção Integrada de Frutas (PIF) tem possibilitado a produção de frutas de qualidade e a possibilidade de exploração de novos mercados consumidores, por meio da exportação, tendo como exemplo a cultura da macieira.

Entretanto, a fruticultura enfrenta sérios problemas fitossanitários, como os decorrentes do ataque de insetos-praga, os quais podem ser limitantes a adoção do Manejo Integrado de Pragas (MIP), e conseqüentemente a adequação aos novos sistemas de produção.

As técnicas utilizadas na PIF como um todo, favorecem a utilização do MIP para controle das principais pragas, uma vez que de acordo com Farias e Martins (2003) possibilitam um melhor equilíbrio ecológico favorecendo a recuperação e o ressurgimento de organismos benéficos, importantes aliados na luta biológica e na viabilidade de sistemas de produção menos dependentes de insumos químicos, possibilitando dessa forma uma produção ambientalmente correta. Contudo, para a

implementação do MIP, é necessário conhecer aspectos básicos da bioecologia dos insetos-praga.

Neste contexto, destaca-se o gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae), um inseto-praga típico de grãos armazenados (HALSTEAD, 1963), mas que tem sido relatado com frequência, atacando frutíferas de clima temperado, com destaque para o pessegueiro, a macieira e a videira (BOTTON et al., 2005b).

Os danos nos frutos têm sido observados somente no momento da colheita, visto que é na região do pedúnculo, ou de contato entre frutos e com folhas, os locais onde estes insetos-praga se refugiam dificultando sua visualização e controle (SALLES, 1998; BONETTI et al., 1999; BOTTON et al., 2005a).

Em pêssogo, o dano causado pela alimentação dos adultos pode resultar na podridão parda, causada pelo fungo *Monilinia fructicola* (Wint.) (Honey, 1928) (Helotiales: Sclerotiniaceae) sendo esta a principal doença da cultura do pessegueiro (FORTES & MARTINS, 1998). A podridão parda pode ocorrer desde a plena floração, sendo que nesta etapa o patógeno pode abortar a flor e formar cancro no ramo ou infectar a flor e ficar latente no fruto em formação, desenvolvendo-se somente na fase de maturação. Quando há o abortamento da flor, são formados conídios abundantemente, os quais servem de inóculo durante toda a fase de crescimento dos frutos e principalmente na fase de maturação. Estes conídios podem penetrar pela cutícula ou por danos na epiderme dos frutos, colonizando-os de modo muito rápido, principalmente próximo a maturação (MAY DE MIO et al., 2004).

Em grãos de milho, hospedeiros preferenciais de *S. zeamais*, os danos são decorrentes da oviposição, do desenvolvimento das fases imaturas e da alimentação dos adultos. Entretanto, em frutas, apenas há relatos dos danos devido a alimentação da fase adulta, inexistindo informações sobre a oviposição e desenvolvimento das fases imaturas.

Em pêssogo e maçã, os danos relatados são devidos unicamente à alimentação dos adultos, os quais perfuram a casca ocasionando a queda prematura (dano direto) ou propiciando condições favoráveis a infecções fúngicas (dano indireto), depreciando os frutos para o comércio *in natura* (LORENZATO; GRELLMANN, 1987; REIS FILHO et al., 1989; SALLES, 1998).

Na cultura da videira, os adultos de *S. zeamais* ficam refugiados nos cachos e perfuram as bagas, o que propicia a incidência da podridão ácida depreciando a qualidade dos vinhos, além de prejudicar os frutos para comércio *in natura* (BOTTON et al., 2005a).

Em pêssego, os primeiros relatos da ocorrência de *S. zeamais*, mostraram que na região de Pelotas, em média 8% dos pêssegos caídos apresentavam sinais de ataque de *S. zeamais* (SALLES, 1983). Já no início dos anos 2000, GOMES (2003) observou alta intensidade de ataque em pêssegos da cultivar Chimarrita, com médias de frutos danificados de 20,04 e 25,26% nos sistemas de produção convencional (PC) e produção integrada de pêssegos (PIP), respectivamente. Passado quase dez anos observa-se um aumento significativo na perda de frutos de pessegueiro devido ao dano de *S. zeamais*, onde foram observados, nas safras de 2010-2011, pomares com até 35% de pêssegos com dano no momento da colheita.

Tais observações evidenciam o potencial de prejuízo econômico que o *S. zeamais* pode causar, seja pelo dano direto ou indireto, sendo necessária a adoção de medidas de controle para o seu manejo. Não obstante aos problemas específicos, relacionados as perdas na produção devido a danos e dificuldades de controle, a ocorrência de *S. zeamais* nos pomares de pessegueiro, ou mesmo em macieira, pode inviabilizar o MIP, acarretando num impacto negativo nos aspectos econômicos, sociais e ambientais nas regiões produtoras do estado do Rio Grande do Sul (RS).

As informações sobre a bioecologia de *S. zeamais* associado a pomares de pessegueiro e macieira são escassas. Sabe-se apenas, que o momento onde os danos e a presença do gorgulho-do-milho são visualizados pelos produtores é na colheita, no entanto, o inseto pode estar presente no pomar em período anterior a colheita, sendo assim, o conhecimento da flutuação populacional e distribuição de ataque seria fundamental para definir o momento adequado para se utilizar uma ferramenta de controle.

Devido ao fato de *S. zeamais* ter uma relação direta com grãos armazenados, o seu controle deve ser focado primeiramente nos locais de armazenamento de grãos, normalmente localizados próximos aos pomares (SALLES, 1998; BOTTON et al., 2005b), onde ocorre sua reprodução e multiplicação. A prática mais usada no

controle do gorgulho-do-milho nos paióis é a utilização de fumigantes (fosfeto de alumínio e de magnésio) e inseticidas protetores (piretróides e organofosforados) (LORINI, 1999; BENHALIMA et al., 2004).

Contudo, o controle nos locais de armazenamento, embora seja a prática ideal, tem encontrado dificuldades para ser implementada, pois normalmente a maioria dos pequenos agricultores nas regiões produtoras de pêssegos tem a produção e estocagem de milho para manutenção da criação de animais e não se preocupam com a infestação por insetos-praga (BOTTON et al., 2005b), tornando-se desta forma, focos de multiplicação, de onde provavelmente os gorgulhos migram para os pomares de frutíferas.

Como até o momento sabe-se que apenas o inseto adulto é causador dos danos em pêssego e maçã (SALLES, 1998; BONETTI et al., 1999; BOTTON et al., 2005b), as técnicas de manejo devem ser direcionadas para este estágio.

O uso de inseticidas pode ser uma medida de controle curativa, podendo ser realizada no momento em que é detectada a presença dos insetos no pomar. No entanto, são necessários estudos visando determinar o momento em que os gorgulhos migram para os pomares, sendo que, caso comprovada a migração dos insetos em períodos anteriores a época de colheita, seria possível a utilização de inseticidas nesse período, evitando assim problemas relacionados de resíduos nos frutos.

A utilização do controle químico, a exemplo do que é realizado em armazenamento de grãos, é a única alternativa disponível aos agricultores. Contudo, tal método de controle pode apresentar limitações, primeiramente por não haver inseticidas registrados para o manejo deste inseto-praga em frutas (AGROFIT, 2012), e segundo, devido aos períodos de pré-colheita e colheita serem extremamente delicados para a aplicação de produtos químicos, onde não é possível o uso de produtos com grande período de carência. Associado a isto, há poucas informações sobre a eficiência dos inseticidas já utilizados no manejo de insetos-praga em frutíferas de clima temperado para o controle do gorgulho-do-milho em pomares, sendo restrita a eficiência de controle em testes realizados em condições de laboratório (AFONSO et al., 2005).

O controle biológico deve ser uma alternativa preconizada num sistema de MIP, no entanto, no caso do gorgulho-do-milho em pomares, tal método se torna

inviável. Contudo, pode-se prever a utilização do controle biológico em paióis, sendo o ectoparasitóide larval, *Anisopteromalus calandrae* How. 1881 (Hymenoptera: Pteromalidae) uma alternativa, apresentando redução da população de *S. zeamais* em armazenamento de milho (VISARATHANONTH et al., 2010).

Outra opção de controle é o uso de semioquímicos por meio de substâncias atrativas ou repelentes que podem ser uma ferramenta a ser utilizada no manejo deste inseto-praga. Substâncias atrativas podem ser utilizadas tanto para o monitoramento, como em associação com inseticidas, como a isca tóxica. Em gorgulhos do gênero *Sitophilus*, assim como em outros curculionídeos, os machos produzem o feromônio de agregação e este pode ser percebido por ambos os sexos (LANDOLT & PHILLIPS, 1997; LESKEY & PROKOPY, 2000).

A primeira evidência de um feromônio de agregação produzido por machos do gênero *Sitophilus* foi registrada para o gorgulho-do-arroz *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Curculionidae) (PHILLIPS & BURKHOLDER, 1981). Em seguida demonstrou-se a presença em *Sitophilus granarius* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae) o gorgulho do celeiro (FAUSTINI et al., 1982) e *S. zeamais* o gorgulho do milho (WALGENBACH et al., 1983). Em 1984 foi identificado o composto 'Sitofilure' [(4S, 5R)-5-hidroxi-4-metil-3-heptanona] como um feromônio de agregação produzido por machos de *S. oryzae* e *S. zeamais* (SCHMUFF et al., 1984). No entanto, o gorgulho-do-arroz só libera seu feromônio de agregação produzido por machos na presença de substrato alimentar (LANDOLT & PHILLIPS, 1997). Isto evidencia que os voláteis liberados por pêssago e maçã, podem estar relacionados com a interação entre *S. zeamais* e pessegueiro/macieira. Sendo assim, a identificação de tais voláteis, associado as respostas comportamentais do gorgulho, podem vislumbrar a possibilidade de utilização destes compostos em estratégias de monitoramento e controle do gorgulho-do-milho em pomares de pessegueiro e macieira.

Diante do exposto, verifica-se que é necessário o estudo da bioecologia de *S. zeamais* em pomares de pessegueiro e macieira, visando fornecer subsídios para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento e controle. Neste sentido, objetivou-se neste trabalho avaliar a bioecologia e controle de *S. zeamais* em pêssago e maçã, abordando as seguintes etapas: (i) identificar a espécie que ocorre nos pomares utilizados nos estudos e avaliar a dinâmica populacional e distribuição de

ataque em pomares de pêssegueiro (cultivares de ciclo precoce e tardio) e pomar de macieira; (ii) relacionar o ataque do gorgulho-do-milho com danos diretos e indiretos em pêssego; (iii) caracterizar o dano devido a oviposição e avaliar o desenvolvimento de *S. zeamais* em pêssego e maçã; (iv) avaliar as respostas comportamentais de *S. zeamais* aos voláteis emitidos por pêssego e maçã, em dois estádios de maturação, verde e maduro; (v) avaliar a eficiência de controle e persistência de agrotóxicos para o manejo de *S. zeamais* em pomar de pêssegueiro.

2 - Artigo 1: Revista Ciência Rural

Flutuação populacional de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em pomares de pessegueiro e macieira na região de Pelotas no estado do Rio Grande do Sul

**Sandro Daniel Nörnberg^{1,2}; Anderson Dionei Grützmacher¹; Dori Edson Nava²;
José Maurício Simões Bento³; Ângelo Luis Ozelame^{1,2}**

¹Departamento de Fitossanidade, Laboratório de Manejo Integrado de Pragas-LabMIP, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel), Pelotas, RS, Brasil;

²Embrapa Clima Temperado, Laboratório de Entomologia, Pelotas, RS, Brasil;

³Departamento de Entomologia e Acarologia Agrícola, Laboratório de Comportamento de Insetos e Ecologia Química, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, SP, Brasil.

Flutuação populacional de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em pomares de pessegueiro e macieira na região de Pelotas no estado do Rio Grande do Sul

Population dynamic of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in peach and apple orchards at Pelotas on Rio Grande do Sul state

Sandro Daniel Nörnberg; Anderson Dionei Grützmacher; Dori Edson Nava; José Maurício Simões Bento; Ângelo Luis Ozelame

RESUMO

O gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) é um inseto-praga típico de grãos armazenados que tem causado danos também em frutas, principalmente nas regiões de clima temperado, como em pêssigo e maçã. Até o momento, não se dispõe de ferramentas de controle para o manejo deste inseto-praga em pomares. Neste contexto, visando estabelecer um sistema de manejo (monitoramento e controle), o objetivo do trabalho foi estudar a flutuação populacional e a distribuição de ataque nos pomares comerciais de pessegueiro e macieira. A flutuação populacional foi determinada por meio do monitoramento em pomares de pessegueiro de cultivares de dupla finalidade Sensação (ciclo precoce) e Eldorado (ciclo tardio) e cultivar de mesa Eragil (ciclo tardio) e em pomares de macieira da cultivar Eva. O monitoramento foi realizado por meio de armadilhas do tipo Pet-milho e da avaliação de frutos. A distribuição de ataque foi determinada por meio da avaliação de todos os frutos da planta, considerando três terços (superior, mediano e inferior). Os resultados mostram que o ataque de *S. zeamais* ocorre tanto em cultivares precoces como em tardias de pessegueiro, concentrando-se na fase de colheita. Em macieira, o período de ataque (sete semanas) é maior que em pessegueiro (quatro

semanas). No início da infestação dos pomares foi observado um maior número de machos, ocorrendo principalmente nos frutos do terço superior da planta ($> 1,7\text{m}$), sendo em seguida no terço médio, no qual se concentrou o maior número de frutos atacados. Os resultados evidenciam que o início do monitoramento de *S. zeamais* deve ser realizado, na região estudada, a partir de novembro em pêssego e maçã cv. Eva. As armadilhas devem ser colocadas a uma altura de no mínimo 1,70 m, para contemplar o terço superior onde ocorre o início da infestação de *S. zeamais*.

Palavras-chave: flutuação populacional, gorgulho-do-milho, *Malus domestica*, monitoramento, *Prunus persicae*.

ABSTRACT

The maize weevil *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) is a pest of stored grains, however has been related to damage peach and apple fruits. There are no tools available to control this pest in orchards. In this context, to establish a system of management (monitoring and control), we aimed to study the population dynamics and distribution of attack of the *S. zeamais* in peach and apple orchards, and to identify the species found at these sites. The population dynamics was determined by monitoring in peach cultivars “Sensação” (early cycle), “Eldorado” (late cycle) and “Eragil” and apple orchards of the cultivar Eva. Monitoring was carried out using traps named “Pet-milho” and the evaluation of fruits with damage. All insects collected on peach and apple orchards in Pelotas, RS were identified as *S. zeamais*. The attack of *S. zeamais* occurs in both, early and in late cultivars of peach, mainly on the harvesting stage. In apple, the period of attack (seven weeks) is greater than in peach (four weeks). At the beginning of the infestation of orchards is observed a greater number of males, occurring mainly at a height above 1.7 m, and then in the middle height between 1.0 and 1.7 m, in which occur the largest number of damaged fruit during the harvest. The results

show that the onset of monitoring *S. zeamais* in peach cultivars should be held since early cultivars and in apple "Eva", the monitoring should start in November. Traps should be placed at a height of at least 1.70 m, to contemplate the beginning of the infestation of *S. zeamais* in peach and apple orchards.

Key-words: maize weevil, monitoring, seasonal occurrence, *Malus domestica*, *Prunus persicae*.

INTRODUÇÃO

A produção de frutas de clima temperado como o pêssego (*Prunus persica*) e a maçã (*Malus domestica*) tem crescido no Brasil, e tem sido acompanhada por mudanças nos sistemas de produção, visando à qualidade do produto e a preservação do meio ambiente. Essas mudanças visam atender às exigências do mercado consumidor brasileiro e superar as barreiras fitossanitárias impostas pelos países importadores (FACHINELLO et al., 2011).

As culturas do pessegueiro e da macieira são atacadas por insetos-praga da mesma espécie, como a mosca-das-frutas sul-americana *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) e a mariposa-oriental, *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) (SALLES & KOVALESKI, 1990; SALLES, 1998; ARIOLI et al., 2004; NAVA & BOTTON, 2010). O manejo destes insetos-praga possuem sistemas de monitoramento e controle estabelecidos e são utilizados pelos fruticultores (SALLES, 1998; BOTTON et al., 2001; HÄRTER et al., 2010; NAVA & BOTTON, 2010).

Contudo, devido a redução da diversidade biológica em um agroecossistema, insetos-praga de importância secundária podem adquirir status de praga-chave e insetos-praga em outros cultivos podem vir a atacar e se adaptar a outras culturas. Neste contexto, destaca-se o gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) causando danos em frutas de clima temperado. Na literatura tem sido relatada a ocorrência da

espécie *S. zeamais* em pêsego, ameixa, marmelo (SALLES, 1983; 1998; 2003), maçã (LORENZATO & GRELLMANN, 1987; REIS FILHO et al., 1989) e uva (HICKEL & SCHUCK, 2005; BOTTON et al., 2005a).

Na cultura do pessegueiro, o ataque tem sido observado somente no momento da colheita (na primeira coleta de frutos) sendo relatado principalmente em cultivares de pessegueiro de ciclo tardio (SALLES, 1998). Como o pico de ocorrência de *S. zeamais* em pomares tem sido relatado nos períodos de pré-colheita e colheita, o controle com a utilização de inseticidas, único método disponível, pode representar um risco, visto que a aplicação de produtos químicos nesta fase pode ocasionar problemas de resíduos nos frutos e comprometer o sistema de produção integrada de frutas (LIMA et al., 2009; SILVA et al., 2011).

Associado a isso, na região de Pelotas, no estado do Rio Grande do Sul (RS), que é tradicional produtora de pêsegos para indústria, há cultivares com período de colheita iniciando em outubro/novembro e se estendendo até final de janeiro e início de fevereiro contemplando cultivares de ciclo precoce, médio e tardio (RASEIRA & NAKASU, 1998). Essa disponibilidade de cultivares evidencia que o ataque de *S. zeamais* pode ocorrer durante este período, embora, inexistam informações que dão suporte a esta hipótese. Da mesma forma, não há informações científicas que comprovem que o ataque do gorgulho-do-milho seja restrito ao período de colheita das frutas.

A macieira, devido ao desenvolvimento de cultivares com pouca exigência em horas de frio (de 100 a 450 unidades de frio), como a cultivar Eva (HAUAGGE & TSUNETTA, 1999), tem se estendido para regiões não tradicionais, como a de Pelotas, onde *S. zeamais* é considerado uma praga do pessegueiro (SALLES, 1998; 2003). Neste sentido, o presente trabalho, teve por objetivo estudar a infestação de *S. zeamais* em pomares comerciais de pessegueiro e macieira, localizados na região de Pelotas, RS, visando: (i) identificação da(s)

espécie(s) de gorgulho(s) coletados; (ii) determinação da época de ocorrência do gorgulho nos pomares; e, (iii) determinação da distribuição do ataque nas plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento

Os estudos foram realizados nas safras agrícolas de 2009/10 e 2010/11, em três pomares comerciais de pessegueiro e um de macieira, localizados no município de Pelotas, RS (Tabela 1).

Coleta e identificação dos insetos

Em cada área experimental foi realizada uma amostragem da população de gorgulhos, sendo coletados insetos em armadilhas e frutos, os quais foram armazenados em álcool 70% e encaminhados ao laboratório para posterior identificação. A identificação foi feita pelo professor Dr. Germano H. Rosado Neto, do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná com base na classificação proposta por ALONSO-ZARAZAGA & LYAL (1999) e BOUCHARD et al. (2011).

Dinâmica populacional de *S. zeamais* em pomares de pessegueiro e macieira

A dinâmica populacional de adultos de *S. zeamais*, foi determinada com o uso de armadilhas do tipo Pet-milho, conforme descrito para o monitoramento do gorgulho-do-milho na cultura da videira (HICKEL & SCHUCK, 2008), iscadas com atrativo alimentar (~100 gramas de grãos de milho). Foram utilizadas dez armadilhas por pomar, as quais foram distribuídas de maneira equidistante, contemplando bordas e centro, sendo posicionadas nas plantas a uma altura de 1,7 m do solo. O atrativo alimentar foi substituído a cada três semanas de avaliação, ou quando foi verificado presença de umidade excessiva devido a precipitações.

Durante todo o período de avaliação das armadilhas, também foram amostrados 20 frutos por planta, com armadilha Pet-milho instalada, totalizando 200 frutos avaliados por semana em cada pomar.

As avaliações nas armadilhas e nas plantas foram realizadas semanalmente, contando-se os gorgulhos capturados nas armadilhas e observando-se os frutos quanto a danos e gorgulho. Cada área experimental (pomar) foi delimitada em cinco subáreas para disposição das armadilhas e seleção das plantas, sendo instaladas duas armadilhas e selecionadas duas plantas em cada subárea, totalizando dez armadilhas e dez plantas de cada pomar.

A dinâmica populacional de adultos de *S. zeamais*, em cada pomar foi demonstrada graficamente em cada ano, plotando-se o número de gorgulhos capturados.semana⁻¹ em função do tempo.

Distribuição de ataque de *S. zeamais* em pessegueiro e macieira

A distribuição de ataque dos adultos de *S. zeamais* foi realizada na cultivar de pessegueiro Eldorado (cultivar com histórico de ataque na área estudada) e em macieira cultivar Eva (única cultivada na região de estudo). No momento em que se registrou a captura dos primeiros gorgulhos em armadilhas e/ou a ocorrência em frutos, as plantas foram estratificadas em três alturas, sendo o terço inferior a altura até 1 metro a partir do solo, terço médio entre 1,0 m e 1,70 m e o terço superior a porção da copa da planta acima de 1,70 m, independentemente da altura das plantas. Para cada altura registrou-se o número de frutos atacados e o número de gorgulhos por fruto, sendo realizada uma amostragem dos gorgulhos encontrados em frutos e armadilhas, visando identificar o momento de entrada do inseto no pomar, bem como a razão sexual média dos gorgulhos durante o período de ataque.

Os dados foram testados quanto à normalidade e homocedasticidade e submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) de probabilidade utilizando o programa SAS (SAS INSTITUTE, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificação dos insetos

Do total de insetos coletados, nas duas safras, em cada pomar, 100% dos espécimes foi identificado como *Sitophilus zeamais*. Esse resultado corrobora as observações realizadas anteriormente, onde somente a ocorrência desta espécie foi relatada em frutas de caroço como em pêsego, ameixa e nectarina (SALLES, 1983), em maçã (BONETTI et al., 1999) e em uva (BOTTON et al., 2005a; HICKEL & SCHUCK, 2005).

No Brasil há relatos da ocorrência de duas espécies de *Sitophilus*, o gorgulho-do-arroz *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Curculionidae) e o do gorgulho-do-milho *S. zeamais*, os quais são muito similares morfológicamente e ambas podem ocorrer simultaneamente nos grãos hospedeiros (GALLO et al., 2002).

A região de Pelotas, RS, além de ser a principal região produtora de pêsegos, possui a maior área de beneficiamento e armazenamento de arroz do Brasil e, portanto, *S. oryzae* que infesta os locais de armazenamento poderia migrar para os pomares de pessegueiro, fato este não observado no presente trabalho.

A ocorrência somente de *S. zeamais* em pomares de pessegueiro na região de Pelotas pode ser entendida, em parte, devido a maior frequência desta espécie em grãos de milho (LORINI & SCHNEIDER, 1994) que são os cereais mais encontrados em pequenas propriedades rurais nas regiões produtoras de pêsego e que em muitos casos não é armazenado (SALLES, 1998; BOTTON et al., 2005b).

Outro aspecto importante pode estar relacionado à maior atividade de voo que *S. zeamais* apresenta em relação a *S. oryzae* (VÁSQUEZ-CASTRO et al., 2009). Tal comportamento é citado por estes mesmos autores com relação ao alimento, sendo que os gorgulhos criados em milho apresentaram maior atividade de voo do que os gorgulhos criados

em arroz, evidenciando desta forma a influência do alimento sobre a capacidade de voo dos insetos.

A hipótese de que haveria a possibilidade de formação de um ecótipo de *S. zeamais* que ataca frutas de clima temperado foi levantada por SALLES (1998) e carece de estudos comportamentais e de caracterização molecular de populações provenientes de regiões com e sem histórico de ataque.

Dinâmica populacional de *S. zeamais* em pomares de pessegueiro e macieira

Nos pomares de pessegueiro, pode-se observar que, independente do ano de avaliação e ciclo de produção, o início do ataque de *S. zeamais* ocorre entre uma e duas semanas anteriores ao pico de colheita (Figuras 1 e 2). Já em macieira o período de maturação dos frutos se estende por um período maior, de aproximadamente quatro semanas, dependendo das condições climáticas e a colheita depende da demanda por comercialização.

O período de ocorrência de *S. zeamais* no pomar de macieira se deu por sete avaliações (semanas) (Figuras 1 e 2) o que correspondeu ao período superior ao de colheita de frutos nos anos avaliados, indicando que o ataque em maçã pode ocorrer em período e que os frutos estão verdes, diferentemente do que ocorre em pêssago, onde concentra-se na época em que predominam frutos maduros.

Na cultivar Sensação observaram-se as menores capturas de gorgulhos em armadilhas, com pico máximo de 38 gorgulhos na safra 2009/10 (Figura 1) e de 23 gorgulhos na safra de 2010/11 (Figura 2). O período de colheita da cultivar Sensação ocorreu na última quinzena de novembro em ambos anos do estudo, demonstrando que *S. zeamais* pode migrar para os pomares a partir do mês de novembro, onde as temperaturas médias diárias ainda tendem a ser menores. No primeiro ano de estudo, a temperatura média diária no início da infestação foi de 21,4°C, enquanto que no segundo ano foi de 18,9°C. Tais informações podem auxiliar no entendimento dos resultados, visto que a infestação foi maior no primeiro

ano, onde houve maior temperatura média diária, indo de encontro as informações de que as condições climáticas, como a temperatura, tem forte influência na atividade de voo de *S. zeamais* (WILLIAMS & FLOYD, 1970), e portanto pode ser um fator com influencia na migração deste inseto-praga para os pomares.

Associado a temperatura, a precipitação é outro fator climático importante, sendo que a precipitação acumulada (no primeiro ano de estudo) na semana da avaliação em que os primeiros gorgulhos migraram para o pomar foi de 24 mm enquanto que no segundo ano de estudo foi de 108 mm.

Na cultivar Eldorado, de ciclo tardio, com período de colheita entre final de dezembro e início de janeiro, observou-se captura de *S. zeamais* em armadilhas Pet-milho maior do que na cultivar Sensação, tendo o pico máximo de 55 gorgulhos na safra 2009/10 (Figura 1), enquanto que na safra de 2010/11 o máximo capturado foi de 142 gorgulhos (Figura 2). Esse resultado era esperado, visto que a literatura faz referência ao ataque do gorgulho-do-milho em cultivares de ciclo tardio, principalmente no mês de janeiro, época em que supõe-se que, devido a falta de alimento, os gorgulhos migram dos paióis (ou locais de armazenamento de grãos de milho) em busca de uma fonte alimentar alternativa (SALLES, 1998; 2003; BOTTON et al., 2005b). Neste período, as temperaturas médias diárias no início da infestação foram de 24,1 e 25,6°C para o primeiro e segundo ano de estudo, respectivamente, enquanto que a precipitação acumulada foi de 7,2 e 7,6 mm, respectivamente. A média de frutos com danos (%) no início da colheita foi de 28% no primeiro ano e 38% no segundo ano (Figuras 1 e 2).

A cultivar de pessegueiro Eragil, com finalidade para consumo *in natura* e de ciclo tardio, tem período de colheita no final de janeiro, onde as temperaturas médias diárias são superiores, e nos anos de avaliação variaram entre 24,1 e 27,2°C nas semanas de colheita, o que pode ser um fator que influencia no número de captura de gorgulhos nas armadilhas. A

média de frutos com danos (%) foi próxima, sendo 24% no primeiro ano e 26% no segundo ano (Figuras 1 e 2). A captura em armadilhas, diferentemente do observado nos pomares Sensação e Eldorado, apresentou, além de um pico máximo de captura de 51 gorgulhos na safra 2009/10 (Figura 1) e 54 gorgulhos na safra de 2010/11, também a captura em avaliação anterior de 41 gorgulhos (safra 2009/10) e em avaliações posteriores, com 37 e 46 gorgulhos (safra 2010/11) (Figuras 1 e 2).

Na cultura da macieira foi observada uma elevada infestação de *S. zeamais* no segundo ano de estudo (2010/11), sendo que no momento da colheita mais de 40% dos frutos apresentavam danos ocasionados pelo gorgulho na região de contato entre os frutos e pedúnculo. Neste período de avaliação as condições climáticas apresentavam baixa precipitação acumulada (1,6 mm) e elevada temperatura média diária (27,3°C). Associado a isto, foi verificado que neste ano o produtor não havia realizado um raleio adequado, deixando muitos frutos, o que propiciou condições adequadas para o refugio e ataque do gorgulho. Outro aspecto observado neste período de avaliação se deu ao fato de que a maior infestação do gorgulho ocorria nas plantas polinizadoras, os quais apresentavam menor espaço entre o pedúnculo e o ramo de macieira. Tal aspecto, propiciava o refúgio dos gorgulhos nesta região da fruta, sendo encontrado uma média de 6 gorgulhos por fruta, superior ao normalmente encontrado, que é uma média de 2 a 4 gorgulhos/fruta.

A captura em armadilhas Pet–milho apresentou um pico máximo de 60 gorgulhos no primeiro ano (2009/10) e no segundo ano (2010/11) dois picos consecutivos de 63 e 62 gorgulhos, duas semanas anteriores ao pico de colheita.

O total de gorgulhos capturados em armadilhas, em ambos os anos de estudo, foi superior nas cultivares de pessegueiro tardio (Eldorado e Eragil) e em macieira cv. Eva (Figuras 1 e 2). A maior ocorrência do gorgulho em frutos de cultivares de pessegueiro de

ciclo tardio e com período de ataque na colheita corroboram as observações prévias realizadas por SALLES (1983).

A preferência de ataque de *S. zeamais*, em frutos maduros pode ser devido a diversos fatores. As condições climáticas são fatores importantes para a bioecologia deste inseto-praga, no entanto, acredita-se não ser o fator condicionante ao ataque neste estágio de maturação, visto que mesmo na cultivar precoce Sensação, onde a temperatura média diária é menor que em janeiro (cultivares tardias), o ataque concentrou-se em frutos maduros.

Neste sentido, fatores relacionados aos frutos devem ser considerados, como a composição química e características físicas, visto que os frutos, em decorrência do processo de amadurecimento tendem a perder a coloração verde da casca, devido à degradação da clorofila e, simultânea ou posteriormente a este fenômeno, ocorre a síntese e acréscimo na concentração de carotenóides, que são os pigmentos predominantes nos pêssegos maduros (EREZ & FLORE, 1986) ou antocianinas em maçã, enquanto que os compostos fenólicos decrescem com o amadurecimento.

Os compostos fenólicos constituem um grupo de metabólitos secundários que exerce papel importante nas plantas, como a proteção a fatores bióticos e abióticos (HAHLBROCK & SCHEEL, 1989). Em insetos-praga, esses compostos presentes nas plantas podem atuar como inibidores digestivos ou produtores de radicais livres (APPEL, 1993).

Além dos compostos fenólicos, a textura também é uma característica muito importante por que está diretamente ligada a resistência ao transporte, conservação e resistência ao ataque de insetos e patógenos (AWAD, 1993). Neste sentido, as características físico-químicas dos frutos, bem como os fitoquímicos, como os carotenoides, os fenóis e as antocianinas, necessitam ser estudadas, visando avaliar sua relação com o ataque de *S. zeamais* somente no estágio maduro de pêssegos e maçãs (Figuras 1 e 2).

Distribuição de ataque *S. zeamais* em pessegueiro e macieira

Em pessegueiro cv Eldorado e macieira cv. Eva, o ataque de *S. zeamais*, inicia no terço superior das plantas, a uma altura superior a 1,7 m (Figura 3). Na primeira semana em que foi detectado a presença de gorgulhos nos pomares, a avaliação mostrou que dos frutos atacados (Apêndice A e B), 80% encontravam-se no terço superior da planta, diferindo significativamente do terço médio, em pessegueiro e macieira (Figura 3). Nas três avaliações posteriores foi possível observar uma maior proporção de frutos atacados na região mediana da planta, sendo em pêsego maior a partir da segunda avaliação e persistindo até a última avaliação, enquanto que em macieira foi superior a partir da terceira avaliação (Figura 3).

Ao observar a porcentagem total de frutos com danos durante o período de ataque (quatro e cinco semanas para pêsego e maçã, respectivamente), verificou-se que na cultura da macieira não houve diferença significativa entre o terço superior (> 1,7m) e o médio das plantas (entre 1,0 e 1,7m), enquanto que na cultura do pessegueiro, verificou-se maior proporção de frutos com dano no terço médio (entre 1,0 e 1,7m), diferindo significativamente na quantidade de frutos com dano nos terços superior e inferior (< 1,0 m) (Figura 3).

Durante o período de ataque em pessegueiro cv. Eldorado e macieira cv. Eva, coletou-se os insetos presentes nos frutos e armadilhas e através da sexagem, observou-se que no início da infestação (primeira semana com ataque), a razão sexual foi baixa, indicando que os primeiros insetos a chegarem nos pomares são predominantemente os machos. No decorrer do período, houve um aumento na proporção de fêmeas, chegando-se a uma razão sexual na faixa de 0,5 quando consideramos o total de insetos coletados (Figura 4).

A utilização de armadilha do tipo Pet-milho, iscadas com grãos de milho, para o monitoramento de *S. zeamais* em pomares de macieira e pessegueiro pode ser considerado eficaz, visto que as mesmas foram instaladas a uma altura de 1,70 m e puderam detectar o início de ataque em ambas as safras avaliadas, independente da cultivar (Figuras 1 e 2).

Contudo, é necessário a continuidade dos estudos visando a identificação de um atrativo mais eficiente que os grãos de milho, visto que apesar de dispor de uma grande quantidade de armadilhas por área (dez armadilhas) observou-se uma grande quantidade de gorgulhos nos frutos, evidenciando que o atrativo utilizado nas armadilhas deve apresentar maior atratividade aos gorgulhos. Atualmente, não se dispõe no mercado de insumos agrícolas, de armadilhas e atrativos reconhecidamente eficiente o que dificulta o estabelecimento de um método de monitoramento e controle.

O indicativo de que os primeiros gorgulhos encontrados nos pomares são predominantemente machos (Figura 4) evidencia o comportamento que ocorre normalmente em insetos que se utilizam do feromônio de agregação, onde os machos migram em busca de um substrato adequado para alimentação e reprodução, sendo que ao encontrar um ambiente adequado, liberam o feromônio de agregação para atração dos coespecíficos. A função primária para a produção de feromônio de agregação dos insetos machos é atrair coespecíficos para vencer as possíveis defesas do hospedeiro e por isso, os acasalamentos por meio da mediação de feromônios de agregação apresentam uma importância secundária (MOREIRA et al., 2005).

Esse comportamento é característico da família Curculionidae, onde os machos produzem o feromônio de agregação e este pode ser percebido pelas fêmeas e/ou também outros machos, sendo observado em pelo menos 21 espécies (EVANS & BERGERON 1994).

Contudo, na maioria das espécies de curculionídeos a liberação e/ou atração só ocorre na presença da planta hospedeira (LANDOLT & PHILLIPS, 1997; LESKEY & PROKOPY, 2000). LESKEY & WRIGHT (2004) concluíram que a presença de voláteis de macieira apresentou um significativo impacto sobre a resposta dos insetos nas armadilhas de monitoramento, indicando que esses compostos emitidos pelas plantas, especialmente após a formação dos frutos, são mais atrativos do que somente a utilização do feromônio. Nos

gorgulhos tal comportamento foi observado para *S. oryzae* que só libera seu feromônio de agregação na presença do substrato alimentar (LANDOLT & PHILLIPS, 1997).

Neste contexto é possível que o mesmo comportamento ocorra na interação entre *S. zeamais* e os frutos de pessegueiro e macieira, sendo os voláteis emitidos pelos frutos os mediadores dessa interação.

A utilização do feromônio de agregação isoladamente em armazenamento de grãos tem sido eficiente, entretanto, para o monitoramento em condições de campo não tem sido eficaz (HODGES et al., 1998). Estudos conduzidos em laboratório tem demonstrado que voláteis emitidos por grãos hospedeiros são atrativos a *S. zeamais* (UKEH et al., 2010), contudo ainda faltam informações sobre quais compostos presentes nos voláteis de grãos são os responsáveis pela atratividade. LIKHAYO & HODGES (2000) testaram a utilização de grãos de milho associados a “Sitofilure” no monitoramento de *S. oryzae* e *S. zeamais* em armazenamento de grãos e em condições de campo, e observaram efeito sinérgico de grãos e o feromônio, capturando mais gorgulhos do que a utilização do feromônio isolado. Tal efeito sinérgico de grãos e “Sitofilure”, foi relatado previamente, em testes comportamentais em laboratório (WALGENBACH et al., 1987; TREMATERRA & GIRGENTI, 1989).

A baixa eficiência de “Sitofilure” no monitoramento em condições de campo, se deve a características comportamentais e fisiológicas dos gorgulhos. É relatado que *S. zeamais* somente dispersa dos grãos armazenados após cinco dias de idade (KIRITANI, 1959) e respondem ao feromônio de agregação preferencialmente até uma semana de idade (WALGENBACH & BURKHOLDER, 1986). Neste sentido, fica evidenciado que há um curto espaço de tempo entre a idade dos gorgulhos que respondem ao feromônio e a idade em que migram para o campo, o que pode explicar a alta eficiência no monitoramento em armazenamento e baixa eficiência em campo.

Neste contexto, visando dar bases para o desenvolvimento de medidas de controle e monitoramento de *S. zeamais* em pomares, torna-se necessário o estudo das características físico-químicas dos frutos, bem como a identificação do perfil de voláteis liberados pelos frutos, visando relacioná-los ao período de ataque de *S. zeamais*. Tais resultados podem auxiliar na identificação de compostos atrativos a serem utilizados em um sistema de monitoramento e controle (isca tóxicas), sendo portanto, estudos necessários a serem realizados posteriormente.

CONCLUSÕES

O gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* é a única espécie encontrada em pomares de pessegueiro e macieira na região de Pelotas, RS;

A ocorrência de *S. zeamais* se dá tanto em cultivares precoces como nas tardias de pessegueiro, sendo que o pico de ataque se concentra na fase de colheita, sendo no mês de novembro/dezembro para a cv. Sensação, janeiro para a cv. Eldorado, janeiro/fevereiro para a cv. Eragil e para maçã cv. Eva o pico se dá no mês de janeiro.;

Na cultura da macieira, o período de ataque é de sete semanas, enquanto que em pessegueiro é de três a quatro semanas;

O início do ataque de *S. zeamais* em pessegueiro e macieira se dá nos frutos do terço superior da planta (>1,7 m);

Os gorgulhos machos são os primeiros a infestar os pomares de pessegueiro e macieira em relação às fêmeas.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de doutorado e ao Prof. Dr. Germano H. Rosado Neto, do departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná, pela identificação de *Sitophilus zeamais*.

REFERÊNCIAS

- ALONSO-ZARAZAGA, M.A.; LYAL, C.H.C. A World catalogue of families and genera of Curculionoidea (Insecta: Coleoptera)(excepting Scolytidae and Platypodidae). 1999. 315p.
- APPEL, H.M. Phenolics in ecological interactions: the importance of oxidation. **Journal of Chemical Ecology**, v.19, p.1521-1552, 1993.
- ARIOLI, C.J. et al. Controle químico da *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) na cultura do pessegueiro. **Ciência Rural**, v.34, p.1695-1700, 2004.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 111 p.
- BONETTI, J.I.S. et al. **Manual de identificação de doenças e pragas da macieira**. Florianópolis: Epagri, 1999. 149p.
- BOTTON, M. et al. Ocorrência de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) danificando a cultura da videira no Rio Grande do Sul. **Neotropical Entomology**, v.34, p.355-356, 2005a.
- BOTTON, M. et al. O gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) como praga em frutíferas de clima temperado. Circular Técnica. Embrapa Uva e Vinho, 2005b.
- BOTTON, M. et al. Monitoramento da mariposa oriental *Grapholita molesta* (Busck, 1916) na cultura do pessegueiro. Bento Gonçalves: Embrapa/CNPUV, 2001. 4 p. (Embrapa-CNPUV. Comunicado Técnico, 38).

- BOUCHARD, P. et al. Family-group names in Coleoptera. **Zookeys**, v.88, p.1-972, 2011.
- EREZ, A.; FLORE, J.A. The quantitative effect of solar radiation on 'Redhaven' peach fruit skin color. **HortScience**, v.21, p.1424-1426, 1986.
- EVANS, K.A.; BERGERON, J. Behavioral and electrophysiological response of cabbage seed weevils (*Ceutorhynchus assimilis*) to conspecific odor. **Journal of Chemical Ecology**, v.20, p.979-989, 1994.
- FACHINELLO, J.C. et al. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.esp., p.109-120, 2011.
- GALLO, D. et al. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.
- HAHLBROCK, K.; SCHEEL, D. Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism. **Annual Review in Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 40, p. 347-369, 1989.
- HÄRTER, W. et al. Isca tóxica e interrupção sexual no controle da mosca-da-fruta sul-americana e da mariposa-oriental em pessegueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.229-235, 2010.
- HAUAGGE, R.; TSUNETTA, M. "IAPAR 75 – Eva", "IAPAR 76 – Anabela" e "IAPAR 77 – Carícia" – Novas cultivares de macieira com baixa necessidade em frio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.21, p.239-242, 1999.
- HICKEL, E.R.; SCHUCK, E. Pet-milho: armadilha para o monitoramento do gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), em parreirais. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.21, p.51-54, 2008.
- HICKEL, E.R.; SCHUCK, E. Infestação e danos do gorgulho-do-milho em videira. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.18, p.49-52, 2005.

- HODGES, R.J et al. The response of *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae) and *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) to pheromone and synthetic maize volatiles as lures in crevice and flight traps. **Bulletin of Entomological Research**, v.88, p.131-139, 1998.
- KIRITANI, K. Flying ability and some of the characteristics associated with it in *Calandra*. **Japanese Journal of Ecology**, v.9, p.69-74, 1959.
- LANDOLT, P.J.; PHILLIPS, T.W. Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects. **Annual Review of Entomology**, v.42, p.371-391, 1997.
- LESKEY, T.C.; PROKOPY, R.J. Sources of apple odor attractive to adult plum curculios (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Chemical Ecology**, v.26, p.639-653, 2000.
- LESKEY, T.C.; WRIGHT, S.E. Influence of host tree proximity on adult plum curculio (Coleoptera: Curculionidae) responses to monitoring traps. **Environmental Entomology**, v.33, p.389-396, 2004.
- LIMA, C.A.B et al. Diagnóstico da exposição ocupacional a agrotóxicos na principal região produtora de pêsego para a indústria do Brasil. **Ciência Rural**, v.39, p.900-903, 2009.
- LIKHAYO, P.W.; HODGES, R.J. Field monitoring *Sitophilus zeamais* and *Sitophilus oryzae* using refuge and flight traps baited with syntetic pheromone and cracked wheat. **Journal of Stored Products Research**, v.36, p.341-353, 2000.
- LORENZATO, D.; GRELLMANN, E.O. Resistência de maçãs, em dezesseis cultivares comerciais de macieiras (*Malus domestica* Bork), frente ao ataque do gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae). **Agronomia Sulriograndense**, v.23, p.3-10, 1987.
- LORINI, I.; SCHNEIDER, S. **Pragas de grãos armazenados**: resultados de pesquisa. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, (EMBRAPA- CNPT. Documentos). 1994, 48p.
- MOREIRA, M.A.B. et al. Feromônios associados aos coleópteros-praga de produtos armazenados. **Química Nova**, v.28, p.472-477, 2005

- NAVA, D.E.; BOTTON, M. Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* em pessegueiro. Pelotas, RS, Embrapa Clima Temperado, 29p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 315). 2010.
- PHILLIPS, T.W. Semiochemicals of stored product insects: research and applications. **Journal of Stored Products and Research**, v.33, p.17–30, 1997.
- RASEIRA, M.C.B.; NAKASU, B.H. Cultivares: Descrição e recomendação. In: MEDEIROS, C.A.B.; RASEIRA, M.C.B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa-SPI; Pelotas: Embrapa-CPACT, 1998, p.29-99.
- REIS FILHO, W. et al. Gorgulho do milho é praga da macieira em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 2, p. 52-53, 1989.
- SALLES, L.A.B. Do milho as frutas. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, n.17, p.10-11, 2003.
- SALLES, L.A.B. Principais pragas e seu controle. In: MEDEIROS, C.A.B.; RASEIRA, M.C.do. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa-CPACT, 1998. p.206-242.
- SALLES, L.A.B. **Ataque do gorgulho do milho em pêsego**. Pelotas, RS: EMBRAPA - UEPAE, 1983. 3p. (EMPRAPA - UEPAE. Pesquisa em Andamento).
- SALLES, L.A.B.; KOVALESKI, A. Moscas-das-frutas em macieira e pessegueiro no Rio Grande do Sul. **Hortisul**, v.1, p.5-9, 1990.
- SAS Institute. **Getting Started with the SAS learning edition**. Cary, NC: SAS I.Inc. 2002.
- SILVA, S.J.P. et al. Apropriação tecnológica da produção integrada de pêsegos na região de Pelotas no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.41, p.1667-1673, 2011.
- TREMATERRA, P.; GIRGENTI, P. Influence of pheromone and food attractants on trapping of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae): a new trap. **Journal of Applied Entomology**, v.108, p.12-20, 1989.
- UKEH, D.A. et al. Behavioural responses of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, to host (stored-grain) and non-host plant volatiles. **Pest Management Science**, v.66, p.44–50, 2010.

VÁSQUEZ-CASTRO, J.A. et al. Flight activity of *Sitophilus oryzae* (L) and *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) and its relationship with susceptibility to insecticides. **Neotropical Entomology**, v.38, p.405-409, 2009.

WALGENBACH, C.A.; BURKHOLDER, W.E. Factors affecting the response of maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), to its aggregation pheromone. **Environmental Entomology**, v.15, p.733-738, 1986.

WALGENBACH, C.A. et al. Laboratory trapping studies with *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v.80, p.763-767, 1987.

WALGENBACH, C.A. et al. Male-produced aggregation pheromone of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, and interspecific attraction between three *Sitophilus* species. **Journal of Chemical Ecology**, v.9, p.831–841, 1983.

WILLIAMS, R.N.; FLOYD, E.H. Flight habits of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. **Journal of Economic Entomology**, v.63, p.1585-1588, 1970.

Tabela 1. Localização e características das áreas experimentais para os estudos de flutuação populacional de *Sitophilus zeamais*. Pelotas, RS, Safras 2009/10/11.

Pomar/Cultivar	Coordenadas	Idade (anos)	Área (ha)	Colheita*	Ciclo	Mercado
Pessegueiro cv. Sensação		8	1,5	Novembro	Precoce	Dupla finalidade
Pessegueiro cv. Eldorado		10	1,2	Dez/Jan	Tardio	Dupla finalidade
Pessegueiro cv. Eragil		6	1,0	Janeiro	Tardio	Mesa
Macieira cv. Eva		6	2,0	Jan/Fev	Precoce	Mesa

*Períodos referentes as safras agrícolas de 2009/10 e 2010/11.

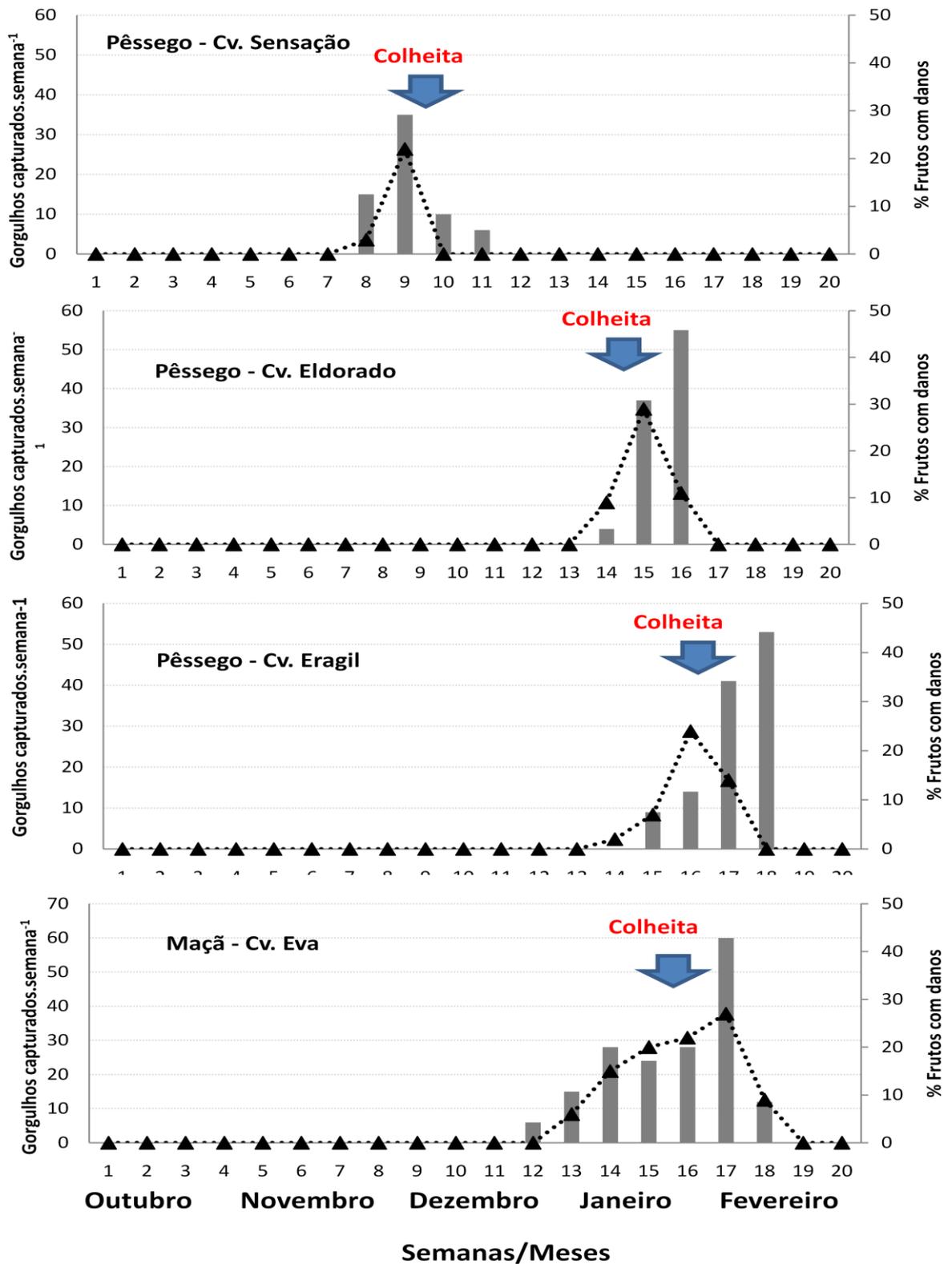


Figura 1. Número de gorgulhos capturados em armadilhas Pet-milho (barras) e percentagem de danos (linha) de *Sitophilus zeamais* em frutos de pessegueiro, das cultivares Sensação, Eldorado e Eragil e macieira cultivar Eva. Pelotas, RS, Safra 2009/10.

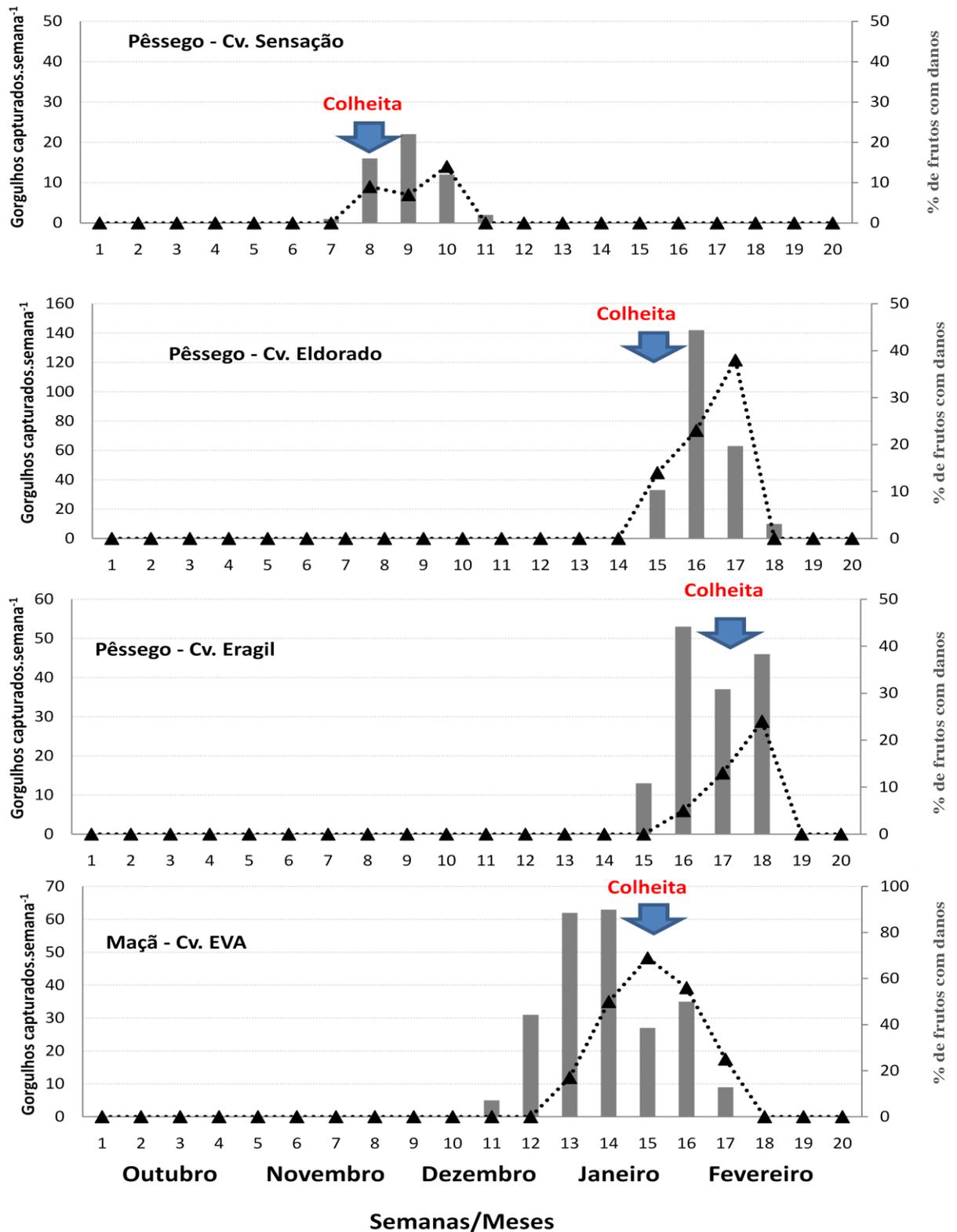


Figura 2. Número de gorgulhos capturados em armadilhas Pet-milho (barras) e percentagem de danos (linha) de *Sitophilus zeamais* em frutos de pessegueiro, das cultivares Sensação, Eldorado e Eragil e de macieira cultivar Eva. Pelotas, RS, Safra 2010/11.

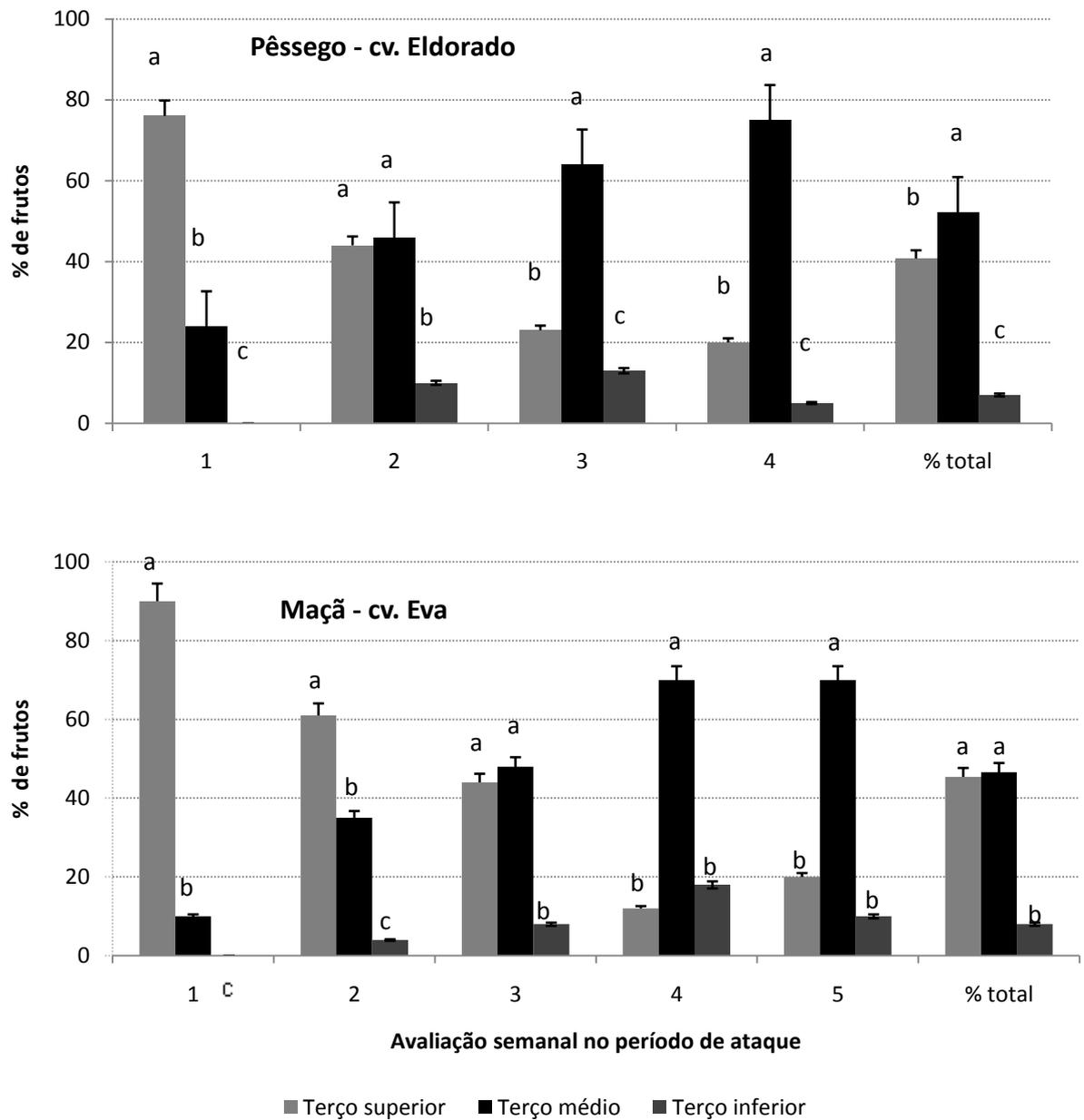


Figura 3. Distribuição de frutos danificados por *Sitophilus zeamais* em plantas, de pessegueiro cultivar Eldorado e macieira cultivar Eva, durante o período de ataque. Barras indicadas pela mesma letra minúscula entre as semanas de avaliação não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância. Pelotas, RS, Safra 2010/11.

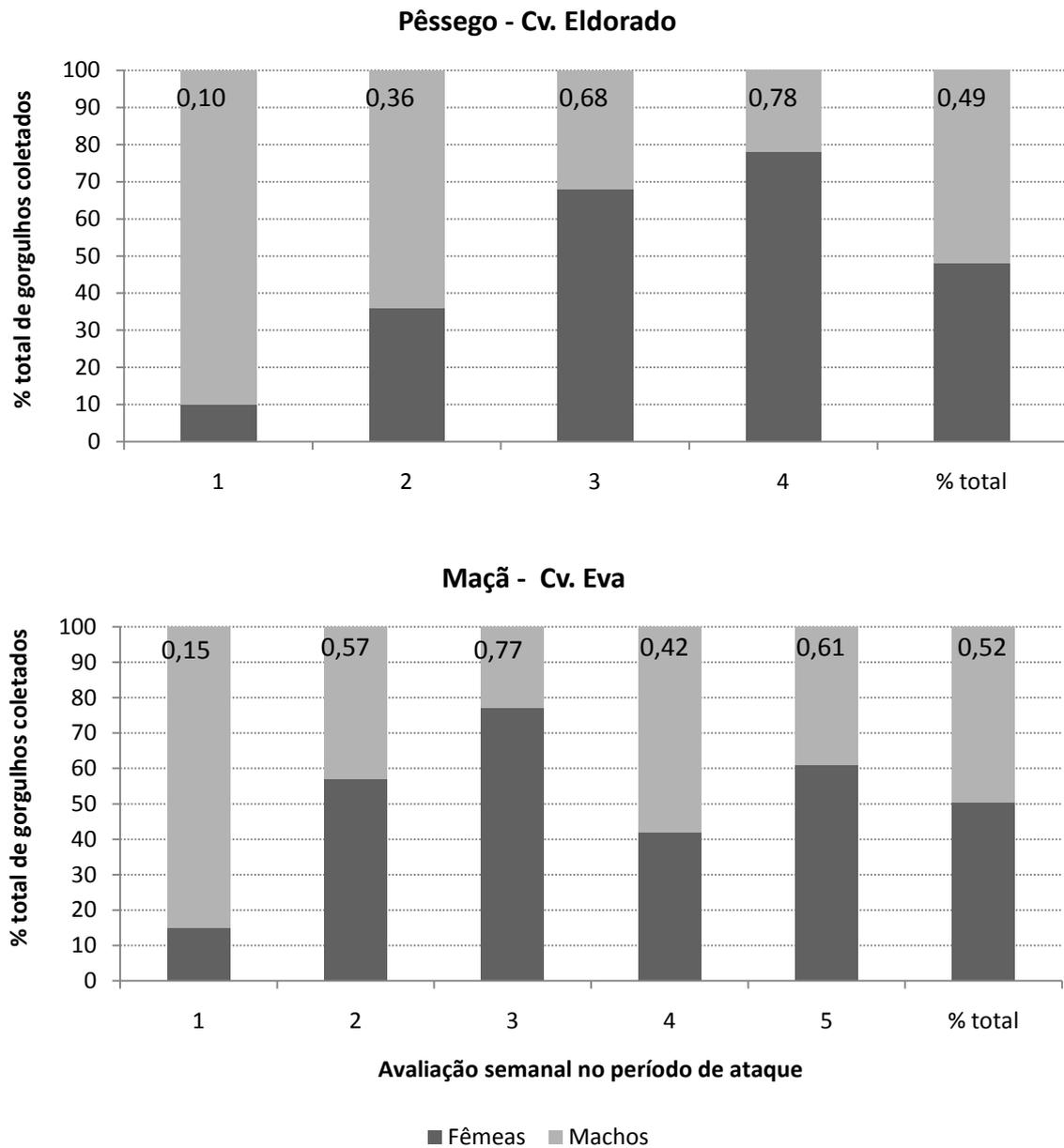


Figura 4. Porcentagem total de adultos, fêmeas e machos, e razão sexual de *Sitophilus zeamais*, capturados em armadilhas Pet-milho em pomar de pessegueiro cultivar Eldorado e macieira cultivar Eva. Pelotas, RS, Safra 2010/11.

3 - Artigo 2: Revista Ciência Rural

Danos diretos e indiretos de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em pêssego

**Sandro Daniel Nörnberg^{1,2}; Anderson Dionei Grützmacher¹; Dori Edson Nava²;
José Maurício Simões Bento³; Ângelo Luis Ozelame^{1,2}; Lucas Kuhn Hübner^{1,2}**

¹Departamento de Fitossanidade, Laboratório de Manejo Integrado de Pragas-LabMIP, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel), Pelotas, RS, Brasil;

²Embrapa Clima Temperado, Laboratório de Entomologia, Pelotas, RS, Brasil;

³Departamento de Entomologia e Acarologia Agrícola, Laboratório de Comportamento de Insetos e Ecologia Química, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, SP, Brasil.

Danos diretos e indiretos de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em pêsego**Direct and indirect damage of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in peach****Sandro Daniel Nörnberg; Anderson Dionei Grützmacher; José Maurício Simões Bento;****Dori Edson Nava; Ângelo Luiz Ozelame; Lucas Kuhn Hübner****RESUMO**

O gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) é um inseto-praga que vem causando prejuízos na cultura do pessegueiro e ainda não tem um sistema de manejo estabelecido. Até o momento, não há relatos científicos sobre a magnitude dos danos em frutos de pessegueiro, bem como a relação entre os danos diretos e indiretos nos frutos. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi verificar o potencial de danos de *S. zeamais* na queda e incidência de podridão parda em pêsego. Primeiramente avaliou-se a relação entre os danos devido a alimentação dos gorgulhos em pêsego, relacionando o período de permanência e a densidade de gorgulhos nos frutos, através de infestação artificial dos frutos em condições de campo, em pomar da cultivar Magno (ciclo tardio), em dois estádios de maturação, verde (estádio onde não foi observado ataque em condições de campo) e maduro (estádio em que ocorre o ataque nos pomares). Os tratamentos consistiram na interação entre maturação (frutos verde e frutos maduros), densidade de insetos (0, 1, 2, 4 e 8 insetos por gaiola) e dias de exposição do fruto aos insetos (1, 2, 4 e 8 dias). Um segundo trabalho foi realizado visando avaliar o efeito dos danos causados pela alimentação de *S. zeamais* na evolução da podridão parda em frutos de pessegueiro, sendo avaliado em condições de campo. Os resultados mostraram diferenças entre pêsegos verdes e maduros, onde em condições de infestação artificial, em frutos verdes

os danos devido a alimentação foram em menor grau quando comparados aos frutos maduros. O tempo de permanência dos gorgulhos sob os frutos, bem como a densidade de insetos, influenciou diretamente os danos diretos e indiretos em pêsego, sendo que quanto maior o número de gorgulhos no fruto, menor é o tempo necessário para o início da queda e da incidência da podridão parda. A presença de um inseto durante dois dias se alimentando em pêsego maduro pode favorecer a queda de 50% dos frutos enquanto que em frutos verdes observou-se um máximo de 40% de queda de frutos somente com oito gorgulhos durante oito dias em contato com os frutos. Os danos provocados pela alimentação *S. zeamais* e por meios mecânicos, associados à presença de *Monilinia fructicola*, favorecem a ocorrência da podridão-parda em frutos de pessegueiro em condições de campo.

Palavras-chave: gorgulho-do-milho, *Monilinia fructicola*, injúrias, podridão parda, *Prunus persica*.

ABSTRACT

The maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) is an insect pest that has caused losses in peach crops and has not established a management system. To date, no scientific reports on the extent of damage in peach fruits, as well as the relationship between direct and indirect damage during storage. In this sense, the objective of this study was to assess the damage potential of the maize weevil in the fall and incidence of brown rot of peach fruits. First evaluated the relationship between the feeding damage by weevils in the peach, correlating the period when the density of the fruit weevils, infested by fruits in the field. The fruits of peach cultivar “Magno” (late cycle) were studied at two maturation stages, green (stage where no attack was observed under field conditions) and mature (stage at which the attack occurs in the orchards). The treatments consisted in the interaction between maturation (green and ripe fruits), insect density (0,1,2,4 and 8 insects per

cage) and days of exposure of the fruit to insects (1,2,4 and 8 days) . We evaluated the influence of treatments on direct damages (falling fruit) and indirect (brown rot) caused by the fungus *Monilinia fructicola*. A second study was conducted to evaluate the effect of damage caused by feeding *S. zeamais* in the evolution of brown rot in peach fruit, being evaluated in field conditions. The results showed differences between green and ripe peaches, where in conditions of artificial infestation in green fruit damage due to power were a lesser extent when compared to the ripe fruit. The residence time of the weevils in the fruits, as well as the density of insects, directly influenced the direct and indirect damage in peach, and the greater the number of weevils in the fruit, the lower the time required for the onset of fall and the incidence of brown rot. The presence of an insect feeding two days in ripe peach may facilitate the fall of 50% fruit while in green fruit was observed up to 40% fruit drop only eight weevils for eight days in contact with the fruit. The damage caused by feeding *S. zeamais* and mechanically associated with the presence of *M. fructicola*, favor the occurrence of brown rot in peach fruits in field conditions.

Key-words: maize weevil, *Monilinia fructicola*, injuries, brown rot, *Prunus persicae*.

INTRODUÇÃO

A fruticultura de clima temperado tem uma grande importância econômica nos três Estados do sul do Brasil, onde se destaca a cultura do pessegueiro, com 27.370 hectares cultivados, sendo o Estado do Rio Grande do Sul (RS) o principal produtor, responsável por 65,1% da produção nacional (FACHINELLO et al., 2011). A área de concentração da produção de pêssegos no RS está situada em quatro regiões: Serra Gaúcha, Campanha, Alto Vale Uruguai e Zona Sul, sendo que na região de Pelotas, na Zona Sul, encontra-se o maior pólo de produção de pêssegos destinados a indústria, abastecendo todo o mercado interno (MADAIL et al., 2007).

A cultura do pessegueiro tem sido atacada por um complexo de pragas, onde destaca-se a podridão parda, causada pelo fungo *Monilinia fructicola* (Wint.) (Honey, 1928) (Helotiales: Sclerotiniaceae), sendo esta a principal doença do pessegueiro. O fungo ataca flores, folhas e ramos, entretanto, é na flor e no fruto que este patógeno é mais agressivo. Os conídios são disseminados por vento, água e insetos, atingindo os frutos, nos quais podem penetrar pela cutícula ou por ferimentos, causando inicialmente manchas pardas pequenas e circulares, colonizando-os de modo rápido, principalmente se próximos à maturação (MAY DE MIO et al., 2004).

Dentre os fatores que favorecem a infecção de frutos, destacam-se os danos causados por insetos-praga, como as moscas-das-frutas *Anastrepha fraterculus* Wiedemann 1830 e *Ceratitis capitata* Wiedemann 1824 (Diptera: Tephritidae), a mariposa oriental, *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) e o gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae), (SALLES, 1998; BOTTON et al., 2001; AFONSO et al., 2002; TIBOLA et al., 2005; NAVA & BOTTON, 2010). Neste sentido, a redução da incidência da podridão parda em pomares de pessegueiro pode ser auxiliada pela redução de danos causados pelos insetos-praga.

Esses insetos-praga, além de favorecer a incidência da podridão-parda, destacam-se por seus danos diretos aos frutos. Neste contexto destaca-se *S. zeamais*, um inseto-praga típico de grãos armazenados, que tem merecido atenção devido ao aumento observado na ocorrência deste inseto-praga nos últimos anos, principalmente na fase de colheita (BOTTON et al., 2005b) e tem sido relatado como possível responsável pelo aumento na incidência de doenças em pêssago (SALLES, 1998), maçã (BONETTI et al., 1999) e em cachos de uva (BOTTON et al., 2005a; HICKEL & SCHUCK, 2005).

Na fase de colheita, a podridão parda se expressa com maior intensidade, pois as condições climáticas nesse período, normalmente, coincidem com as condições ideais ao

patógeno (MAY DE MIO et al., 2004). Somado a isso, até o momento o que tem sido relatado é que a propensão à ocorrência do gorgulho-do-milho também é nessa fase (SALLES, 1998; BOTTON et al., 2005b; NÖRNBERG et al., 2009), o que evidencia que *S. zeamais* pode ser responsável por grandes perdas em pomares de pessegueiro.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os danos diretos e indiretos provocados por *S. zeamais* em pêssego.

MATERIAL E MÉTODOS

Relação entre a densidade de *S. zeamais* e os danos diretos e indiretos em pêssego

O trabalho foi realizado em pomar comercial de pessegueiro, cv. Magno, localizado no município de Canguçu, RS (31°32'19"S; 52°23'47"O; altitude 392m). Foram selecionadas e identificadas previamente, de forma aleatória, 20 plantas, as quais estavam localizadas em área sem aplicação de agrotóxicos por um período de duas semanas anteriores ao início do estudo.

As infestações artificiais dos frutos foram realizados com gorgulhos, com idade de 7 a 14 dias, obtidos da criação de manutenção de *S. zeamais* do Laboratório de Entomologia da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Os insetos foram criados em grãos de milho para desenvolvimento larval até a emergência dos adultos, sendo que os gorgulhos que deram início a criação foram coletados em frutos infestados em pomares comerciais de pessegueiro em Pelotas, RS, no ano de 2008, e desde então, foram adicionadas a cada ano novos insetos coletados na mesma região.

Os frutos de pessegueiro foram isolados em gaiolas de tecido *voile* diretamente na planta, sendo um fruto por gaiola, com o propósito de garantir as mesmas condições para todos os tratamentos e também para impedir possíveis danos por outros insetos-praga. As gaiolas foram confeccionadas com tecido *voile* e uma estrutura de arame de aço (12 cm de

diâmetro) evitando assim o contato do tecido com o fruto. Cada extremidade da gaiola possuía uma abertura, as quais permitiam a liberação e retirada dos gorgulhos, bem como a avaliação dos danos. Tais aberturas eram fechadas com auxílio de fitas de tecido TNT (Tecido Não Tecido) de diferentes cores, identificando visualmente cada tratamento.

Os frutos permaneceram em contato com os gorgulhos por períodos pré-definidos, de 1, 2, 4 e 8 dias, sob infestação artificial de 0, 1, 2, 4 e 8 gorgulhos, sendo dessa forma os tratamentos a interação entre tempo de infestação e quantidade de gorgulhos. O bioensaio foi conduzido em dois estádios de maturação, verde e maduro, totalizando 20 tratamentos com 10 repetições, sendo um total de 400 frutos, sendo o tratamento testemunha constituído de frutos sem infestação.

As avaliações foram feitas após a retirada dos gorgulhos das gaiolas, de acordo com cada tratamento e consistiu na observação e registro dos danos, diretos e indiretos, causados pelo gorgulho do milho, *S. zeamais*, nos frutos.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três fatores cruzados: maturação (frutos verde e frutos maduros), densidade de insetos (0,1,2,4 e 8 insetos por gaiola) e dias de exposição do fruto aos insetos (1,2,4 e 8 dias), resultando num fatorial completo 2 x 5 x 4, com 10 repetições de cada combinação. As variáveis analisadas foram: 1- dano no fruto (variável categórica, sendo 0=ausência de dano e 1=presença de dano); 2- grau do dano no fruto (0=ausência de dano, 1=dano leve, 2=dano médio, 3=dano severo); 3- queda do fruto (variável categórica, sendo 0=ausência de queda e 1=queda do fruto); 4- podridão do fruto (variável categórica, sendo 0=ausência de podridão e 1=podridão do fruto).

Os dados do efeito da relação entre a densidade de *S. zeamais* e o período (dias) sobre os frutos foram demonstrados graficamente, plotando-se a percentagem total de danos, de queda e incidência de podridões nos pêssegos submetidos aos tratamentos

Influência dos danos diretos de *S. zeamais* sobre a evolução da podridão parda

Os bioensaios foram realizados em pomar comercial de pessegueiro (cultivar de mesa, Eragil, de ciclo tardio com histórico de ataque de insetos-praga e incidência de podridão parda), localizado na Colônia Santa Maria, no município de Pelotas – RS (latitude 31°37'23'' S e longitude 52°36'16''W), na safra de 2008/2009 e no Laboratório de Entomologia da Embrapa Clima Temperado.

Os frutos foram individualizados em gaiolas de tecido *voile* diretamente na planta. Após a escolha dos frutos, baseado na ausência prévia de danos e estágio de maturação, foi atribuído a estes, de forma aleatória, os tratamentos. Uma amostra de frutos foi utilizada para determinação do ponto de maturação através da caracterização físico-química. Os tratamentos foram constituídos por frutos de pessegueiro, sendo: Frutos sem dano (testemunha) (FS); Frutos sem dano+inoculação de esporos de *M. fructicola* (FSF); frutos com dano mecânico (DM); Frutos com dano mecânico+inoculação de esporos de *M. fructicola* (DMF); Frutos com dano de *S. zeamais* (DG); Frutos com dano de *S. zeamais*+inoculação de esporos de *M. fructicola* (DGF).

Nos frutos dos tratamentos DM e DMF os danos artificiais foram realizados, na região peduncular, com auxílio de um alfinete entomológico tamanho 00 (40mm de comprimento e 0,30mm de diâmetro), o qual foi submetido a uma assepsia com álcool 70%, para evitar uma possível contaminação entre os frutos.

Para os tratamentos DG e DGF foram utilizados 20 insetos adultos da criação de manutenção com idade de 7 a 14 dias, por repetição, os quais foram mantidos sem alimento por um período de 48h anteriores ao início do bioensaio.

O fungo *M. fructicola* foi obtido por meio de frutos infectados e/ou mumificados de pessegueiro provenientes de pomares comerciais da região de Pelotas-RS, os quais foram encaminhados ao Laboratório de Diagnóstico Fitossanitário do Departamento de

Fitossanidade, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Os isolados foram cultivados em meio batata-dextrose-ágar (BDA) em temperatura de 22°C sob luminosidade alternada (12h) até o aparecimento de colônias bem definidas do fungo. Após sete dias, foi feita repicagem também para o meio BDA, até a obtenção de colônias puras. Utilizaram-se esporos de colônias com 10 dias. A identificação do patógeno foi realizada através da análise visual das características morfológicas e observações microscópicas.

A suspensão de esporos foi preparada adicionando-se água destilada e esterelizada diretamente sobre as colônias fúngicas e, com o auxílio da alça de Drigalski, foi feita raspagem superficial sobre as colônias. Foi utilizado o espalhante adesivo Tween 80, a 1% para possibilitar uma dispersão mais homogênea dos esporos. A suspensão foi filtrada em tecido gaze esterelizada e, com o auxílio de uma câmara de Neubauer foi ajustada a concentração do fungo de 2×10^6 esporos/mL.

A aplicação das suspensões de esporos foi realizada via pulverização nos frutos com pulverizadores manuais de plástico (580mL) da marca Guarany[®] calibrados para depositar $1,75 \pm 0,25$ mg de calda cm^{-2} de superfície.

Após 12h da inoculação, foram realizados os danos mecânicos e liberação dos insetos, nos respectivos tratamentos. Os frutos referentes aos tratamentos sem inoculação do fungo foram pulverizados somente com água destilada.

O bioensaio realizado em condições de laboratório foram conduzidas paralelamente, sendo os tratamentos submetidos da mesma forma que em condições de campo e mesmo numero de repetições. Os frutos foram colhidos e imediatamente encaminhados ao Laboratório de Entomologia, sendo lavados com água destilada e em seguida submetidos a desinfecção em água com hipoclorito de sódio a 2% por 1 minuto, sendo posteriormente enxaguados com água destilada e secos a temperatura ambiente. Para cada tratamento, foram

utilizados potes plásticos descartáveis (500mL) para acondicionamento individual dos frutos.

As avaliações foram realizadas a 24, 48, 72, 96 e 120 horas após o início do bioensaio, sendo observada a incidência da podridão parda (pelo critério de presença ou ausência de massa micelial) e registrado a evolução de fruto infectado, através da mensuração (com auxílio de um paquímetro) do diâmetro das lesões desenvolvidas após a inoculação nos diferentes tratamentos.

Cada tratamento consistiu de 30 repetições, sendo cada gaiola com um fruto considerado uma repetição, Para diminuir a heterogeneidade entre as unidades experimentais, foram considerados seis grupos (blocos) com duas plantas, baseado na proximidade física e nas características das plantas, sendo assim, foi utilizado o delineamento casualizado em blocos.

Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e à homocedasticidade pelo teste de Hartley. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Os efeitos dos danos (tratamentos) foram avaliados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). A comparação com a testemunha foi realizada pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$) (SAS Institute 2002). O efeito do período (horas) foram avaliados por modelos de regressão linear ($p \leq 0,05$), conforme segue: $Y = a + bx$, em que a: valor máximo estimado para a variável resposta; b: inclinação da reta ou curva; x: tempo de avaliação (horas). Os dados foram analisados considerando o intervalo de confiança de 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Relação entre a densidade de *S. zeamais* e danos diretos e indiretos em pêssego

Os resultados mostraram diferenças evidentes entre pêssego maduro e verde, sendo que no estágio verde (Figura 1) observou-se menor percentagem de frutos com danos e conseqüentemente menor queda de frutos e incidência de podridão enquanto que no estágio

maduro, observou-se maior percentagem de frutos com danos, de queda e incidência de podridão (Figura 2).

A queda de frutos está diretamente relacionada a densidade de gorgulhos e o tempo em que estes permanecem sobre os frutos, sendo que quando um gorgulho permanece por um dia no fruto maduro, observa-se 30% dos frutos com danos devido a alimentação, enquanto que com oito gorgulhos por um dia observa-se 100% dos frutos com danos (Figura 2A).

Na densidade de um gorgulho por fruto, observa-se que após dois dias 50% dos frutos apresentam danos e na densidade de oito gorgulhos, é necessário apenas um dia para que 100% dos frutos apresentem danos.

Ao observar a queda e incidência de podridões em pêssago observa-se que a oito dias, não há diferença significativa entre as densidades (1, 2, 4 e 8) (Figuras 2B e 2C). A permanência de oito dias em contato com os frutos, pode propiciar a queda de 100% dos frutos. A densidade de gorgulhos, também influencia a queda, sendo observado que quando oito gorgulhos permanecem no pêssago por um dia, ocorre uma queda de 50% dos frutos (Figuras 2B), sendo 20% dos frutos com incidência de podridão parda (Figura 2C).

Em frutos verdes, o comportamento observado difere significativamente dos frutos maduros. A primeira observação importante relaciona-se ao fato de que independente da densidade de gorgulhos, não há danos até quatro dias (Figura 1A). Aos quatro e oito dias observou-se os primeiros sinais de alimentação de *S. zeamais*, contudo em percentagem muito baixa, variando de 10 a 20% e 20 a 40%, respectivamente. A maior percentagem de frutos com danos foi observada, 40%, somente aos oito dias na densidade de oito gorgulhos por fruto (Figura 2A). Consequentemente, a queda e incidência de podridão (%) também foram menores (Figuras 1B e 1C) quando comparados aos frutos maduros (Figuras 2B e 2C).

A observação de danos nos tratamentos referentes a frutos verdes aos oito dias, pode ser devido ao processo de amadurecimento dos frutos ao longo de uma semana, visto que o

pêssego possui uma rápida evolução na maturação.

Os resultados demonstram que numa densidade de quatro gorgulhos, que é a quantidade média normalmente encontrada em pêssegos na época de colheita (frutos maduros), num período de um dia pode apresentar 70% de frutos com danos, e por um período de quatro dias a queda de 40% de frutos com incidência de 50% de podridão (Figura 2). Isso demonstra o potencial de prejuízos que este inseto-praga pode ocasionar na cultura do pessegueiro, vindo de encontro com as observações realizadas até o momento (SALLES, 1998).

A preferência de ataque por frutos maduros foi observada em avaliações realizadas em pomares comerciais de pessegueiro desde a década de 80, onde observou-se que o ataque de *S. zeamais* ocorria apenas no período da colheita (SALLES, 1998) o que foi comprovado em monitoramento realizado nos últimos anos (NÖRNBERG, 2012).

O comportamento observado em que os gorgulhos não se alimentam imediatamente de frutos verdes, evidencia que os frutos neste estágio de maturação podem apresentar algum fator físico ou químico de resistência. Sabe-se que os pêssegos em estágio de maturação verde apresentam maiores concentrações de compostos fenólicos, principalmente na casca (MÂNICA-BERTO, 2008) sendo que a concentração varia de acordo com a maturação dos frutos sendo maior em frutos verdes (BETEMPS, 2010). Associado aos compostos fenólicos, outras características físico-químicas dos frutos pode estar relacionada, visto que podem variar durante o processo de maturação.

Em grãos as variações na qualidade nutricional, como teor de açúcares, amido, proteínas, ácidos, e também características físicas como firmeza tem sido relatados como possíveis fatores envolvidos na susceptibilidade e resistência de grãos de milho a *S. zeamais* (GOMEZ et al, 1982; CLASSEN et al., 1990).

Em estudo realizado com grãos de milho suscetíveis e resistentes, observou-se que os compostos fenólicos são responsáveis pelo efeito deterrente em *S. zeamais* (SERRATOS et al., 1987). Os mesmos autores analisaram os grãos de milho e verificaram que o milho resistente apresentava níveis de compostos fenólicos significativamente superior ao milho susceptível, sendo encontrado principalmente no pericarpo dos grãos.

Estudos com dieta artificial contendo ácidos fenólicos demonstraram que a adição de um composto fenólico encontrado em grãos, o ácido ferrúlico, apresentou efeito deterrente de alimentação a *S. zeamais* (GOMEZ et al, 1982). Segundo SCHOONHOVEN et al (1976), a susceptibilidade de grãos de milho a *S. zeamais* aumenta após danos no pericarpo, evidenciando que sua constituição (compostos fenólicos ente outros componentes) podem ser muito importantes na susceptibilidade de grãos de milho ao ataque de *S. zeamais*.

Estas evidências associadas aos resultados observados no presente estudo indicam possibilidade de que em pêsego verde a concentração de compostos químicos, como os fenóis, possam ser os responsáveis pelo comportamento de ataque observado em pomares de pessegueiro, somente na época de colheita e em frutos maduros. Sendo assim, é fundamental a avaliação das características físico-químicas de pêsegos e observar a relação com o ataque de *S. zeamais*.

Influência dos danos diretos de *S. zeamais* sobre a evolução da podridão parda

Os frutos de pêsego, cv. Eragil, utilizados no bioensaio apresentaram as seguintes características físico-químicas: firmeza de polpa de 7,37 lb, acidez titulável de 0,32 % de ácido cítrico e sólidos solúveis totais de 16,1 °Brix.

Os resultados observados indicam uma interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores analisados indicando que a porcentagem de frutos com podridão parda foi dependente do patógeno e do tipo de dano (Tabela 1).

Em relação ao início do desenvolvimento de sintomas da podridão, a 24h não observou-se a ocorrência de frutos com sintomas da podridão-parda (Tabela 1). A podridão se manifestou mais rápido em frutos submetidos a aplicação do fungo associado aos danos mecânicos (DMF) e danos ocasionados por *S. zeamais* (DGF), bem como em pêssago com somente danos de gorgulhos (DG) ou frutos sem danos e com fungos (FSF). Sendo que nestes quatro tratamentos, as primeiras lesões de podridão parda foram observadas 48h após a inoculação, onde observou-se que os tratamentos DMF, DG e DGF diferiram significativamente do tratamento controle (FS), contudo não diferiram entre si (Tabela 1).

A 48h observa-se que a aplicação do fungo foi determinante para o início da podridão, visto que os tratamentos FSF, DMF e DGF manifestaram a doença, enquanto que nos tratamentos sem danos, FS e DM, não observaram-se sinais da podridão, com exceção do tratamento DG (somente gorgulhos) (Tabela 1).

A manifestação da podridão em DG, a 48 h, mesmo na ausência de aplicação do fungo, pode estar relacionada a intensidade dos danos, visto que foram colocados quatro gorgulhos por fruto, os quais realizaram muitos furos na epiderme para alimentação. Tal resultado evidencia que o início da podridão parda pode estar relacionado a densidade de insetos por fruto ou a intensidade de dano no fruto. Ou ainda, pode estar associado a presença de esporos na epiderme dos frutos, algo que não pode ser controlado, visto que o experimento foi desenvolvido em condições de campo.

A partir de 72 h após o início do trabalho (inoculação do fungo e/ou realização dos danos), em todos os tratamentos observou-se frutos com podridão (Tabela 1).

O tratamento DMF mostrou 50 e 73,50 % dos frutos com podridão a 72 e 96 h respectivamente, diferindo significativamente do tratamento controle, FS, e dos demais tratamentos (Tabela 1). Na avaliação a 120 h, os tratamentos DMF, DG e DGF apresentaram 85, 71 e 84,33 dos frutos com podridão parda, não diferindo entre si, contudo sendo

significativamente superior ao tratamento controle, o qual apresentou apenas 8% de frutos com podridão (Tabela 1).

A presença de danos, tanto por *S. zeamais* quanto por meio mecânico associado a aplicação do fungo, parece ser essencial para o estabelecimento da podridão parda, visto que aos cinco dias (120h) após a inoculação, as percentagens de frutos com podridão foi superior a 80 %, não apresentando diferença significativa entre si (Tabela 1). Pode-se observar, que os tratamentos FSF e DM não diferiram significativamente de FS em todas as avaliações, contudo, a 120 h FSF apresentou 29,50 % e DM 14,33% de frutos com podridão (Tabela1), o que pode representar perdas econômicas significativas.

Ao comparar as diferenças entre os períodos de avaliação em cada tratamento, observa-se que FSF ($y=3,35+0,09x$; $R^2=0,91$) e DM ($y=10,63+0,31x$; $R^2=0,94$) apresentaram o comportamento semelhante ao controle (FS) ($y=6,34+0,16x$; $R^2=0,87$) não diferindo significativamente, enquanto que DMF ($y=20,39+0,93x$; $R^2=0,98$). DG ($y=21,07+0,76x$; $R^2=0,87$) e DGF ($y=24,02+0,90x$; $R^2=0,99$) apresentaram diferença significativa entre os períodos de avaliação (horas) (Figura 3).

Em pêssegos, a podridão parda ocorre principalmente no estágio maduro, próximo a colheita, onde há diminuição da resistência mecânica da epiderme (BYRDE & WILLETTS, 1977), sendo assim a epiderme dos frutos ficam mais suscetíveis a danos ocasionados por fatores bióticos e abióticos. Contudo, em pêssego, o fungo pode estar presente na epiderme dos frutos desde os estádios iniciais de desenvolvimento, na forma chamada de infecção latente ou quiescente, podendo se manifestar no momento da maturação ou quando da ocorrência de alguma lesão na epiderme dos frutos (AGRIOS, 1997). A ocorrência de *M. fructicola* em forma latente pode ser de 49,5% em pomares sem utilização de medidas de controle na fase de floração (MONDINO et al., 1997).

DENARDI et al., (2003) estudaram o progresso da podridão-amarga, causada pelo fungo *Glomerella cingulata*, em frutos de diferentes genótipos de macieira, com e sem ferimentos, e verificaram que a doença se estabeleceu mais rapidamente em frutos com ferimentos. A podridão branca causada pelo fungo *Botryosphaeria dothidea* (Moug.) é uma das principais doenças da cultura da macieira, a qual não necessita de ferimentos para causar infecções, entretanto, a presença de danos favorece sua colonização e desenvolvimento em maçãs (BERTON et al., 2006). Em safras com intenso ataque de insetos-praga pode haver um aumento na incidência da podridão branca em maçã, visto que SANTOS et al., (2008) concluíram que ferimentos em frutos de macieira por insetos favorecem o desenvolvimento da doença.

Na cultura da videira foi observado que danos causados pela oviposição de *A. fraterculus* e ferimentos mecânicos favoreceram a penetração de *Botrytis cinerea*, *Glomerella cingulata* e bactérias e leveduras causadoras da podridão-ácida (MACHOTA Jr., 2011).

Fundamentando-se nos dados do presente trabalho, e em trabalhos desenvolvidos em macieira e videira, evidenciam-se o que o controle de agentes que possam promover ferimentos nos frutos poderá reduzir a incidência de doenças em frutos.

Neste contexto, o ataque de *S. zeamais* em pomares de pessegueiro no período de pré-colheita é um fator importante a ser considerado no manejo fitossanitário da cultura do pessegueiro, visto que os danos provocados por este inseto-praga favorecem o estabelecimento e o desenvolvimento da podridão parda, podendo acarretar grandes prejuízos aos produtores. Dessa forma, fica evidente a necessidade de buscar alternativas de controle para o gorgulho-do-milho *S. zeamais* na cultura do pessegueiro.

CONCLUSÕES

Em pêssegos verdes os danos devido a alimentação são em menor grau quando comparados ao frutos maduros;

O tempo de permanência dos gorgulhos sob os frutos, bem como a densidade de insetos, influenciam diretamente os danos diretos e indiretos em pêssego, sendo que quanto maior o número de gorgulhos sob o fruto, menor é o tempo necessário para o início da queda e da incidência da podridão parda;

Danos causados pela alimentação *S. zeamais* e ferimentos mecânicos, associados a presença de *M. fructicola*, favorecem a ocorrência da podridão-parda em frutos de pessegueiro em condições de campo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo auxílio financeiro e bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

AFONSO, A.P.S. et al. Flutuação populacional e danos de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) em sistemas de produção convencional e integrada da cultura do pessegueiro na localidade de Pelotas-RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.8, p.225-229, 2002.

AGRIOS, G.N. Plant diseases caused by fungi. In: **Plant Pathology**, San Diego, 4a ed. Academic Press, p.245-406, 1997.

BERTON, O. et al. Doenças fungicas dos ramos: podridão branca – *Botryosphaeria dothidea* (Moug.) Ces. & De Not. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianopolis: Epagri, 2006. p.567-571.

BETEMPS, D.L. **Caracterização físico-química e fitoquímica de pêssegos da cv. Maciel sobre diferentes porta-enxertos**, 2010. 83f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

BONETTI, J.I.S. et al. **Manual de identificação de doenças e pragas da macieira**. Florianópolis: Epagri, 1999. 149p.

BOTTON, M. et al. Ocorrência de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) danificando a cultura da videira no Rio Grande do Sul. **Neotropical Entomology**, v.34, p.355-356, 2005a.

BOTTON, M. et al. O gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) como praga em frutíferas de clima temperado. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 7p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 58). 2005b.

BOTTON, M. et al. Monitoramento da mariposa oriental *Grapholita molesta* (Busck, 19816) na cultura do pessegueiro. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2001. 4p. (Comunicado Técnico, 38).

BYRDE, R.J.W.; WILLETTS, H.J. Infection. In: **The brown rot of fruit: their biology and control**. Oxford, Pergamon Press, 1977, p.87-110.

CLASSEN, D. Et al. Correlation of phenolic acid content of maize to resistance to *Sitophilus zeamais* in CIMMYT'S collections. **Journal of Chemical Ecology**, v.16, p.301-315, 1990.

DENARDI, F. et al. Resistencia genética a podridão amarga em maçãs, determinadas pela taxa de desenvolvimento da doença em frutos com e sem fermentos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, p.375- 380, 2003.

FACHINELLO, J.C. et al. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.esp., p.109-120, 2011.

GOMEZ, L.A. et al., Influence of nutritional characteristics of selected corn on food utilization by the rice weevil. **Journal of Economic Entomology**, v.76, p.728-732,, 1983.

GOMEZ, L.A. et al., Preference and utilization of maize endosperm variants by the rice weevil. **Journal of Economic Entomology**, v.75, p.363-367, 1982.

HICKEL, E.R.; SCHUCK, E. Infestação e danos do gorgulho-do-milho em videira. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.18, p.49-52, 2005.

MACHOTA Jr., R. **Associação entre injúrias causadas por fêmeas de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) e patógenos causadores de podridões em cachos na cultura da videira em laboratório.** 2011. 66f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MADAIL, J.C.M. et al. Economia do Pêssego no Brasil. In: II SIMPOSIO REGIONAL “TRES FRONTERAS” – ARGENTINA-BRASIL-URUGUAY- EN EL CULTIVO DEL DURAZNERO. 6-8 Nov. 2007 – INIA Las Brujas – Uruguay. Disponível em: <http://www.inia.org.uy/online/files/basesdatos>.

MANICA-BERTO, R. **Influência da interenxertia e dos sistemas de condução nas propriedades funcionais do pêssego.** 2008. 50f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MAY DE MIO, L.L. et al. Doenças de fruteiras de caroço. In: MONTEIRO, L.B. et al. ed. **Fruteiras de caroço: uma visão ecológica**, UFPR, 2004. Curitiba: p.169-221.

MONDINO, P. et al. Detección de infecciones latentes de *Monilinia* sp. sobre frutos verdes de duraznero. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.287, 1997.

NAVA, D.E.; BOTTON, M. Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* em pessegueiro. Pelotas, RS, Embrapa Clima Temperado, 29p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 315). 2010.

NÖRNBERG, S.D. et al. Uso de armadilha PET iscada com milho e feromônio de agregação para o monitoramento de *Sitophilus zeamais* em pessegueiro. In: VI ENCONTRO

BRASILEIRO DE ECOLOGIA QUÍMICA, 2009, Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa: Editora da UFV, 2009. v.1. p.63-63.

SALLES, L.A.B. Do milho as frutas. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, n.17, p.10-11, 2003.

SALLES, L.A.B. Principais pragas e seu controle. In: MEDEIROS, C.A.B.; RASEIRA, M.C.do. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa-CPACT, 1998. p.206-242.

SANTOS, J.P. et al. Incidência de podridão-branca em frutos de macieira com e sem ferimentos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p.118-121, 2008.

SAS Institute. **Getting Started with the SAS Learning Edition**. Cary, NC: SAS I.Inc. 2002.

SCHOONHOVEN, A.V. et al. Conditions modifying expression of resistance of maize kernels of the maize weevil. **Environmental Entomology**, v.5, p.163-168, 1976.

SERRATOS, A. Et al., The factors contributing to resistance of exotic maize populations to maize weevil. **Journal of Chemical Ecology**, v.13, p.751-762, 1987.

TIBOLA, C.S. et al. Manejo de pragas e doenças na Produção Integrada e Convencional de pêssegos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, p.215-218, 2005.

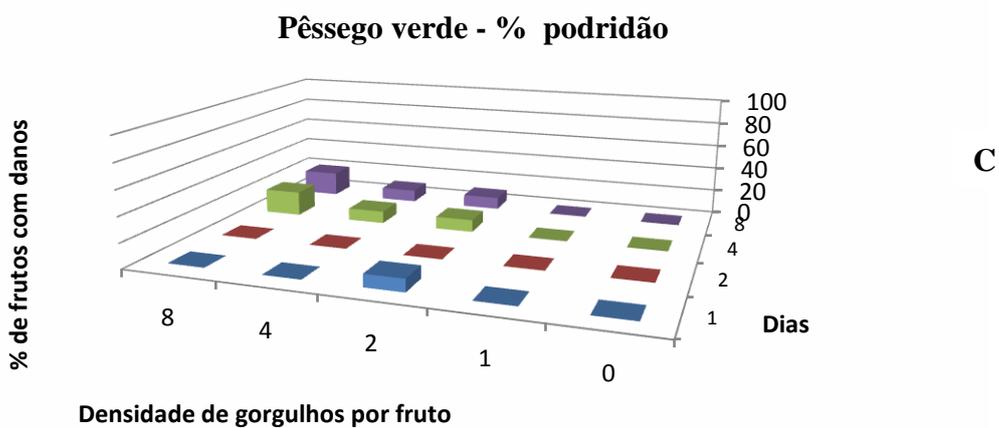
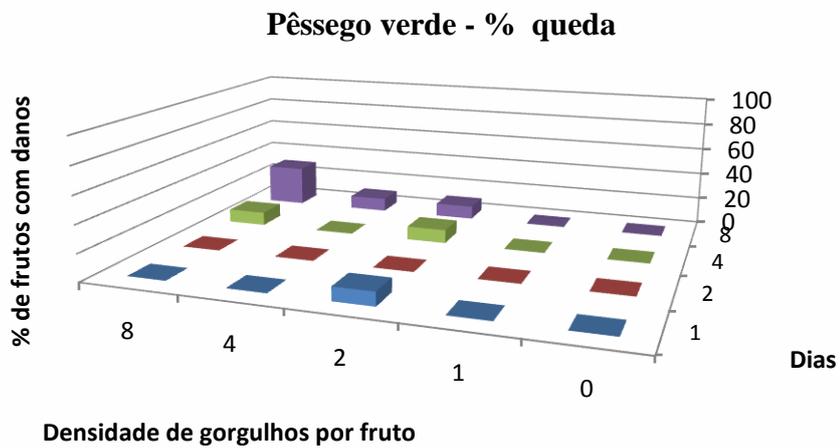
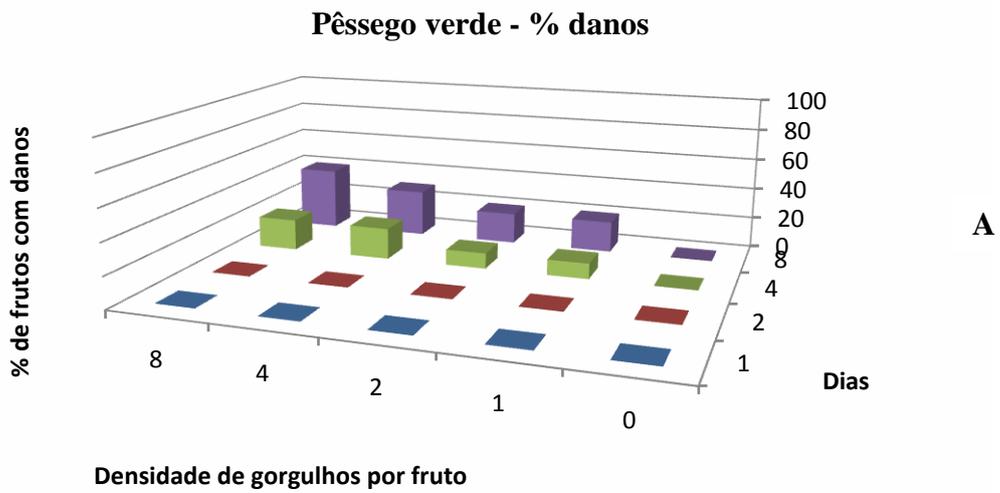


Figura 1. Evolução (%) de danos (A), queda de frutos (B) e incidência de podridão (C) em pêssegos em estágio verde da cv. Magno submetidos a infestação artificial) de *Sitophilus zeamais* (0, 1, 2, 4 e 8) ao longo de 1, 2, 4 e 8 dias em condições de campo. Pelotas, 2009/10.

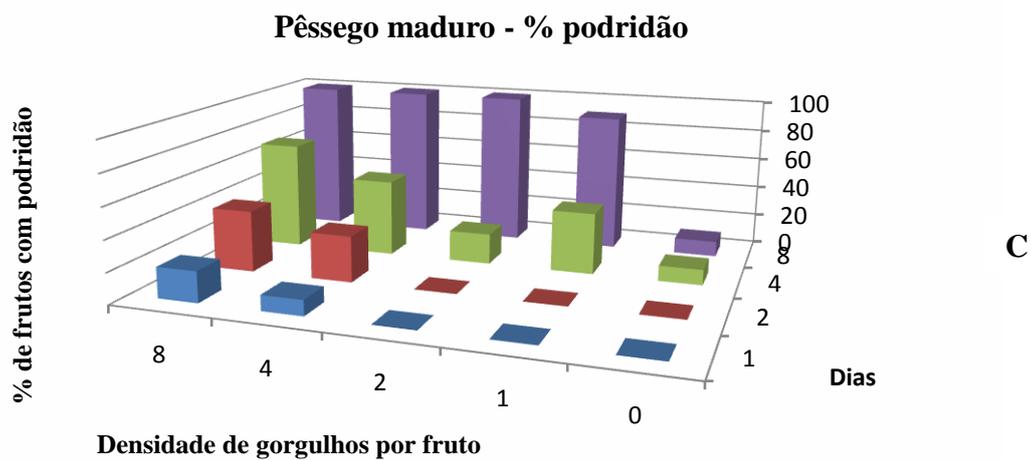
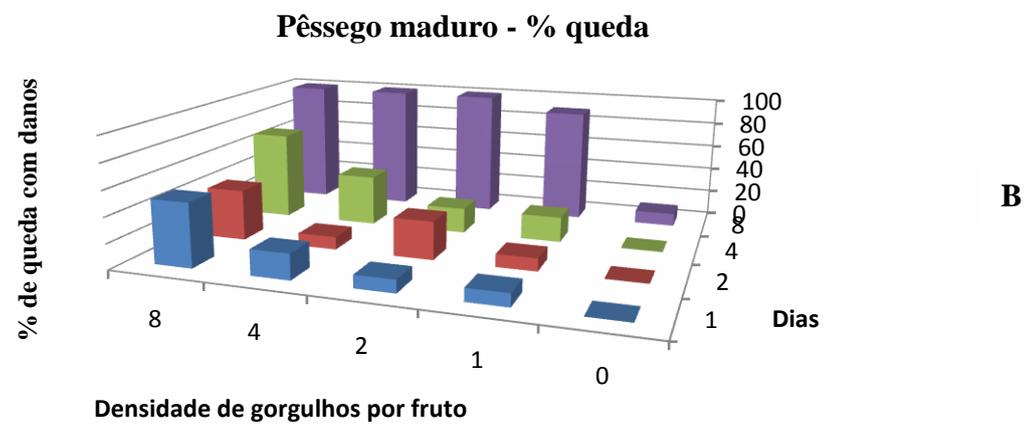
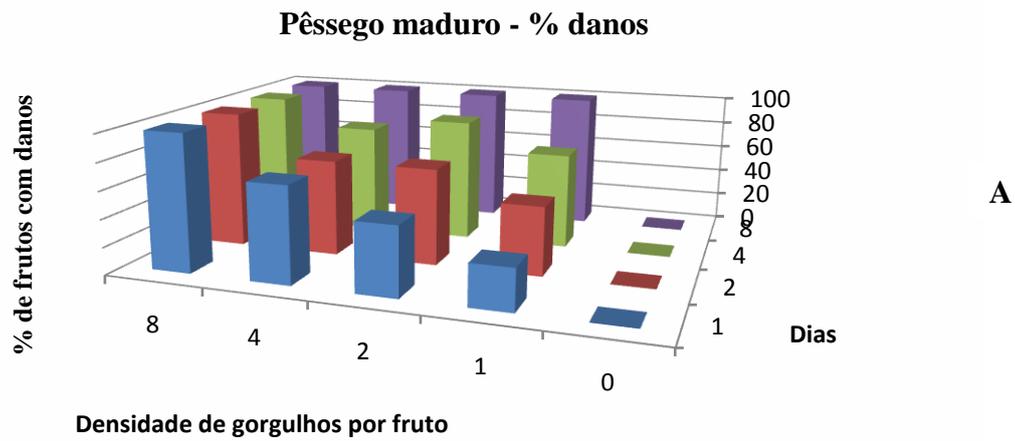


Figura 2. Evolução (%) de danos (A), queda de frutos (B) e incidência de podridão (C) em pêssegos em estágio maduro da cv. Magno submetidos a infestação artificial de *Sitophilus zeamais* (0, 1, 2, 4 e 8) ao longo de 1, 2, 4 e 8 dias em condições de campo. Pelotas, 2009/10.

Tabela 1. Percentual de podridão parda (%) em pêsego, cultivar ‘Eragil’, sob diferentes tratamentos em condições de campo. Pelotas, RS, Safra 2009/10.

Tratamentos	Tempo (horas)				
	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
Fruto sem danos (FS) (Controle)	0,00 A	0,00 b	1,9 c	5,33 d	8,00 c
Fruto sem dano+Fungo (FSF)	0,00 a ^{ns}	2,17 b ^{ns}	8,90 c ^{ns}	17,00 c ^{ns}	29,50 b ^{ns}
Dano mecânico (DM)	0,00 a ^{ns}	0,00 b ^{ns}	1,73 c ^{ns}	9,60 c ^{ns}	14,33 b ^{ns}
Dano mecânico + Fungo (DMF)	0,00 a ^{ns}	20,83 a *	50,00 a *	73,50 a *	85,00 a *
Dano do gorgulho-do-milho (DG)	0,00 a ^{ns}	13,03 a *	30,80 b *	53,50 b *	71,00 a *
Dano do gorgulho-do-milho + Fungo (DGF)	0,00 a ^{ns}	17,20 a *	38,13 ab*	65,20 ab*	84,33 a *

^{1/} Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), comparando os diferentes tratamentos em cada tempo. ^{ns} e * não significativo e significativo, respectivamente, pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$) em função do tratamento, Frutos sem danos (controle).

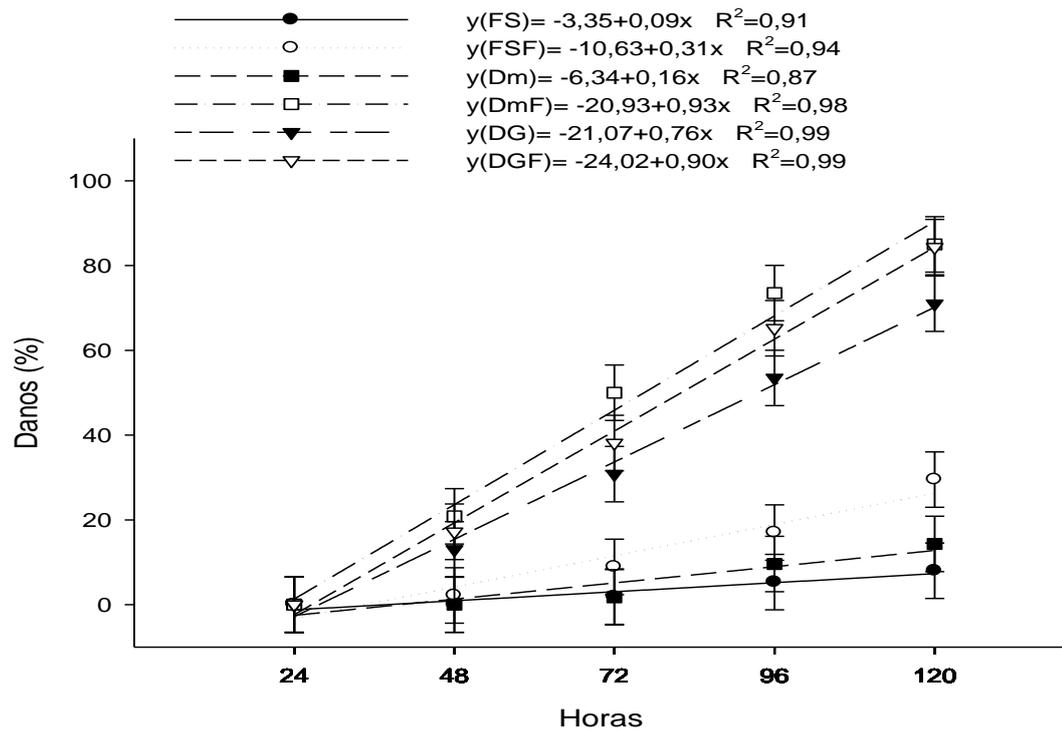


Figura 3. Evolução (%) da podridão parda em pêssgo cultivar Eragil infectados pelo patógeno *Monilinia fructicola* após danos causados por *Sitophilus zeamais* e dano mecânico artificial em condições de campo. Tratamentos: Frutos sem danos (FS); Frutos sem danos+esporos de *M. fructicola* (FSF); Frutos com dano mecânico (DM); frutos com dano mecânico+esporos de *M. fructicola* (DMF); frutos com danos de *S. zeamais* (DG); e frutos com danos de *S. zeamais* +esporos de *M. fructicola*. Pelotas, 2009/10.

4 - Artigo 3: Revista Ciência Rural

**Oviposição e desenvolvimento de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)
em pêssego e maçã**

**Sandro Daniel Nörnberg^{1,2}; Anderson Dionei Grützmacher¹; Dori Edson Nava²;
José Maurício Simões Bento³; Ângelo Luis Ozelame^{1,2}**

¹Departamento de Fitossanidade, Laboratório de Manejo Integrado de Pragas-LabMIP, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPeI), Pelotas, RS, Brasil;

²Embrapa Clima Temperado, Laboratório de Entomologia, Pelotas, RS, Brasil;

³Departamento de Entomologia e Acarologia Agrícola, Laboratório de Comportamento de Insetos e Ecologia Química, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, SP, Brasil.

**Oviposição e desenvolvimento de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em
pêssego e maçã**

**Oviposition and development of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in peach
and apple fruits**

**Sandro Daniel Nörnberg; Anderson Dionei Grützmacher; Dori Edson Nava; José
Mauricio Simões Bento; Ângelo Luis Ozelame**

RESUMO

O gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) tem sido relatado atacando frutíferas de clima temperado, com agravamento nos últimos anos. Os danos têm sido observados no momento da colheita, principalmente na região do pedúnculo, e são classificados como diretos devido a alimentação e queda dos frutos, e indiretos por propiciar o início de infecções fúngicas, inviabilizando a sua comercialização. Entretanto, não há relatos sobre a ocorrência de oviposição de *S. zeamais* em frutas de clima temperado. O objetivo deste trabalho foi caracterizar o dano por oviposição e descrever o desenvolvimento de *S. zeamais* em pêssego e maçã, bem como o efeito da alimentação em frutos (pêssego cv. Eldorado e maçã cv. Eva) sobre a longevidade de fêmeas e machos. O estudo foi conduzido em sala climatizada com temperatura de $25^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14h, sendo os frutos coletados em pomares comerciais sem aplicação prévia de agrotóxicos. Em pêssego, cv. Eldorado, a duração das fases de ovo, larva e pupa foi de 7,26; 27,33; e 12,00 dias, respectivamente, enquanto que em maçã registraram-se 6,44; 31,18; e 10,50 dias, respectivamente. A duração do período ovo-adulto *S. zeamais* foi de 47 dias em pêssego e 43 dias em maçã. A longevidade média de

fêmeas e machos apresentou diferença significativa quando os insetos se alimentaram em pêssego e maçã, sendo influenciado diretamente pelo tempo de permanência e alimentação sendo que a permanência por 16 dias apresenta maior redução na longevidade média quando comparado com insetos alimentados em grãos de milho. Assim, os hospedeiros alternativos, pêssego e maçã como substratos para oviposição de *S. zeamais*, permitiu o desenvolvimento das fases imaturas e a emergência de adultos. Estes resultados demonstram pela primeira vez os danos provocados por *S. zeamais* de pêssego e maçã devido a oviposição, bem como o desenvolvimento das fases imaturas.

Palavras-chave: biologia, gorgulho-do-milho, longevidade, *Malus domestica*, *Prunus persicae*.

ABSTRACT

The maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) has been reported attacking temperate fruit, with worsening in recent years. The damage has been observed at harvest, especially in the region of the stalk, and are classified as direct because of falling fruit, and indirectly by providing early fungal infections. However, there are no reports on the occurrence of oviposition of *S. zeamais* in temperate fruits. The aim of this study was to characterize the damage of oviposition and to describe the development of the maize weevil, *S. zeamais* in apple and peach fruits, as well as the effect of feeding on fruits (peach cv. Eldorado, apple cv. Eva) on the longevity of females and males. The study was conducted in a room temperature of $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, relative humidity of $70 \pm 10\%$ and photophase of 14h, where the fruits collected from orchards without prior application of pesticides. In peach fruits, cv. Eldorado, the length of time of eggs, larvae and pupae was 7.26, 27.33, and 12.00 days, respectively, while in apple fruit was recorded 6.44, 31.18, and 10.50 days, respectively. The duration of egg-adult *S. zeamais* was 47 days in 43 days in

peach and apple. The longevity of females and males showed a significant difference when the insects fed on fruits of peach and apple, being directly influenced by length of stay and food being the stay for 16 days shows a greater reduction in average longevity when compared with insects fed on maize grain. Thus, alternative hosts, peach and apple are substrates for oviposition of *S. zeamais*, allowing the development of immature stages and the adult emergence. These results demonstrate for the first time the damage caused by *S. zeamais* peach and apple due to oviposition and development of immature stages.

Key words: insect biology, maize weevil, longevity, *Malus domestica*, *Prunus persicae*.

INTRODUÇÃO

O gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) possui origem na Índia, com distribuição geográfica desde a Europa até as regiões tropicais e temperadas quentes no mundo inteiro (HALSTEAD, 1963).

Os adultos de *S. zeamais* medem cerca de 3,0 mm de comprimento, são de coloração castanho-escura, com quatro manchas avermelhadas nos élitros, visíveis logo após a emergência. Possui a cabeça projetada à frente em rostro curvado, onde estão as peças bucais. Nos machos, esse rostro é mais curto e grosso do que nas fêmeas. O pronoto é fortemente pontuado e os élitros densamente estriados. As larvas são de coloração amarelo-clara com a cabeça mais escura e as pupas são brancas (LORINI & SCHNEIDER, 1994).

Os gorgulhos são considerados importantes por serem pragas primárias, pelo seu alto potencial biótico, infestações cruzadas, fácil deslocamento através da massa de grãos, elevado número de hospedeiros e por causarem dano tanto na fase larval quanto na adulta (LORINI, 1999). As espécies-praga de produtos armazenados podem ter sido originadas em diversas regiões do mundo, mas são transportadas de um país ou continente para outro, juntamente com as mercadorias, ao longo dos séculos, tornando-se cosmopolitas. Neste sentido, é de se

esperar que muitas dessas espécies ocorram em populações, subespécies geográficas ou raças com diferenças na preferência alimentar, nos requisitos climáticos e na suscetibilidade a inseticidas (HILL, 1990).

Apesar dos cereais serem os hospedeiros preferenciais de *S. zeamais*, este inseto-praga tem sido relatado com frequência atacando frutíferas de clima temperado em condições de campo, com destaque para o pessegueiro, macieira e videira (BOTTON et al., 2005b).

Em pessegueiro a infestação pode ter início em novembro estendendo-se até as cultivares tardias (SALLES, 1998). Os adultos de *S. zeamais* perfuram a casca e se alimentam da polpa das frutas em fase de maturação, ocasionando geralmente a queda das frutas ou prejudicando sua aparência. Também podem favorecer a ocorrência de podridões, como a podridão-parda em pêsego, causada pelo fungo *Monilinia fructicola* (Wint.) (Honey, 1928) (Helotialis: Sclerotiniaceae) (SALLES, 1998). Segundo REIS FILHO et al. (1989), o inseto está presente em pomares de macieira de Santa Catarina causando danos nos frutos desde 1985, aumentando a incidência a cada ano, passando a ser considerado uma importante praga da cultura (BONETTI et al., 1999). Na região norte do Rio Grande do Sul, LORENZATO & GRELLMANN (1987) também verificaram ataques de *S. zeamais* em macieira. No cultivo da videira, o gorgulho-do-milho tem sido relatado como altamente prejudicial nos parreirais de uvas finas de cacho compacto como a Merlot, Cabernet Sauvignon e Riesling (BOTTON et al., 2005a; HICKEL & SCHUCK, 2005).

Os danos nas frutas de clima temperado têm sido descritos como diretos e indiretos e provocados unicamente pelos insetos na fase adulta (SALLES, 1998; BOTTON et al. 2005b), diferentemente do que é citado para grãos armazenados, onde os danos ocasionados por *S. zeamais* são causados tanto pelas formas jovens (larvas), que se desenvolvem no interior dos grãos, como pelos adultos (LORINI, 1999; LOECK, 2002).

Poucas informações estão disponíveis com relação à bioecologia do gorgulho-do-milho quando relacionado a frutíferas. Os relatos dizem respeito aos danos devido a queda e podridão dos frutos, não existindo informações sobre a ocorrência de oviposição bem como relatos do desenvolvimento larval de *S. zeamais* em frutas. Associado a isto, não há informações sobre a alimentação dos gorgulhos tem algum efeito sobre sua bioecologia.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar aspectos biológicos do gorgulho-do-milho *S. zeamais*, tendo como substrato alimentar frutos de pêssego e maçã, abordando as seguintes etapas: (i) caracterizar o dano devido à oviposição em pêssego e maçã; (ii) avaliar o desenvolvimento de *S. zeamais* em pêssego e maçã; e, (iii) avaliar o efeito da alimentação sobre a longevidade de *S. zeamais*, em pêssego e maçã.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização de oviposição e desenvolvimento de *S. zeamais* em pêssego e maçã

Para o estudo da biologia de *S. zeamais*, foram utilizados 100 frutos de pêssego, cv. Eldorado e maçã, cv. Eva, coletados em pomares comerciais localizados no município de Pelotas, no estado do Rio Grande do Sul (RS). Os frutos utilizados no estudo foram oriundos de plantas sem aplicação de inseticidas.

As maçãs foram coletadas no estágio de maturação pré-colheita (período na qual tem sido observado como suscetível ao ataque em condições de campo), tomando-se como parâmetro a cor de fundo da epiderme (verde claro). Em pêssego, devido ao período pós-colheita ser extremamente curto e em bioensaios prévios ser observado uma rápida deterioração dos frutos, a coleta de pêssegos foi realizada quando iniciou a mudança de cor da epiderme.

Antes do bioensaio, os frutos foram lavados com água corrente e desinfetados, mergulhando-os em uma solução de hipoclorito de sódio (NaOCL) a 1%, durante 5 minutos,

sendo posteriormente lavados com água destilada e mantidos a temperatura ambiente para secagem.

Insetos adultos foram coletados em pomares de pessegueiro no município de Pelotas, RS, no ano de 2008, e utilizados na criação no laboratório de Entomologia da Embrapa Clima Temperado em sala climatizada (temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas). Insetos utilizados no estudo foram obtidos da criação de manutenção em laboratório, onde são criados em potes de vidro (2L) contendo grãos de milho. Para iniciar a criação os adultos são deixados em contato com os grãos de milho para ovipositar por sete dias e posteriormente retirados com auxílio de uma peneira, tendo-se o controle do período de desenvolvimento da forma imatura e início da emergência dos adultos.

Devido a dificuldade para separar machos e fêmeas, com base nos caracteres morfológicos, foram utilizados insetos com idade entre 10 e 14 dias, sendo previamente retirados do milho e mantidos sem contato com alimento por 24 horas anteriores ao início do bioensaio.

Um grupo de quatro gorgulhos foi colocado em contato com os frutos através de uma pequena gaiola (25 mm de diâmetro e 12 mm de altura), a qual foi testada previamente e permitiu a fácil localização da postura nos frutos. A avaliação dos frutos foi realizada diariamente até a observação dos primeiros sinais de postura, quando então os insetos foram retirados dos frutos e transferidos para frascos de vidro (2mL) com álcool 70%, sendo posteriormente dissecados e sexados. Os frutos foram identificados e mantidos nas mesmas condições.

Devido a oviposição de *S. zeamais* ser realizado dentro dos frutos, as avaliações das fases imaturas foi realizada através da punctura dos frutos com auxílio de estilete na região próxima a oviposição, sendo observada através de uma lupa binocular (aumento de 8 vezes).

Foram determinados os seguintes parâmetros: duração do período de incubação, das fases de larva e pupa e do período ovo-adulto.

O período médio de incubação foi caracterizado através da avaliação de cinco frutos a cada 24 horas, sendo observado a eclosão de larvas até duas avaliações consecutivas sem eclosão.

Influência da alimentação em frutos sobre a longevidade de *S. zeamais*

Considerando-se que somente a fase adulta de *S. zeamais*, utiliza as frutas como substrato alimentar por um período, avaliaram-se os possíveis efeitos deste período de alimentação sobre a longevidade de machos e fêmeas.

Para avaliar o efeito dos hospedeiros alternativos sobre a longevidade de *S. zeamais*, foram utilizados pêssego e maçã nos estádios verde e maduro, comparando-se com a alimentação em grãos de milho (como substrato alimentar primário).

O efeito do alimento sobre a longevidade foi determinado após os insetos terem se alimentado por período de 1, 2, 4, 8 e 16 dias. Para cada substrato alimentar testado, foram utilizados 25 frutos, sendo cada fruto individualizado em copos plásticos (500 mL) fechados por tecido *voile* com a finalidade de permitir aeração. Em cada fruto foram liberados 20 gorgulhos adultos não sexados oriundos da criação de manutenção em laboratório, com idade de 10 a 14 dias, sendo submetidos a um período prévio de 24 horas sem alimento. O trabalho foi desenvolvido em sala climatizada, com temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

Após os períodos pré-estabelecidos, os frutos foram retirados e os gorgulhos mantidos sem alimentação, sendo as avaliações realizadas diariamente, observando-se a mortalidade diária.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado no esquema fatorial 4 x 5 (alimento x dias de alimentação). Para avaliar a longevidade foram construídas curvas de sobrevivência utilizando o estimador de Kaplan-Meier, e posteriormente estas foram comparadas por meio do teste de log-rank com o auxílio do Programa R (R Development Core Team, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização de oviposição e desenvolvimento de *S. zeamais* em pêsego e maçã

As fêmeas quando colocadas em contato com os frutos, primeiramente alimentam-se, causando somente danos. Em média, as fêmeas permanecem um período de três a cinco dias se alimentando nos frutos, sendo que não foi observada a oviposição nas primeiras 72h de contato com os frutos.

A oviposição de *S. zeamais* em pêsego se caracteriza pela formação de um orifício e deposição de um ovo, o qual é coberto por uma camada de secreção gelatinosa semitransparente (Figura 1). Esta camada de secreção tem a função de proteção da postura e sua espessura assemelha-se a da epiderme dos frutos, sendo que o ovo encontra-se logo abaixo desta.

As características de oviposição observadas em frutas são semelhantes as primeiras descrições em grãos, na qual as fêmeas de *S. zeamais* procuram uma região do grão adequada a oviposição, perfuram com as mandíbulas, e após depositam os ovos cobrindo-os com uma secreção gelatinosa sobre o local de oviposição (LATHROP, 1914).

Em pêsego e maçã, no local onde o ovo é depositado, observou-se a formação de um círculo com as células da epiderme necrosadas (coloração marrom escuro) (Figura 1) de aproximadamente 0,25 mm de diâmetro, semelhante ao que ocorre nos danos devidos a alimentação, contudo, a profundidade dos locais de oviposição observados, sempre

apresentaram profundidade suficiente para oviposição (entre 0,8 a 1,0 mm) (Figura 1). De acordo com LECATO & FLAHERTY (1974) os ovos de *Sitophilus* sp. possuem tamanho médio de 0,76 x 0,27 mm. Foi observado também que os locais de oviposição são perfurados pelas fêmeas exclusivamente para deposição dos ovos, sendo que não foi observada deposição de ovos em orifícios com tamanhos muito superiores ao tamanho dos ovos. Contudo, é possível que as fêmeas perfurem os frutos com objetivo de oviposição e posteriormente não depositem os ovos, devido a perturbações externas ou mesmo a identificação da variação na qualidade do substrato de oviposição, como ocorre em grãos (LATRHOP, 1914).

A semelhança visual entre o dano causado pela alimentação e dos locais de oviposição dificulta um reconhecimento sem utilização de algum equipamento com lentes de aumento (Figura 1). Associado a isso, em condições de campo, os gorgulhos ficam refugiados principalmente na região do pedúnculo onde se alimentam e provavelmente realizam a oviposição, dificultando a identificação e diferenciação de danos por alimentação e oviposição em condições de campo.

O número de ovos por orifício pode variar de um a três, sendo que a maior frequência é de apenas um ovo por orifício. Em orifícios com dois ou três ovos, observou-se que a primeira larva eclodida preda os outros ovos. Tal comportamento pode ser compreendido como uma forma de competição pelo substrato alimentar, semelhantemente ao que ocorre em grãos, onde as larvas apresentam canibalismo (GUEDES et al., 2010).

O período médio de incubação em pêssego foi de sete dias (variando de cinco a 11 dias) enquanto que para maçã foi de seis dias (variando de quatro a dez dias) (Tabela 1), sendo superior ao encontrado em grãos de milho que é o hospedeiro preferencial de *S. zeamais*, bem como em outros cereais como o arroz e o trigo, que apresentam média de três a seis dias de incubação (ROSSETTO, 1969; LORINI & SCHNEIDER, 1994; GALLO et al., 2002).

O tempo médio da fase de larva em pêsego foi de 27 dias (variando de 24 e 30 dias) enquanto que em maçã esta duração foi em média de 31 dias (variando de 19 e 34 dias). O ciclo ovo-adulto observado foi de 47 dias para pêsego e 43 dias para maçã (Tabela 1).

A formação de galerias pelas larvas de *S. zeamais* em pêsego e maçã apresentou comportamento distinto, sendo que determinadas larvas se direcionavam para o centro do fruto, enquanto outras permaneciam na região logo abaixo da epiderme. Dessa forma, acredita-se que as larvas não buscam especificamente alguma parte nos frutos (polpa ou sementes), ou mesmo no caso específico do pêsego, as larvas não apresentaram comportamento de formação de galerias em direção a amêndoa, que poderia ser o alvo de alimentação das larvas, como ocorre em frutos da tamarindo, atacadas por *Sitophilus linearis* (Coleoptera: Curculionidae) nos quais os adultos penetram nos frutos e ovipositam nas sementes (GONÇALVES, 1935 citado por ARTHUR & ARTHUR, 2006).

A duração da fase de pupa em maçã foi de 12 dias. Em pêsego só foi possível chegar a fase de pupa em três frutos, devido ao processo de desidratação que ocorreu nestes frutos, e por não apresentarem podridão, contudo, observou-se a presença de apenas um adulto, o qual não conseguiu sair do fruto devido a obstrução da galeria e por encontrar-se numa região central do fruto, sendo o período da fase de pupa de aproximadamente 15 dias.

Em frutos de macieira, foi possível observar a presença de adultos mortos, sendo que esta mortalidade foi devido a podridão dos frutos e por consequência o acúmulo de líquido nos locais onde encontravam-se as pupas e adultos. Da mesma forma que em pêsego, as pupas e adultos foram encontrados numa região interna do fruto, distante aproximadamente 30 mm da epiderme, o que dificulta a imediata saída dos gorgulhos dos frutos.

Em grãos, devido ao pequeno tamanho dos grãos, a pupa encontra-se próxima a epiderme e com isso facilita sua saída dos grãos após a emergência, contudo, o

comportamento observado nos grãos indica que após a emergência os adultos permanecem um período dentro dos grãos (LONGSTAFF, 1981).

Em frutos, *S. zeamais* está adaptando-se, visto que este é o primeiro registro de oviposição deste inseto-praga em frutos de pêssgo e maçã. Em observações realizadas até então, ressaltava-se que os gorgulhos adultos apenas alimentavam-se nos frutos, como em pêssgo (SALLES, 1983, 2003), maçã (LORENZATO & GRELLMANN, 1987; REIS FILHO et al., 1989; BONETTI et al., 1999) e uva (BOTTON et al., 2005b). Neste contexto, pode-se admitir que as observações realizadas até então foram preliminares, sem uma avaliação mais detalhada dos danos provocados por *S. zeamais* em frutos, ou ainda, que este inseto-praga está em processo de adaptação em frutas.

Baseado nas características, como duração larval, associado ao comportamento de ataque em condições de campo, podemos admitir que na cultura do pessegueiro, onde o período de ataque é de três a quatro semanas (NÖRNBERG, 2012 – dados não publicados), dificilmente ocorrerá o desenvolvimento larval até a emergência de adultos (~40dias). Entretanto, na cultura da macieira, com um período de ataque de sete semanas (NÖRNBERG, 2012 - dados não publicados) poderá ocorrer o desenvolvimento larval e emergência de adultos em condições de campo.

Influência da alimentação em frutos sobre a longevidade e fecundidade de *S. zeamais*

Em pêssgo, a longevidade dos machos foi significativamente afetada quando estes permaneceram quatro e 16 dias se alimentando nos frutos, sendo que a um, dois e oito dias de alimentação não apresentaram diferença significativa entre eles conforme pode ser visualizado nas curvas de sobrevivências (Figura 3). A longevidade média dos machos em pêssgo variou de 8,58 a 14,11 dias, sendo maior para os insetos alimentados durante 8 dias e menos quando alimentados durante 16 dias (Tabela 2).

Em maçã, a longevidade de machos foi significativamente reduzida quando o período de alimentação foi de 4, 8 e 16 dias, sendo o mesmo comportamento observado em fêmeas (Fig. 3).

No hospedeiro primário de *S. zeamais*, os grãos de milho, observou-se uma diferença significativa no comportamento das curvas de sobrevivência (Figura 6), sendo que a longevidade média variou de 11,35 a 16,08 dias (Tabela 2).

Ao comparar as curvas de sobrevivência de todos os substratos alimentares no período de 16 dias, onde se observou maior redução na longevidade de machos e fêmeas em pêssgo e maçã (Figuras 3, 4 e 5) verifica-se diferenças significativas, tanto para machos como para fêmeas, entre os frutos, que são hospedeiros alternativos, e o substrato alimentar primário, que é o milho. Esses resultados evidenciam que os pêssgo e maçã tem efeito sobre a longevidade de *S. zeamais*, o que pode ser observado na longevidade média, que em milho foi de 12,66 e 12,97 dias para fêmeas e machos, enquanto que nos tratamentos referentes aos frutos, a longevidade média variou de 7,39 a 8,94, mostrando uma redução significativa.

Os resultados evidenciam que quanto maior o tempo de alimentação dos gorgulhos sobre os hospedeiros alternativos, maior é a tendência de redução na sua longevidade média (Tabela 2). A comparação entre frutos verdes e maduros, evidenciou o mesmo comportamento, entretanto, em condições de campo, não observou-se o ataque de gorgulho em frutos verdes de pessegueiro e macieira (NÖRNBERG, 2012 - dados não publicados).

A composição química e a qualidade nutricional dos grãos não mudam substancialmente durante o armazenamento, de forma que os insetos de grãos armazenados têm um alimento estável, sem grandes alterações em sua composição nutricional ao longo do tempo (LAZZARI & LAZZARI, 2009).

No entanto, em frutos, como pêssgo e maçã, há grande mudanças durante o processo de maturação, havendo modificação no teor de sólido solúveis totais, firmeza, acidez, tamanho, teor de fitoquímicos, cor, entre outros (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Apesar dos requisitos nutricionais da maioria dos insetos fitófagos serem semelhantes, os insetos que atacam produtos armazenados manifestam habilidade, quase exclusiva, de se desenvolver e reproduzir em alimentos relativamente secos (LAZZARI & LAZZARI, 2009), no entanto, observa-se, através dos resultados do presente trabalho, que a espécie *S. zeamais* realiza oviposição em frutas como pêsego e maçã, ocorrendo desenvolvimento larval e emergência de adultos. Este comportamento pode ser uma adaptação desta espécie a um hospedeiro alternativo, os frutos, durante um período do ano em que há falta de alimento primário (hospedeiros preferenciais).

Em alimentos menos adequados, a reprodução pode ocorrer, mas o tempo de desenvolvimento das formas imaturas poderá ser mais longo e com mortalidade elevada. Sob condições ótimas a mortalidade deve ser baixa, de 1% a 2%, enquanto que em condições subótimas (temperaturas mais extremas, umidade extremamente baixa ou dieta qualitativa e quantitativamente inadequada) as taxas de mortalidade podem atingir de 50% a 70% em cada instar (LONGSTAFF, 1981). Assim, a distribuição das espécies-praga é, geralmente, o resultado da combinação das condições ambientais ou do microclima, da disponibilidade e da qualidade do alimento, e da competição natural em diversos níveis, de forma que determinada espécie pode ser abundante em condições que não sejam totalmente ótimas (LAZZARI & LAZZARI, 2009).

Não há informações sobre a utilização de frutas como substrato alimentar por *S. zeamais*, contudo, este inseto-praga pode ter sido uma praga que atacava os grãos unicamente no campo e com o passar dos tempos, adaptou-se aos locais de armazenamento, visto que ocorre até os dias atuais a infestação cruzada, entre campo e armazenamento (LONGSTAFF, 1981, LORINI, 1999). Ou ainda, que os gorgulhos busquem fontes alimentares alternativas no período que migram dos armazéns até os grãos no campo. Segundo relatado por LONGSTAFF (1981), os gorgulhos adultos, *S. zeamais*, imigram dos locais de

armazenamento em período anterior ao de maturação preferencial dos grãos de milho em campo, e neste período buscam hospedeiros alternativos para se alimentar.

Em condições de campo, foi observado a presença de *S. zeamais* em flores de girassol em lavouras próximas as de milho, nas quais os gorgulhos se alimentavam de néctar e pólen (YOSHIDA et al., 1956), contudo não sendo observado alimentação das sementes de girassol (WILLIANS & FLOYD, 1970). Os gorgulhos coletados em flores de girassol apresentaram taxas reprodutivas superiores aos gorgulhos coletados em grãos armazenados (YOSHIDA et al., 1956), indicando que o mesmo pode estar ocorrendo no caso do ataque em frutos, visto que as diferenças observadas na longevidade média de machos e fêmeas após alimentação em pêsego, e maçã, foram estatisticamente diferentes, sendo mais representativo aos 16 dias quando comparadas ao milho. Contudo, essas diferenças, do ponto de vista biológico, não são tão representativas visto foi possível observar que as frutas são substratos que contem nutrientes capazes de alimentar a fase jovem e adulta de *S. zeamais*.

Baseados nestes resultados preliminares torna-se necessário dar prosseguimento aos estudos de biologia de *S. zeamais* em pêsego e maçã, avaliando os efeitos da alimentação sobre a capacidade de reprodução, bem como sobre a capacidade de voo, muito importante na migração entre campo e armazéns.

CONCLUSÕES

Pêsego e maçã são substratos utilizados para oviposição pelo gorgulho-do-milho, *S. zeamais* e permitem o desenvolvimento larval até a emergência de adultos;

Os danos provocados por *S. zeamais* em pêsego e maçã são diretos pela alimentação e também devido a oviposição e desenvolvimento das larvas;

Pêsego e maçã apresentam efeito sobre a longevidade de *S. zeamais*, sendo que a 16 dias ocorreu a maior redução na longevidade média.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e pelo auxílio financeiro e bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

- ARTHUR, V.; ARTHUR, P.B. Controle de *Sitophilus linearis* (Herbst) (Coleoptera: Curculionidae) em *Tamarindus indica* através da radiação gama do Cobalto-60. **Bolletín de Sanidad Vegetal de Plagas**, v.32, p.121-124, 2006.
- BONETTI, J.I.S. et al. **Manual de identificação de doenças e pragas da macieira**. Florianópolis: Epagri, 1999. 149p.
- BOTTON, M. et al. Ocorrência de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) danificando a cultura da videira no Rio Grande do Sul. **Neotropical Entomology**, v.34, p.355-356, 2005a.
- BOTTON, M. et al. O gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) como praga em frutíferas de clima temperado. Circular Técnica. Embrapa Uva e Vinho, 2005b.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.
- GALLO, D. et al. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. v.10, 920p.
- GUEDES, N.M.P et al. Contest behavior of maize weevil larvae when competing within seeds. **Animal Behaviour**, v.79, p.281-289, 2010.
- HALSTEAD, D.G.H. The separation of *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera Curculionidae), with a summary of their distribution. **Entomologist's Monthly Magazine**, v.99, p.72-74, 1963.

- HICKEL, E.R.; SCHUCK, E. Infestação e danos do gorgulho-do-milho em videira. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.18, p.49-52, 2005.
- HILL, D.S. **Pests of stored products and their control**. CRC Boca Raton, FL, 1990. 200p.
- LATHROP, F.H. Egg-laying of the rice weevil, *Calandra oryzae* linn. **The Ohio Naturalist**, v.14, p.321-327, 1914.
- LAZZARI, S.M.N.; LAZZARI, F.A. Insetos-praga de grãos armazenados. In: PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. **Bioecologia e nutrição de insetos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2009. p.667-731.
- LECATO, G.L.; FLAHERTY, B.R. Description of Eggs of Selected Species of Stored-Product Insects (Coleoptera and Lepidoptera). **Journal of the Kansas Entomological Society**, v.47, p.308-317, 1974.
- LOECK, A.E. **Pragas de Produtos Armazenados**. Pelotas: EGUFPEL, 2002. 113p.
- LONGSTAFF, B.C. Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae): A critical review. **Protection Ecology**, v.2, p.83-130, 1981.
- LORENZATO, D.; GRELLMANN, E.O. Resistência de maçãs, em dezesseis cultivares comerciais de macieiras (*Malus domestica* Bork), frente ao ataque do gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae). **Agronomia Sulriograndense**, v. 23, n. 1, p. 3-10, 1987.
- LORINI, I. **Pragas de grãos e cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 60p.
- LORINI, I.; SCHNEIDER, S. **Pragas de grãos armazenados**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, (EMBRAPA- CNPT. Documentos). 1994, 48p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2011. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

- REIS FILHO, W. et al. Gorgulho do milho é praga da macieira em SC. **Agropecuária Catarinense**, v. 2, n. 1, p. 52-53, 1989.
- ROSSETTO, C.J. O complexo de *Sitophilus* spp., no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 28, p.127-148, 1969.
- SALLES, L.A.B. Do milho as frutas. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, n.17, p.10-11, 2003.
- SALLES, L.A.B. Principais pragas e seu controle. In: MEDEIROS, C.A.B.; RASEIRA, M.C.do. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa-CPACT, 1998. p.206-242.
- SALLES, L.A.B. **Ataque do gorgulho do milho em pêsego**. Pelotas, RS: EMBRAPA - UEPAE, 1983. 3p. (EMPRAPA - UEPAE. Pesquisa em Andamento).
- WILLIAMS, R.N.; FLOYD, E.H. Flight habits of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. **Journal of Economic Entomology**, v.63, p.1585-1588, 1970.
- YOSHIDA, T. et al. On the flower visiting of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* Linn. The ecological studies of the pest of stored grains. **Bulletin of Faculty of Liberal Arts and Education**, v.1, p.173-178, 1956.

Tabela 1. Duração média (\pm EP) e intervalo de variação (IV) em dias das fases imaturas de *Sitophilus zeamais* em pêssego (cv. Eldorado) e maçã (cv. Eva) em laboratório (temperatura $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ UR e fotofase de 14 h).

Fase	N ¹	Média (dias) ²	Intervalo de variação (dias) ³
Pêssego			
Ovo	50	$7,26 \pm 0,32$	(5-10)
Larva	22	$27,33 \pm 0,10$	(24 -30)
Pupa	3	12	12
Ovo-Adulto	1	47	47
Maçã			
Ovo	50	$6,44 \pm 0,41$	(4 -11)
Larva	33	$31,18 \pm 0,56$	(19 -34)
Pupa	8	$10,50 \pm 0,05$	(8 - 13)
Ovo-Adulto	2	43	43

¹ Número de observações feitas; ²Duração média \pm erro padrão, em dias; ³Intervalo (mínimo e máximo) observado em dias.

Tabela 2. Longevidade média (dias) de *Sitophilus zeamais* após um período de alimentação em pêsego e maçã, em dois estádios de maturação e grãos de milho (Temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, Umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14 h).

Tratamentos	1 dia		2 dias		4 dias		8 dias		16 dias	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Frutos Maduros										
Pêssego	11,82	13,16	12,48	12,95	9,27	9,39	14,11	13,99	8,94	8,58
Maçã	13,25	14,20	12,82	13,76	11,94	11,91	9,48	10,24	6,91	7,39
Frutos verdes										
Pêssego	12,42	12,44	11,56	11,13	10,23	10,23	9,34	8,98	6,45	6,32
Maçã	12,12	13,21	11,98	12,43	11,34	10,78	10,11	9,76	7,31	6,96
Milho	12,15	12,85	14,35	14,18	11,35	12,13	16,07	16,08	12,66	12,97

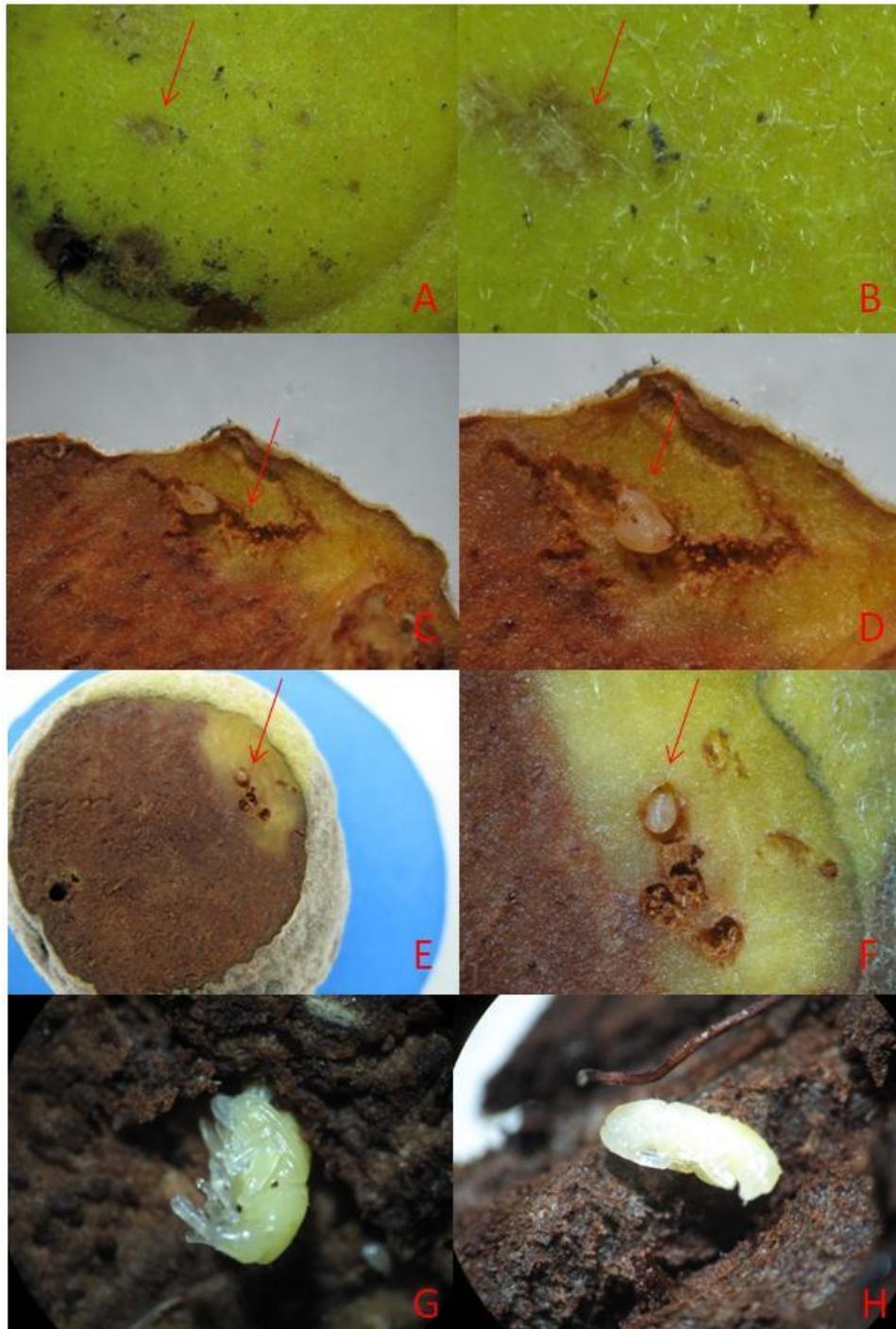


Figura 1. Ilustração da oviposição e desenvolvimento das fases imaturas de *Sitophilus zeamais* em pêsego cv. Eldorado: Oviposição (A, B); formação de galeria na polpa de pêsego (C); larva (D); larva em último ínstar (E, F); pupa (G, H). Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14h.

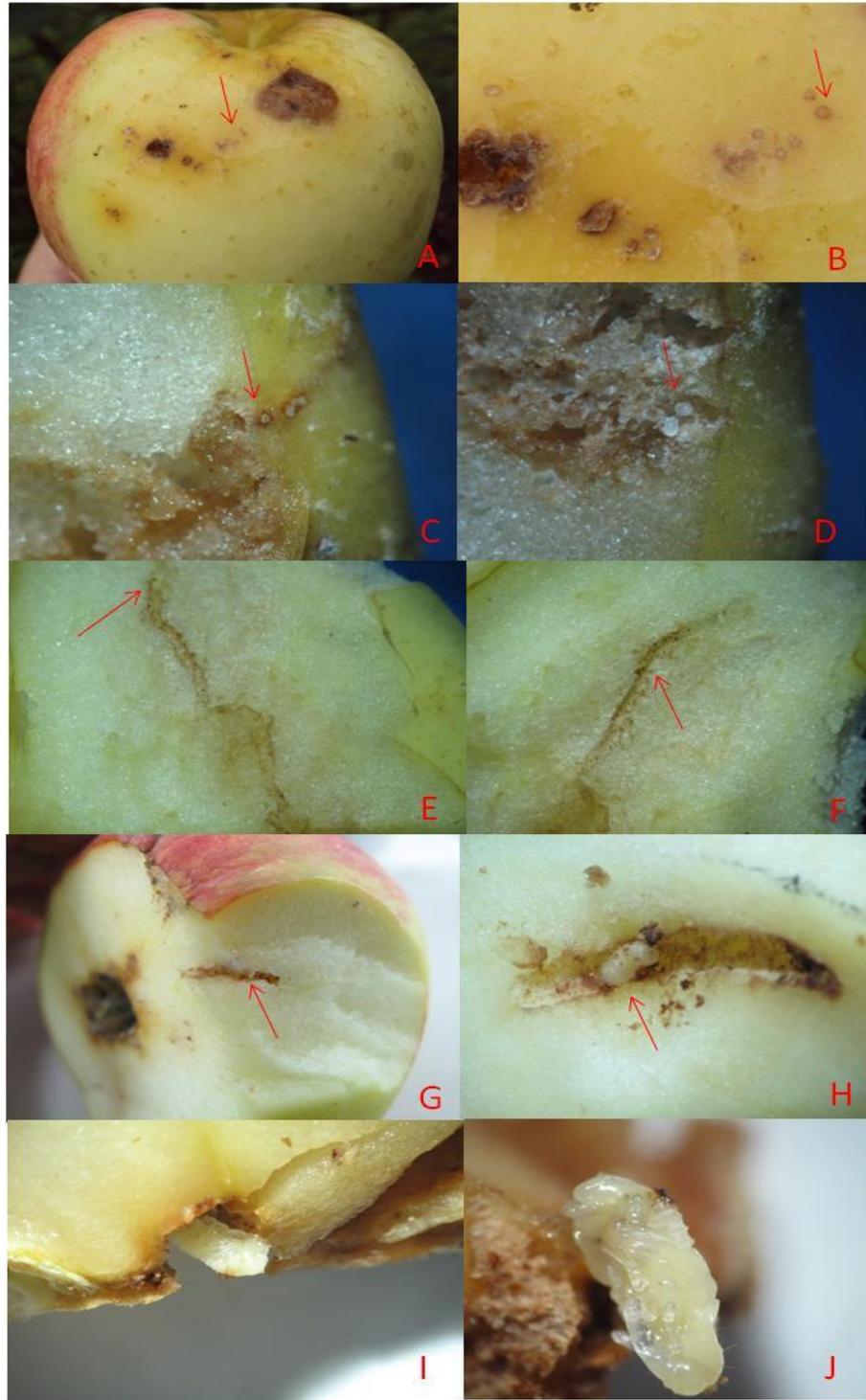


Figura 2. Ilustração da oviposição e desenvolvimento das fases imaturas de *Sitophilus zeamais* em maçã cv. Eva: Oviposição (A e B); local de oviposição (C); ovos (D); larva (E); formação de galeria na polpa de maçã (F, G); larva em último ínstar (H); pupa (I, J). Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14h.

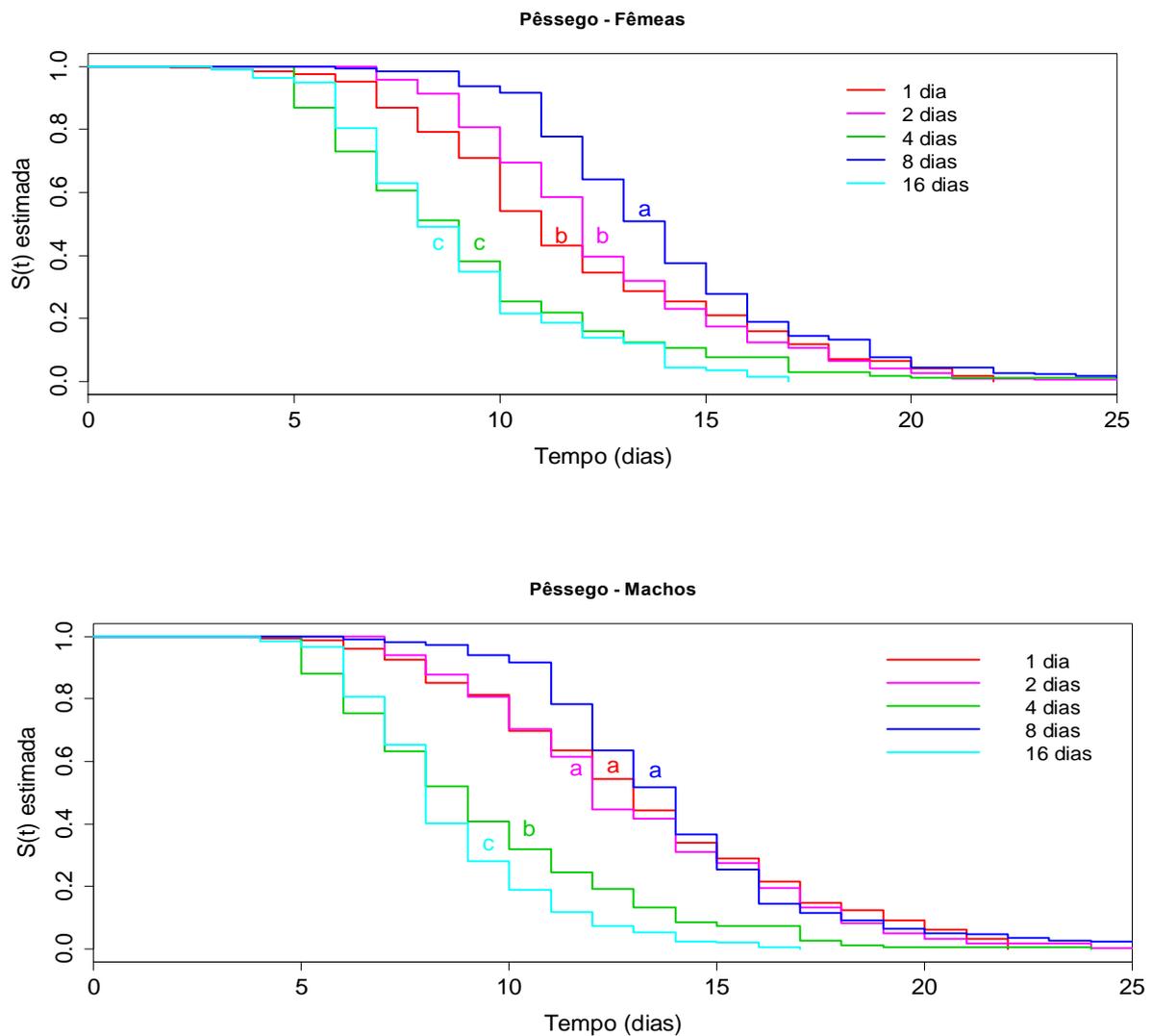


Figura 3. Curvas de sobrevivência de fêmeas e machos de *Sitophilus zeamais* mantidos por 1, 2, 4, 8 e 16 dias sobre pêssego. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14h. Curvas identificadas com as mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste log rank.

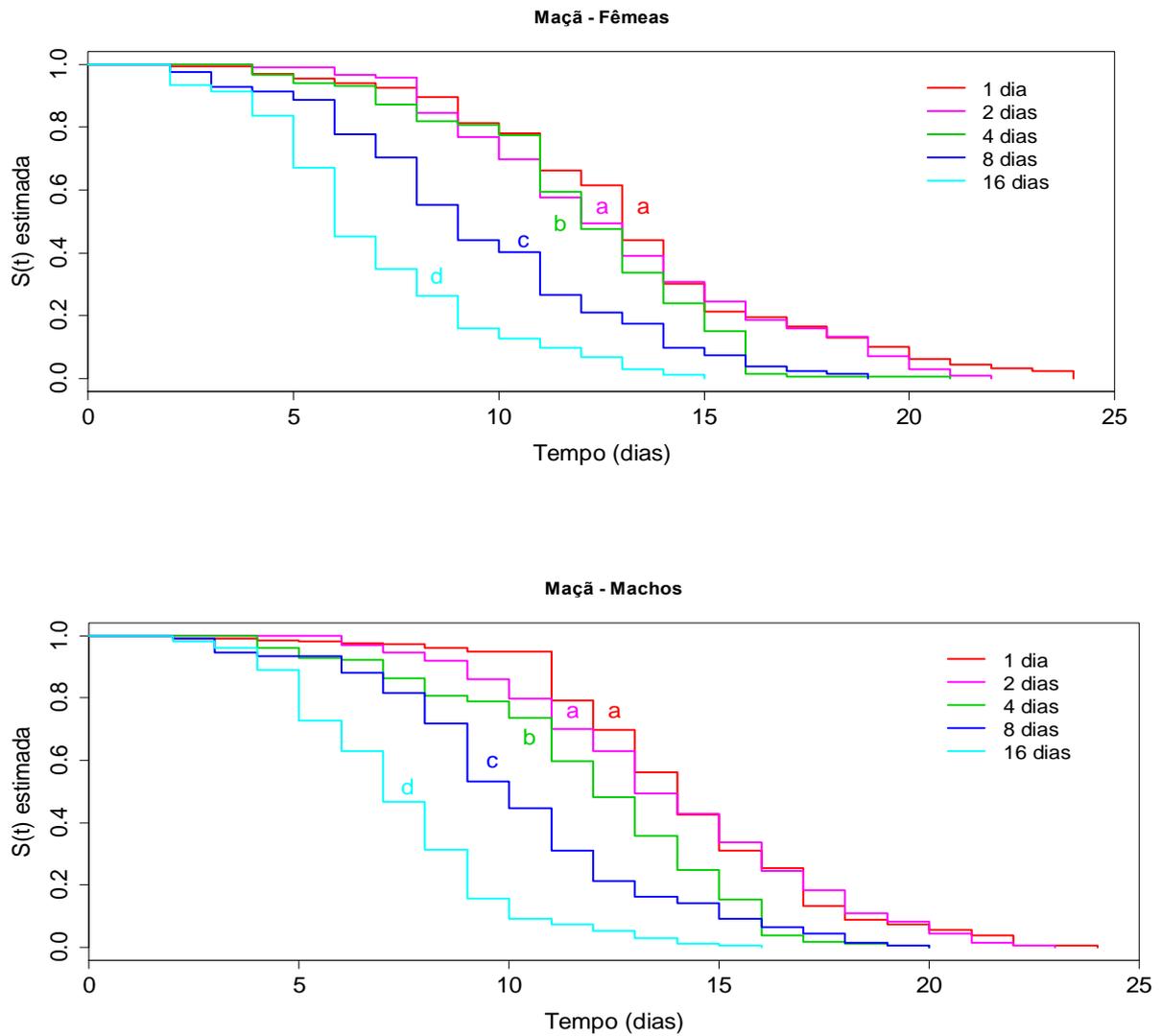


Figura 4. Curvas de sobrevivência de fêmeas e machos de *Sitophilus zeamais* mantidos por 1, 2, 4, 8 e 16 dias sobre maçã. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14h. Curvas identificadas com as mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste log rank.

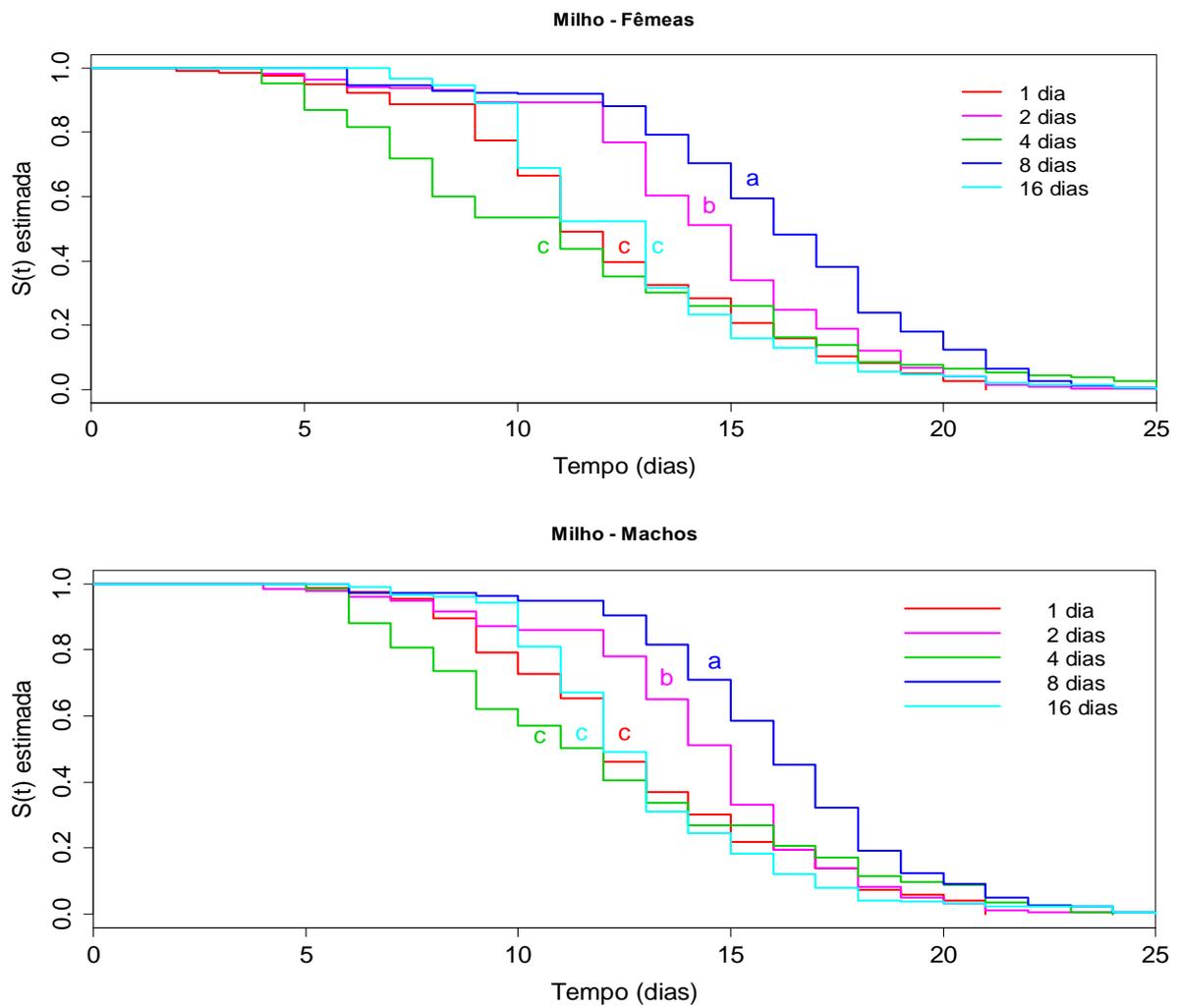


Figura 5. Curvas de sobrevivência de fêmeas e machos de *Sitophilus zeamais* mantidos por 1, 2, 4, 8 e 16 dias em grãos de milho. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14h. Curvas identificadas com as mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste log rank.

5 - Artigo 4: Revista Ciência Rural

Respostas comportamentais de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) a voláteis de pêssego e maçã

Sandro Daniel Nörnberg^{1,2}; José Maurício Simões Bento³; Anderson Dionei Grützmacher¹; Dori Edson Nava²; Ângelo Luis Ozelame^{1,2}; Jonathan Gershenson⁴; Sybille Unsicker⁴; Andreas Reinecke⁵; Elina Bastos Caramão⁶; Flaviana Damasceno⁶

¹Departamento de Fitossanidade, Laboratório de Manejo Integrado de Pragas-LabMIP, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel), Pelotas, RS, Brasil;

²Embrapa Clima Temperado, Laboratório de Entomologia, Pelotas, RS, Brasil;

³Departamento de Entomologia e Acarologia Agrícola, Laboratório de Comportamento de Insetos e Ecologia Química, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo(ESALQ/USP), Piracicaba, SP, Brasil.

⁴Departamento de Bioquímica, Laboratórios de Ecologia e Química Analítica, Instituto Max Planck de Ecologia Química, Jena, Turingia, Alemanha.

⁵Departamento de Neuroetologia Evolutiva, Laboratório de Comportamento de Insetos, Instituto Max Planck de Ecologia Química, Jena, Turingia, Alemanha.

⁶Departamento de Química Analítica, Laboratório de Química Analítica Ambiental e Oleoquímica, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IQ/UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil.

Respostas comportamentais de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) a voláteis de pêssego e maçã

Behavioral responses of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) to volatiles of peach and apple fruits

Sandro Daniel Nörnberg; José Maurício Simões Bento; Anderson Dionei Grützmacher; Dori Edson Nava; Angelo Luis Ozelame; Jonathan Gershenson; Sybille Unsicker; Andreas Reinecke; Elina Bastos Caramão; Flaviana Damasceno

RESUMO

As culturas do pessegueiro e macieira são atacadas por um complexo de insetos-praga, onde destaca-se o gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais*, o qual, devido a falta de alternativas de controle, tem sido limitante ao Manejo Integrado de Pragas (MIP) nestas culturas. Para o controle de insetos-praga, o MIP deve ser preconizado, no qual é fundamental adotar um sistema de monitoramento para a tomada de decisão de controle, bem como alternativas ao controle químico. A utilização de semioquímicos tem sido uma importante ferramenta, tanto para o monitoramento como para o controle de insetos-praga. Neste contexto, objetivou-se identificar os compostos químicos presentes nos voláteis emitidos pelos hospedeiros alternativos, pêssego e maçã em dois estádios de maturação (verde e maduro) e avaliar a atratividade de *S. zeamais*, em condições de laboratório, a estes voláteis frente aos voláteis do alimento preferencial, grãos de milho. Através de análise em cromatógrafo gasoso, acoplado a espectrometria de massas, foi possível identificar os principais compostos presentes em extratos de voláteis de pêssego e maçã (verde e maduro) em coleta realizada em laboratório no sistema *Headspace*. Em pêssego no estádio maduro, há

predominância de compostos voláteis do grupo lactonas, como gamma-decalactona, delta-decalactona e gamma hexalactona, enquanto que em frutos verdes, alcoóis e aldeídos. Há diferenças quantitativas e qualitativas nos perfis de voláteis de frutos maduros e verdes, destacando-se o pêssigo. O gorgulho do milho, *S. zeamais* é atraído a compostos voláteis de pêssigo e maçã no estágio maduro. Os compostos voláteis de pêssigo no estágio maduro apresentam maior atratividade a adultos de *S. zeamais* que voláteis emitidos por grãos de milho.

Palavras-chave: Gorgulho-do-milho, olfatometria, atratividade, *Malus domestica*, *Prunus persicae*, semioquímicos.

ABSTRACT

The peach and apple crops are attacked by pests, which, due to lack of control alternatives, may be limiting the sustainable production and food security. To control insect pests, the Integrated Pest Management (IPM) should be recommended, which is essential to adopt a monitoring system for decision-making control, as well as alternatives to chemical control. The use of semiochemicals can be performed both to monitor and to control insect pests. In this context, the objective was to identify the volatiles released by peach and apple fruits at two stages of maturation, and evaluate the olfactory responses of *S. zeamais* these volatiles. Through analysis by gas chromatography coupled to mass spectrometry, it was possible to identify the main compounds present in extracts of peach and apple volatiles (green and ripe) in samples that were collected in the laboratory conditions. Bioassays showed behavioral attractiveness of *S. zeamais* to volatiles of ripe peach and apple.

Key-words: Maize weevil, olfactometry, attractiveness, *Malus domestica*, *Prunus persicae*, semiochemical.

INTRODUÇÃO

O gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) é um inseto-praga típico de produtos armazenados sendo os grãos de milho os seus principais hospedeiros multiplicadores. Contudo, tem sido um sério problema em pomares de frutíferas de clima temperado, como o pessegueiro, macieira e videira (BOTTON et al., 2005).

O uso de inseticidas tem sido a única alternativa aos produtores, entretanto, sua utilização apresenta limitações, pois em frutíferas, os períodos de pré-colheita e colheita são extremamente delicados para a aplicação de produtos químicos devido a possibilidade de resíduos em frutos. Além disso, o uso de inseticidas pode apresentar grandes dificuldades, visto que *S. zeamais* refugia-se na região do pedúnculo dos frutos ou sob folhas (SALLES, 1998, BOTTON et al., 2005) e para tanto, necessita de uma tecnologia de aplicação adequada, que possibilite uma boa distribuição da calda inseticida, atingindo o gorgulho ou o local onde ele se alimenta. Neste sentido, torna-se necessário a busca por alternativas de controle do gorgulho-do-milho, *S. zeamais*, visando o Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Uma das ferramentas que pode ser empregada no MIP é a utilização de armadilhas iscadas com substâncias desencadeadoras de comportamentos, denominadas semioquímicos (VILELA & DELLA LUCIA, 2001). As pesquisas envolvendo os feromônios estão consolidadas, incluindo a comercialização de inúmeros componentes sintéticos para o manejo de diversas espécies em todo o mundo, no entanto somente nas últimas décadas, tem aumentado os estudos realizados acerca dos efeitos de aleloquímicos, voláteis de plantas, em insetos herbívoros, predadores e parasitóides (ARAB & BENTO, 2006). A identificação e utilização desses sinais químicos para o manejo de insetos-praga pode ser uma alternativa viável e com grande sucesso.

Os insetos-praga dos produtos armazenados apresentam, basicamente, dois tipos de comunicação e estratégia reprodutiva (BURKHOLDER & MA, 1985). O gorgulho-do-milho,

S. zeamais refere-se àqueles insetos que possuem vida longa (maior que um mês) e que dependem essencialmente dos alimentos para se reproduzirem. Nos insetos que utilizam esta estratégia, os machos da espécie produzem feromônios de agregação, cuja função é atrair indivíduos de ambos os sexos para as fontes de alimento onde, então, ocorrerá o acasalamento.

Nos gorgulhos do gênero *Sitophilus*, os feromônios de agregação já foram estudados e identificados para algumas espécies. A primeira evidência de um feromônio de agregação produzido por machos deste gênero foi registrada para o gorgulho do arroz *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) (PHILLIPS & BURKHOLDER 1981). Em seguida demonstrou-se a presença do feromônio de agregação no gorgulho-do-celeiro, *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) (FAUSTINI et al., 1982) e no gorgulho-do-milho, *S. zeamais* (WALGENBACH et al., 1983). Em 1984 foi identificado o composto ‘Sitofilure’ [(4S, 5R)-5-hidroxi-4-metil-3-heptanona] como um feromônio de agregação produzido por machos das espécies *S. oryzae* e *S. zeamais*, sendo que machos e fêmeas, virgens ou acasalados, respondem ao feromônio (SCHMUFF et al., 1984).

Na família Curculionidae, em pelo menos 21 espécies são os machos que produzem o feromônio de agregação, sendo que destes, 19 envolvem a atração de ambos os sexos e 18 também se utilizam de voláteis da planta hospedeira (EVANS & BERGERON, 1994). Tal comportamento foi observado para *S. oryzae* que só libera seu feromônio de agregação na presença de grãos de arroz, não ocorrendo liberação do feromônio na ausência de substrato alimentar (LANDOLT & PHILLIPS, 1997). Neste contexto acredita-se que os voláteis emitidos por pêssgo e maçã estão relacionados com a interação entre *S. zeamais* e frutas de clima temperado como o pêssgo e a maçã, principalmente exercendo atratividade aos gorgulhos nos pomares, sendo, portanto um importante fator a ser avaliado.

A utilização da combinação de feromônios e aleloquímicos tem apresentado sucesso no monitoramento de muitas espécies de curculionídeos como *Anthonomus grandis* (DICKENS, 1989), *Rhynchophorus palmarum* L. (ROCHAT et al., 1991; OEHLISCHLAGER et al., 1993), *Rhynchophorus cruentatus* (F.) (GIBLIN-DAVIS et al., 1994), *Metamasius hemipterus sericeus* (Olivier) (GIBLIN-DAVIS et al., 1996) e *Conotrachelus nenuphar* (Herbst) (PROKOPY & WRIGHT 1998; LESKEY & PROKOPY, 2000; PROKOPY et al., 2003; 2004).

A atração de *C. nenuphar* por voláteis de ameixeira e macieira, foi observada em testes de laboratório (LESKEY & PROKOPY, 2000) e em nível de campo para voláteis de macieira (BUTKEWICH & PROKOPY, 1997). LESKEY & WRIGHT (2004) concluíram que a presença de voláteis de macieira apresentou um significativo impacto sobre a resposta dos insetos nas armadilhas de monitoramento, indicando que os voláteis emitidos pelas plantas, especialmente após a formação dos frutos, são mais atraentes do que somente a utilização do feromônio.

Neste contexto, objetivou-se identificar os compostos químicos presentes nos voláteis emitidos pelos hospedeiros alternativos, frutos de pêssigo e maçã em dois estádios de maturação (verde e maduro) e avaliar a atratividade de *S. zeamais*, em condições de laboratório, a estes voláteis frente aos voláteis do alimento preferencial, grãos de milho (utilizados em armadilhas de monitoramento).

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos utilizados na extração foram pêssigo (*Prunus persicae* L.) da cultivar Eldorado, e frutos de macieira (*Malus domestica* L.) da cultivar Eva. Os frutos de cada cultivar foram coletados em dois estádios de maturação, verde e maduro. Após a coleta, os

frutos foram acondicionados em recipiente térmico e imediatamente transportados para o laboratório.

Coleta de voláteis

A coleta dos voláteis foi realizada através da técnica de *headspace* dinâmico, adaptado do sistema descrito por THOLL et al. (2006). Os frutos foram acondicionados em cubas de vidro (500mL) com tampa contendo duas aberturas, sendo uma para entrada e outra para a saída de ar. Na entrada de ar foi acoplado uma coluna de carvão ativado para filtragem do ar e na saída uma coluna de coleta, contendo 50 mg de polímero adsorvente (Hayseup[®] 80/100 Mesh, Alltech), o qual fez a adsorção dos voláteis. O fluxo de ar no interior do sistema foi de 200 mL.min⁻¹, durante um período de 24 horas, sendo gerado por uma bomba de vácuo e regulado por Rotômetros. O sistema foi hermeticamente fechado com fita de teflon.

Após o período de coleta, as colunas adsorventes foram eluídas com 1 mL de Hexano PA e foram armazenadas em vials (2mL) a -20°C até o momento dos bioensaios e análises. Os frutos utilizados na extração foram pesados antes de cada coleta e foram realizadas análises físico-químicas para caracterizar o estágio de maturação dos mesmos.

Identificação dos compostos voláteis

Os compostos foram analisados por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM) no Laboratório de Química Analítica e Oleoquímica, do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A separação dos compostos voláteis presentes nas amostras foi através de coluna DB-5MS (30m x 25mm x 0,25µm) (Agilent, Santa Clara, CA, EUA). O gás de arraste utilizado foi o hélio com fluxo de 1 mL.min⁻¹. Foi injetado 1µL de cada amostra pelo modo “Splitless”, com uma temperatura inicial de 40°C mantida por 2 minutos, e aumentando 7°C.min⁻¹ até 155°C, seguindo então aumentando a 60°C.min⁻¹, até 300°C e permanecendo por 3 minutos.

A identificação dos compostos foi realizada no Laboratório de Analítica do Departamento de Bioquímica do Instituto Max Planck de Ecologia Química (MPI-CE), na cidade de Jena, Alemanha. Primeiramente por comparação entre os tempos de retenção e espectro de massas dos compostos obtidos e os padrões presentes na biblioteca Wiley do cromatógrafo e posteriormente por meio da injeção de padrões sintéticos do banco de padrões do Departamento de Neuroetologia Evolutiva (MPI-CE).

Bioensaios comportamentais

Para avaliar o efeito dos voláteis de pêssego e de maçã, sobre o comportamento a de *S. zeamais*, foi utilizado olfatômetro de três vias, do tipo 'Y', constituído de um tubo principal e dois tubos laterais (20 x 1,5cm) formando um ângulo de 90°, aos quais foram conectadas, por meio de tubos de teflon (6 mm de diâmetro), a cubas contendo os tratamentos. O fluxo de ar foi gerado por uma bomba de vácuo conectada ao olfatômetro, que permitia a passagem de ar, o qual carrega as moléculas voláteis até o inseto. O fluxo utilizado foi de 200 mL.min⁻¹, sendo controlado por rotômetros. O ar após entrar no sistema de olfatometria era inicialmente filtrado através de uma coluna de carvão ativado e posteriormente umidificado por uma coluna de umidificação (contendo água destilada). Em cada braço do olfatômetro foi disponibilizado um campo de odor, possibilitando assim a livre escolha dos insetos em relação aos tratamentos.

Os insetos adultos, com 8 a 12 dias de idade foram expostos individualmente no olfatômetro 'Y' contendo os extratos dos respectivos tratamentos: (i) pêssego maduro; (ii) pêssego verde; (iii); maçã madura; (iv) maçã verde; (v) milho; e apenas solvente Hexano (controle). O olfatômetro 'Y' é um sistema que permite a comparação entre dois odores por vez, a princípio, sendo dessa forma, inicialmente todos os tratamentos (i ao v) foram confrontados com o controle (Hexano) e posteriormente, os tratamentos foram confrontados com o milho (substrato alimentar primário).

Foram utilizadas 20 repetições para cada combinação de tratamentos, sendo que a cada avaliação o olfatômetro foi girado 180°, evitando assim o possível condicionamento dos gorgulhos em relação as condições do ambiente. A escolha do campo atrativo pelo inseto foi considerado quando cada indivíduo cruzou uma linha demarcada na porção final do tubo, situada a 2 cm da conexão final do tubo.

Os bioensaios foram realizados em sala climatizada (Temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 10\%$) no período entre as 11 e 14 horas. Cada gorgulho foi utilizado uma vez, sendo logo após o bioensaio, armazenado em vidros de álcool a 70%, para posterior dissecação e sexagem. O delineamento foi inteiramente casualizado e os dados referentes ao número de escolhas de *S. zeamais* pelos voláteis dos frutos foram avaliados pelo teste Qui-quadrado ($P \leq 0,05$) (SAS INSTITUTE, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificação dos compostos voláteis

Através da análise por CG-EM dos extratos de pêssgo e maçã, no estádios de maturação verde e maduro, foi possível observar a presença de mais de 50 compostos químicos (picos) (Tabela 1). A identificação dos compostos foi confirmada pela comparação entre os tempos de retenção e a comparação entre os espectros de massa das substâncias sintéticas (padrões). Alguns compostos não foram identificados, visto que os espectros de massa das amostras diferiam dos espectros da biblioteca e não havia compostos sintéticos disponíveis para comparar. Cabe ressaltar que os frutos foram coletados em pomares comerciais e possíveis diferenças nos compostos encontrados pode ser devido ao manejo dos pomares, como a aplicação de agrotóxicos possa ter influenciado os voláteis emitidos pelos frutos coletados em pomares comerciais.

Os voláteis de frutos são normalmente um complexo de diversos compostos voláteis, com diferentes funções, abrangendo estruturas químicas simples com poucas cadeias de carbono até os mais complexos, como compostos sesquiterpenos (LIGHT et al., 1988). Durante o amadurecimento dos frutos, ocorrem modificações no metabolismo, o qual pode influenciar na liberação de compostos voláteis e até mesmo propiciar diferenças qualitativas e quantitativas nos voláteis emitidos.

As diferenças entre os estádios de maturação, verde e maduro, podem ser observados nos cromatogramas, sendo possível observar diferenças quantitativas nos picos dos compostos predominantes (Figura 1). Em frutos como pêssigo e maçã, no estágio verde a predominância é de compostos formados por 6 carbonos, como alcoóis e alguns aldeídos, chamados *Green volatiles* (KAKIUCHI & OHMIYA, 1991; VALLAT & DORN, 2005).

Em pêssigos muitos compostos voláteis foram identificados, incluindo alcoóis, aldeídos, alcanos, ésteres, ketonas, lactonas e terpenos. Dentre estes, as lactonas, particularmente delta-lactona e gamma-lactona são citadas com responsáveis pelo aroma característico de pêssigos, acentuando-se na maturação (ZHANG et al., 1999). Em pêssigo no estágio maduro, há predominância de compostos voláteis do grupo lactonas, como gamma-decalactona, delta-decalactona e gamma hexalactona (KAKIUCHI & OHMIYA, 1991).

Outros compostos presentes nas amostras analisadas, como o hexanoato de butila (Tabela 1), um composto volátil encontrado em maçã (HERN & DORN, 2003), tem sido demonstrado como atrativo para fêmeas de *Cydia molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae), um importante inseto-praga nas culturas do pessegueiro e da macieira (NATALE et al., 2004). Outro composto volátil presente nas amostras, como o Limoneno, já foi testado em pomares de macieira, em combinação com o feromônio de agregação, com benzaldeído ou isoladamente, no monitoramento de *C. nenuphar*, sem no entanto apresentar efeito sinérgico ou atrativo (isoladamente) (PIÑERO & PROKOPY, 2003).

Tais compostos, ou a mistura, podem ser responsáveis pela atratividade de *S. zeamais* a pêsego e maçã, visto que estes frutos são observados atacados por este inseto-praga no momento da colheita, no estágio maduro (SALLES, 1998; BONETTI et al., 1999; BOTTON et al., 2005).

Ao conhecer os principais compostos presentes nas amostras, pode-se vislumbrar a realização de testes eletrofisiológicos com os extratos visando observar a resposta de *S. zeamais* e posteriormente realizar testes comportamentais com os potenciais compostos, em condições de laboratório em testes de atratividade, eletroantenograma e dose resposta com as substâncias sintéticas (padrões) e posteriormente, testar os compostos potenciais em condições de campo, em combinação com o feromônio de agregação ou isoladamente.

Bioensaios comportamentais

Insetos adultos com idade de 8 a 10 dias, responderam aos compostos testados em olfatômetro Y (Figura 2). Foi possível observar que os insetos foram atraídos significativamente pelos voláteis de pêsego e maçã no estágio maduro, sendo semelhante ao observado ao hospedeiro primário, que é o milho (Figura 2).

Em frutos verdes, não houve diferença significativa quando comparado ao controle (somente solvente) (Figura 2), indicando que os frutos neste estágio de maturação podem não ser atrativos a *S. zeamais*. Durante o bioensaio, foi observado que ao testar os voláteis de frutos verdes, pêsego e maçã, muitos gorgulhos não apresentaram resposta, permanecendo no braço principal. Tal comportamento deve ser avaliado quanto a possível ação repelente de algum composto presente nos extratos de frutos verdes (pêsego e maçã), possivelmente podendo ser testado em olfatômetros de quatro vias, que é mais apropriado a testes de repelência.

Quando testou-se os extratos dos frutos frente ao hospedeiro primário (milho), observou-se que em pêsego e maçã no estágio maduro, a atração aos voláteis não diferem

significativamente do milho, enquanto que os extratos de frutos verdes, diferiram significativamente do milho. O extrato de pêssego maduro foi o único que apresentou atratividade maior que o milho (Figura 3). Tais resultados mostram que em condições de campo, a utilização de armadilhas iscadas com milho, podem apresentar problemas no momento em que os frutos de pessegueiro e macieira estão maduros, podendo o gorgulho optar pelas frutas ao invés das armadilhas com milho.

Não há informações sobre a atração de *S. zeamais* a pêssego e maçã, bem como a outras espécies de frutas. Os resultados do presente trabalho são as primeiras informações sobre um efeito atrativo de voláteis de pêssego e maçã maduros a *S. zeamais* (Figuras 2 e 3) e corroboram com as observações realizadas em pomares, sendo que este inseto-praga é associado a ocorrência e ataque somente em frutos maduros de pessegueiro e macieira (LORENZATO & GRELLMANN, 1987; REIS FILHO et al., 1989; SALLES 1998; BONETTI et al., 1999).

A identificação de qual o(s) composto(s) químico(s) envolvidos neste processo de interação entre *S. zeamais* e pêssego e maçã poderá ser útil no manejo deste inseto-praga em pomares comerciais, seja para monitoramento ou por meio de iscas tóxicas. Para tal, é fundamental a realização de testes eletrofisiológicos, bem como a realização de bioensaios comportamentais, avaliando as respostas considerando os aspectos biológicos dos insetos, como idade, sexo e alimentação.

CONCLUSÕES

Em pêssego no estágio maduro, há predominância de compostos voláteis do grupo lactonas, como gamma-decalactona, delta-decalactona e gamma hexalactona;

Há diferenças quantitativas e qualitativas nos perfis de voláteis de frutos maduros e verdes, destacando-se o pêssego;

O gorgulho do milho, *S. zeamais* é atraído a compostos voláteis de pêsego e maçã no estágio maduro;

Os compostos voláteis de pêsego no estágio maduro apresentam maior atratividade a adultos de *S. zeamais* que voláteis emitidos por grãos de milho.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e DAAD (Serviço Alemão de Intercâmbio Acadêmico), pelas bolsas de doutorado e doutorado Sanduiche do primeiro autor e de produtividade em pesquisa do segundo e terceiro autores.

REFERÊNCIAS

- ARAB, A.; BENTO, J.M.S. Plant volatiles: New perspectives for research in Brazil. *Neotropical Entomology*, v.35, p.151-158, 2006.
- BONETTI, J.I.S. et al. **Manual de identificação de doenças e pragas da macieira**. Florianópolis: Epagri, 1999. 149p.
- BOTTON, M. et al. O gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) como praga em frutíferas de clima temperado. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 7p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 58). 2005.
- BURKHOLDER, W.E.; MA, M. Pheromones for monitoring and control of stored-product insects. *Annual Review of Entomology*, v.30, p.257-272, 1985.
- BUTKEWICH, S.C.; PROKOPY, R.J. Attraction of adult plum curculios (Coleoptera: Curculionidae) to host-tree odor and visual stimuli in the field. *Journal of Entomological Science*, v.32, p.1-6, 1997.
- DICKENS, J.C. Green leaf volatiles enhance aggregation pheromone of boll weevil, *Anthonomus grandis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v.52, p.191-203, 1989.

- EVANS, K.A.; BERGERON, J. Behavioral and electrophysiological response of cabbage seed weevils (*Ceutorhynchus assimilis*) to conspecific odor. **Journal of Chemical Ecology**, v.20, p.979-989, 1994.
- FAUSTINI, D.L. et al. Aggregation pheromone of the male granary weevil, *Sitophilus granaries* (L.). **Journal of Chemical Ecology**, v. 8, p.679-687, 1982.
- GIBLIN-DAVIS, R.M. et al. Field response of *Rhynchophorus cruentatus* (Coleoptera: Curculionidae) to its aggregation pheromone and fermenting plant volatiles. **Florida Entomologist**, v.77, p.164-177, 1994.
- GIBLIN-DAVIS, R.M. et al. Optimization of semiochemical based trapping of *Metamasius hemipterus sericeus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Chemical Ecology**, v.22, p.1389-1410, 1996.
- HERN, A.; DORN, S. Monitoring seasonal variation in apple fruit emission in situ using solid phase microextraction. **Phytochemical Analysis**. v.14, p.232–240, 2003.
- KAKIUCHI, N.; OHMIYA, A. Changes in the composition and content of volatile constituents in peach fruits in relation to maturity at harvest and artificial ripening. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v.60, p.209-216, 1991.
- LANDOLT, P.J.; PHILLIPS, T.W. Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects. **Annual Review of Entomology**, v.42, p.371-391, 1997.
- LESKEY, T.C.; PROKOPY, R.J. Sources of apple odor attractive to adult plum curculios (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Chemical Ecology**, v.26, p.639-653, 2000.
- LESKEY, T.C.; WRIGHT, S.E. Influence of host tree proximity on adult plum curculio (Coleoptera: Curculionidae) responses to monitoring traps. **Environmental Entomology**, v.33, p.389–396, 2004.

LIGHT, D.M. et al., Electroantennogram responses of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*, to a spectrum of plant volatiles. **Journal of Chemical Ecology**, v.14, p.159-180, 1988.

LORENZATO, D.; GRELLMANN, E.O. Resistência de maçãs, em dezesseis cultivares comerciais de macieiras (*Malus domestica* Bork), frente ao ataque do gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae). **Agronomia Sulriograndense**, v.23, p.3-10, 1987.

NATALE, D. et al. Apple and peach fruit volatiles and the apple constituent butyl hexanoate attract female oriental fruit moth, *Cydia molesta*, in the laboratory. **Journal of Applied Entomology**, v.128, p.22-27, 2004.

OEHLISCHLAGER, A.C. et al. Development of a pheromone-based trapping system for *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v.86, p.1381-1392, 1993.

PHILLIPS, J.K.; BURKHOLDER, W.E. Evidence for a male-produced aggregation pheromone in the rice weevil. **Journal of Chemical Ecology**, v.74, p.539-542, 1981.

PIÑERO, J.C.; PROKOPY, R.J. Field evaluation of plant odor and pheromonal combinations for attracting Plum curculios. **Journal of Chemical Ecology**, v.29, p.2735-2748, 2003.

PROKOPY, R.J.; WRIGHT, S.E. Plum curculio (Coleoptera: Curculionidae) response to unbaited pyramid and cone traps. **Journal of Economic Entomology**, v.91, p.226-234, 1998.

PROKOPY, R.J. et al. Odor-baited trap trees: A new approach to monitoring Plum curculio (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v.96, p.826-834, 2003.

PROKOPY, R.J. et al. Using odor-baited trap trees as sentinels to monitoring Plum curculio (Coleoptera: Curculionidae) in apple orchards. **Journal of Economic Entomology**, v.97, p.511-517, 2004.

REIS FILHO, W. et al. Gorgulho do milho é praga da macieira em SC. **Agropecuária Catarinense**, v. 2, p. 52-53, 1989.

ROCHAT, D. et al. Male-produced aggregation pheromone of the american Palm weevil, *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Collection, identification, electrophysiological activity, and laboratory bioassay. **Journal of Chemical Ecology**, v.17, p.2127-2141, 1991.

SALLES, L.A.B. Principais pragas e seu controle. In: MEDEIROS, C.A.B.; RASEIRA, M.C.do. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa-CPACT, 1998. p.206-242.

SAS Institute. **Getting Started with the SAS Learning Edition**. Cary, NC: SAS I.Inc. 2002.

SCHMUFF, N. R. et al. The chemical identification of the rice weevil and maize weevil aggregation pheromone. **Tetrahedron Letter**, v.25, p.1533 – 1534, 1984.

THOLL, D. et al. Practical approaches to plant volatile analysis. **The Plant Journal**, v.45, p.540-560, 2006.

VALLAT, A.; DORN, S. Changes in volatile emissions from apple trees and associated response of adult female codling moths over the fruit-growing season. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p.4083-4090, 2005.

VILELA, E.F.; DELLA LUCIA, T.M.C. **Feromônios de Insetos: biologia, química e aplicação**. Ed 2ª, Holos Editora – Ribeirão Preto, 2001. 206p.

WALGENBACH, C.A. et al. Maleproduced aggregation pheromone of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, and interespecific attraction between three *Sitophilus* species. **Journal of Chemical Ecology**, v. 9, p.831-841, 1983.

ZHANG, A. et al. Identification of a new blend of apple volatiles attractive to the apple maggot, *Rhagoletis pomonella*. **Journal of Chemical Ecology**, v.25, p.1221-1232, 1999.

Tabela 1. Compostos químicos identificados em extratos de pêsego cv. Eldorado e maçã cv. Eva, nos estádios verde e maduro, por cromatógrafo gasoso acoplado a espectro de massas (CG-EM).

Compostos químicos	Pêssego verde	Pêssego maduro	Maçã verde	Maçã madura
acetato de hexila	-	*	*	*
hexanoato de metila	-	-	*	*
hexanoato de butila	-	-	*	*
hexanoato de etila	-	*	*	*
<i>Cis</i> -3-acetato de hexenila	*	*	*	*
<i>Trans</i> -2-acetato de hexenila	-	*	*	*
gamma-hexalactona	*	*	-	-
Linalool	-	*	-	-
Limoneno	-	*	-	-
nonanal	*	*	*	*
Decanal	*	*	-	-
Farneseno	-	-	*	*
propinoato de hexila	-	-	*	*
octanoato de etila	*	*	*	*
<i>cis</i> -3-butanoato de hexenila	-	-	*	*
gamma-octalactona	*	*	-	-
gamma-decalactona	*	*	-	-
delta-decalactona	*	*	-	-

*Composto detectado na amostra; - composto não detectado na amostra

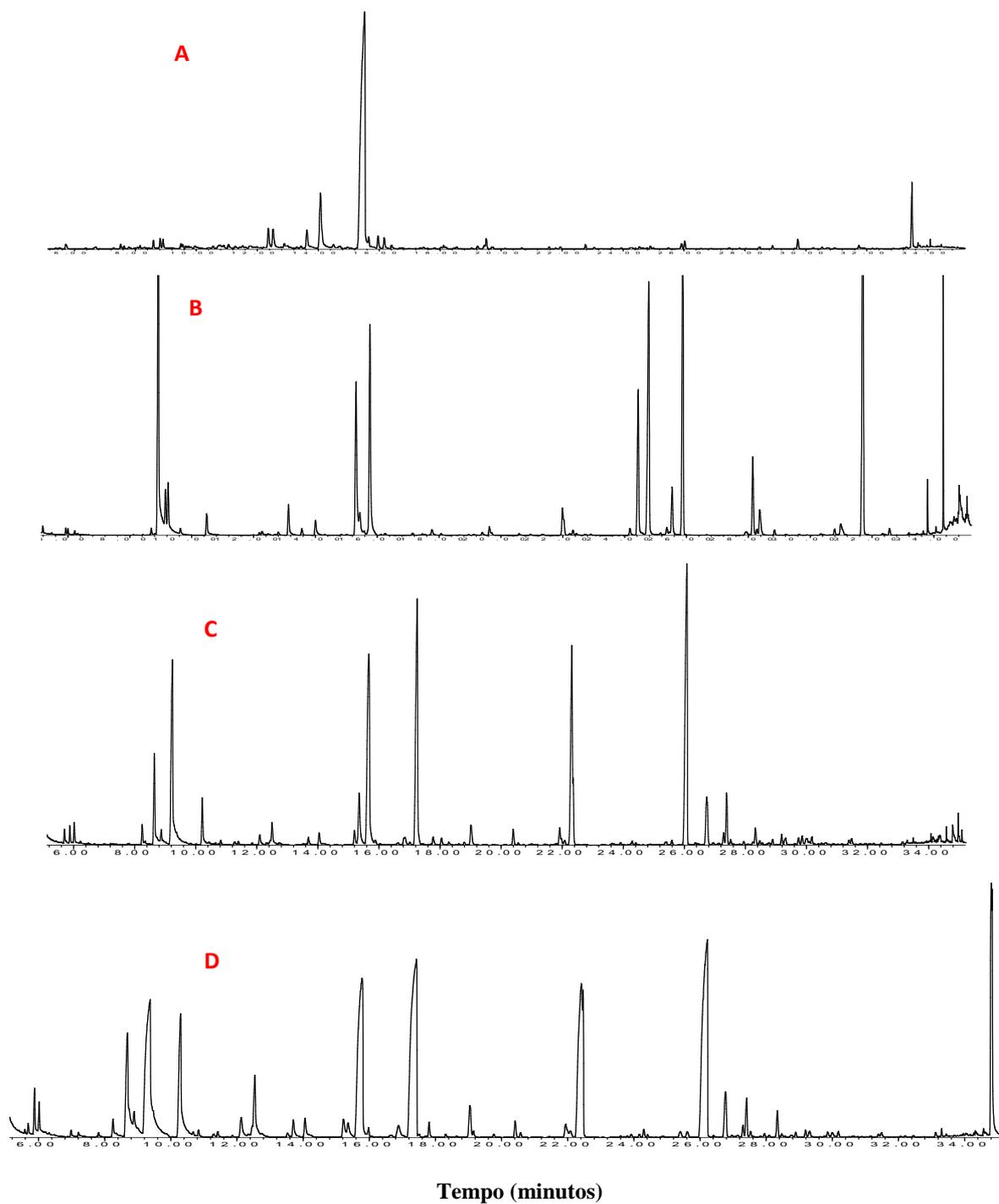


Figura 1. Cromatogramas de voláteis coletados em Pêssego cv. Eldorado verde (A); Pêssego cv. Eldorado maduro (B); Maçã cv. Eva verde (C); Maçã cv. Eva madura (D) através de aeração e eluídos em solvente hexano.

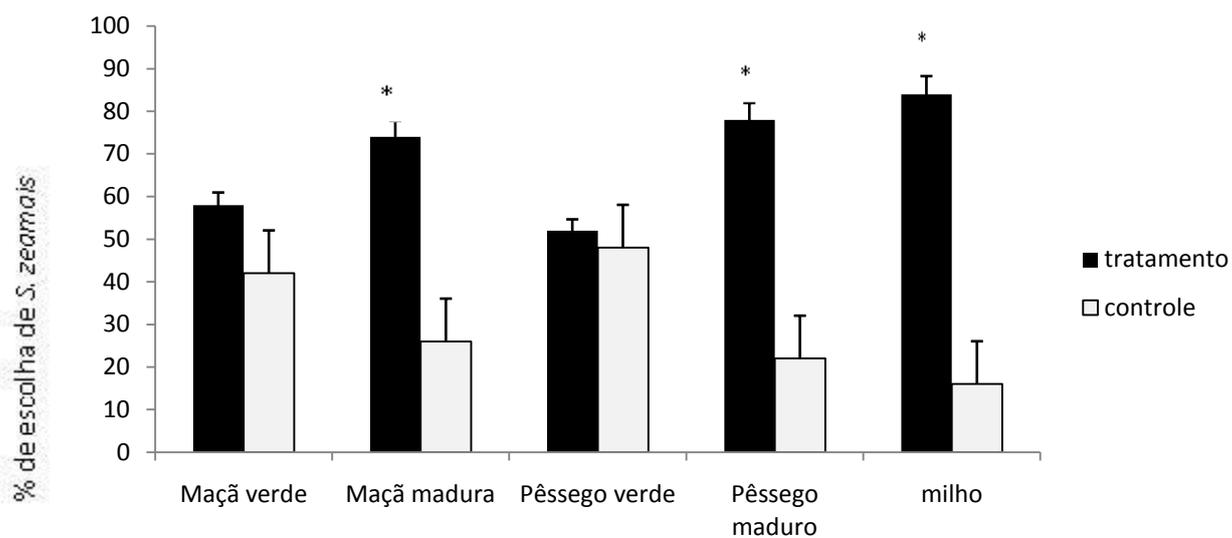


Figura 2. Porcentagem total de escolhas de *Sitophilus zeamais* aos voláteis quando testados frente ao solvente (controle). Tratamentos: pêssego verde; pêssego maduro; maçã verde; maçã madura e milho (substrato alimentar primário). (*) Diferença significativa pelo teste Qui-quadrado ($P < 0,05$).

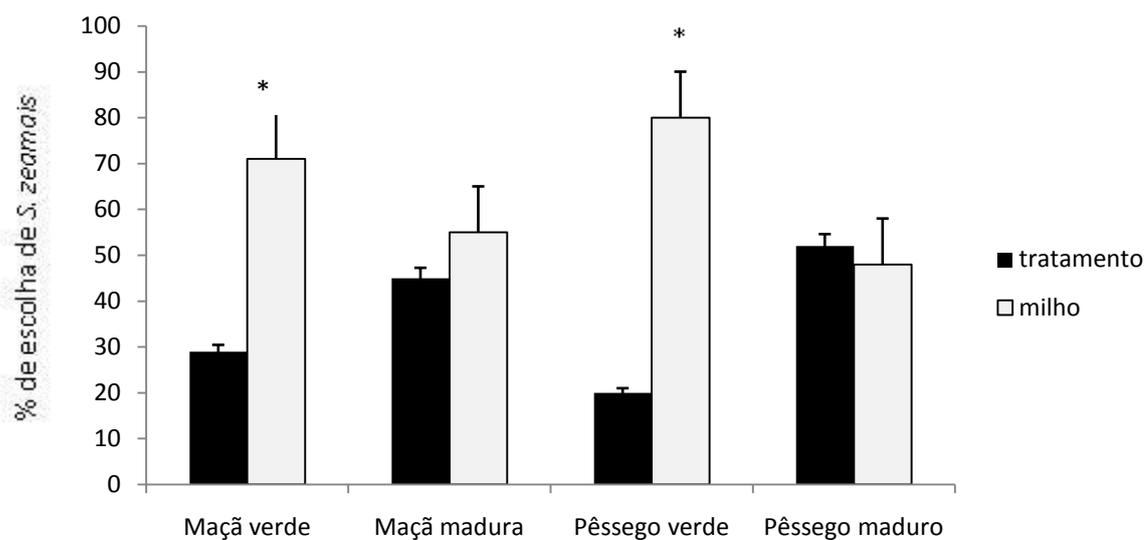


Figura 3. Porcentagem total de escolhas de *Sitophilus zeamais* aos voláteis quando testados frente ao hospedeiro primário (milho). Tratamentos: pêssego verde; pêssego maduro; maçã verde; maçã madura e milho (substrato alimentar primário). (*) Diferença significativa entre o tratamento e milho pelo teste Qui-quadrado ($P < 0,05$).

6 - Artigo 5: Revista Ciência Rural

Avaliação da persistência de agrotóxicos em pomares de pessegueiro visando o controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)

**Sandro Daniel Nörnberg^{1,2}; Anderson Dionei Grützmacher¹; Dori Edson Nava²;
José Maurício Simões Bento³; Ângelo Luis Ozelame^{1,2}; Lucas Kuhn Hübner^{1,2}**

¹Departamento de Fitossanidade, Laboratório de Manejo Integrado de Pragas-LabMIP, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPeI), Pelotas, RS, Brasil;

²Embrapa Clima Temperado, Laboratório de Entomologia, Pelotas, RS, Brasil;

³Departamento de Entomologia e Acarologia Agrícola, Laboratório de Comportamento de Insetos e Ecologia Química, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, SP, Brasil.

**Avaliação da persistência de agrotóxicos em pomares de pessegueiro visando o controle
de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)**

**Persistence of pesticides in peach orchards for the control of the *Sitophilus zeamais*
(Coleoptera: Curculionidae)**

**Sandro Daniel Nörnberg; Anderson Dionei Grützmacher; Dori Edson Nava; José
Maurício Simões Bento; Ângelo Luis Ozelame; Lucas Kuhn Hübner**

RESUMO

O manejo do gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em pomares de pessegueiro tem sido um desafio, visto que até o momento inexistem alternativas de controle. O objetivo deste trabalho foi avaliar a persistência de agrotóxicos pulverizados em pomares de pessegueiro sobre *S. zeamais*. O trabalho consistiu de dois bioensaios, divididos em função da forma de aplicação dos produtos-teste. O Bioensaio I consistiu na pulverização dos agrotóxicos diretamente sobre as plantas de pessegueiro e a avaliação da persistência foi realizada a 1, 3, 5, 7 e 10 dias após a pulverização (DAP) tendo como fatores, os agrotóxicos e o tempo de avaliação. No Bioensaio II, a aplicação dos produtos-teste foi realizada em laboratório. Em ambos os bioensaios, a avaliação do efeito dos agrotóxicos foi realizada em laboratório, através da liberação de dez gorgulhos por fruto de pessegueiro. As avaliações do efeito dos tratamentos foi mensurada pela variável número de insetos sobreviventes. Os resultados para os inseticidas [i.a/produto comercial/(ml ou g.100L)] mostram que: com aplicação dos tratamentos em condições de campo (Bioensaio I), malationa/Malathion[®] 1000 CE (200) apresentou persistência a 1 DAT com controle superior a 80%, e o tiametoxan/Actara[®] 250 WG (30) até 3 DAT, enquanto que

fosmete/Imidan[®] 500 PM (200) e fentiona/Lebaycid[®] 500 CE (100) apresentaram controle superior a 70% a 1 DAT. Em condições de aplicação dos tratamentos em laboratório, os mesmos inseticidas apresentaram eficiência de controle de 100% a 120 HAT.

Palavras-chave: persistência, inseticidas, Manejo integrado de pragas, Produção integrada de Pêssegos, *Prunus persicae*.

ABSTRACT

The management of the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) in peach orchards has been a challenge, since so far there are no one alternative control. The objective of this study was to evaluate the persistence of pesticides sprayed on peach orchards on *S. zeamais*. The study consisted of two bioassays, split according to the method of application of pesticides. The Bioassay I was to spray pesticides directly on the peach trees and the evaluation of persistence was at the 1, 3, 5, 7 and 10 days after spraying (DAP) as factors, pesticides and evaluation time. In Bioassay II, the application of pesticides was performed in the laboratory. In both bioassays, assessing the effect of pesticides was performed in the laboratory, through the release of ten weevils per fruit peach. Assessments of the effect of treatments were measured by the variable number of surviving insects. The results for the pesticides [commercial product/rates (ml or g.100L)] show that, with application of treatments in the field (Bioassay I), malathion / Malathion[®] EC 1000 (200) presented a persistence at 1DAT and control than 80%, and thiametoxan / WG Actara[®] 250 (30) up to 3 DAT, while phosmet / Imidan[®] AM 500 (200) and fenthion/Lebaycid[®] EC 500 (100) control had over 70% at 1 DAT . Under conditions of application of treatments in the laboratory, the same insecticides showed control of 100% at 120 HAT.

Key words: persistence, insecticides, integrated pest management, maize weevil, *Prunus persicae*.

INTRODUÇÃO

O gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) é um inseto-praga primário de cereais armazenados (HALSTEAD, 1963), sendo os grãos de milho os seus principais hospedeiros multiplicadores. No entanto, além de grãos, há registro de ataque em outros produtos armazenados, como macarrão e frutas secas (LORINI, 1999, 2002; MURATA et al., 2008; TREMATERRA, 2009), bem como ataque em condições de campo em frutíferas de clima temperado (BOTTON et al., 2005b).

Embora havendo relatos de ataque em frutas há quase três décadas, a cada ano tem sido mais frequente e abrangente, sendo encontrado em pomares de pessegueiro e macieira na região de Pelotas, sul do estado do Rio Grande do Sul (RS) (SALLES, 2003; GOMES, 2003; GIACOBBO et al., 2005; NÖRNBERG et al., 2010) além de macieira no estado de Santa Catarina (SC) (BONETTI et al., 1999) e em videira na Região da Serra Gaúcha, no RS (BOTTON et al., 2005a) e no vale do Rio do Peixe, SC (HICKEL & SCHUCK, 2005).

Em pessegueiro os danos causados pelo gorgulho em frutos são devido a sua alimentação, pela qual ocorre a perfuração da casca dos frutos produzindo pequenas depressões na polpa, propiciando assim a infecção fúngica, como a podridão parda, causada pelo fungo *Monilinia fructicola* (Wint.) (Honey, 1928) (Helotiales: Sclerotiniaceae). Deste modo, o dano causado por, *S. zeamais* em pêssago tem sido caracterizado como de perdas diretas, através da queda dos frutos, e de perdas indiretas, devido a infecções fúngicas (SALLES, 1998; 2003).

No início dos anos 2000, GOMES (2003) observou alta intensidade de ataque, em pêssagos da cultivar Chimarrita, com médias de frutos com danos de 20,04 e 25,26% nos sistemas de produção convencional (PC) e produção integrada de pêssagos (PIP), respectivamente. Passados dez anos destes relatos, observa-se um aumento significativo na perda de frutos de pessegueiro devido ao dano deste inseto-praga, sendo que nas safras de

2010-2011, pomares apresentaram até 35% de pêssegos com dano no momento da colheita (NAVA, 2012 – Informe verbal). Tais observações evidenciam o potencial de prejuízo econômico que o ataque do gorgulho pode causar na cultura e a necessidade de medidas de controle.

Devido a *S. zeamais* ter uma relação direta com grãos armazenados, o seu controle deve ser focado primeiramente nos locais de armazenamento de grãos, no entanto, embora sendo a prática ideal, não tem sido realizada, pois a maioria dos agricultores nas regiões frutícolas tem a produção e estocagem de milho para a criação de animais e não adotam medida de controle frente a infestação por insetos-praga (BOTTON et al., 2005b).

Em grãos armazenados, há muitas alternativas de controle que pode ser realizado com a utilização de fumigantes (fosfeto de alumínio e de magnésio) e inseticidas protetores (piretróides e organofosforados) (LORINI, 1999; BENHALIMA et al., 2004, SANTOS et al., 2009). Como métodos alternativos há os pós inertes, como a terra de diatomácea com ação física ou ainda a utilização de extratos de plantas com ação inseticida e/ou mesmo repelentes (LORINI, 2002; COITINHO et al., 2010; UKEH et al., 2012).

Estudos prévios realizados em laboratório mostraram eficiência de controle de inseticidas utilizados no manejo de pragas de frutíferas a base de triclorfon, fentiona, clorpirifós, malationa, fenitrotona e metidationa (AFONSO et al., 2005). Os mesmos autores testaram também novas moléculas inseticidas, sendo que o inseticida a base de thiametoxan tem se mostrado com potencial em testes em laboratório. Em pulverização realizada em pomar de pessegueiro, as plantas tratadas com thiametoxan apresentaram menor incidência de danos de *S. zeamais* nos frutos (GIACOBBO et al., 2005).

Considerando que o ataque de *S. zeamais* tem sido observado nos períodos de colheita em pomares de pessegueiro (SALLES, 1983; 1998; 2003) torna-se necessário conhecer a persistência dos inseticidas quando aplicados em campo, visto que os inseticidas

registrados para o controle de insetos-pragas na cultura do pessegueiro apresentam período de carência variando de 3 a 21 dias (AGROFIT, 2012). Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a persistência de agrotóxicos na cultura do pessegueiro visando sua utilização no controle de *S. zeamais*.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram conduzidos no Laboratório de Entomologia da Embrapa Clima Temperado (temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$; umidade relativa $70\pm 10\%$; fotofase de 14 horas) e em pomar comercial de pessegueiro *Prunus persicae* (L.) Batsch, 1801, cultivar Magno, localizado (latitude $32^{\circ} 39' 23''$ S e longitude $52^{\circ} 46' 16''$ W) no município de Canguçu, RS.

Os tratamentos constaram de agrotóxicos registrados e indicados para o controle de pragas na cultura do pessegueiro, com exceção dos inseticidas Actara[®] 250 WG, Perfektion[®] 500 PM e Azamax[®] (Tabela 1). Os agrotóxicos foram avaliados nas dosagens máximas indicadas pelos fabricantes sendo o tratamento testemunha constituído por somente água.

O inseticida Actara[®] 250 WG apresentou resultados promissores em testes de contato residual (AFONSO et al., 2005; GIACOBBO et al., 2005) e o inseticida Perfektion[®] 500 PM tem sido citado como um dos inseticidas, sem registro para a cultura, utilizados por persicultores (LIMA et al., 2009; SILVA et al., 2011). Tais produtos foram testados vislumbrando-se a extensão de uso dos mesmos, visto que são registrado no manejo de insetos-praga na cultura da macieira. O inseticida Azamax[®] tem como ingrediente ativo a azadiractina, o qual é um alcaloide presente em produtos a base de nim, os quais tem apresentado eficiência visando o controle em grãos armazenados (NUKENINE et al., 2011).

Os insetos utilizados nos bioensaios foram obtidos da criação de manutenção no mesmo laboratório, a partir de uma população de *S. zeamais* coletados em pomares de

pessegueiro na região de Pelotas, RS no ano de 2008. Foram utilizados insetos adultos, não sexados, com idade entre 7 e 14 dias, criados em grãos de milho.

Foram conduzidos dois bioensaios, nomeados de Bioensaio I e Bioensaio II. Cada bioensaio consistiu de duas etapas: a primeira etapa correspondeu a aplicação dos tratamentos e segunda etapa correspondeu a avaliação da toxicidade dos tratamentos sobre os insetos.

No Bioensaio I, a aplicação dos produtos-teste foi realizada em condições de campo, através da pulverização direta das plantas de pessegueiro com auxílio de um pulverizador costal propelido a CO₂, até o ponto de escorrimento, utilizando-se em média dois litros de calda por planta, equivalendo a uma aplicação de 600L.ha⁻¹, simulando uma aplicação realizada pelos produtores.

Para a realização do bioensaio, uma área de aproximadamente 100 plantas, localizada em uma das bordas do pomar, foi preservada sem aplicação prévia de inseticidas. As plantas de pessegueiro foram previamente selecionadas e identificadas, sendo quatro plantas para cada tratamento. Visando evitar a contaminação entre os produtos-teste, foi estabelecido um intervalo de dez plantas (na linha) e a utilização de linhas intercaladas para cada tratamento.

Em períodos pré-definidos, de 1, 3, 5, 7 e 10 dias após a pulverização dos tratamentos (DAP), foram coletados 20 frutos de cada tratamento (sendo 5 frutos por planta) e individualizados em copos plásticos (300 mL) e posteriormente encaminhados ao laboratório, sendo liberados dez insetos adultos de *S. zeamais* em cada fruto. Os recipientes plásticos contendo os frutos infestados foram mantidos em sala climatizada nas mesmas condições da criação dos insetos. As avaliações do número de insetos sobreviventes em cada tratamento foram realizadas a 24, 48 e 72 horas após a liberação dos gorgulhos.

No Bioensaio II, os frutos de pessegueiro, cv. Magno, foram coletados, de plantas da mesma área do Bioensaio I, sem aplicação prévia de agrotóxicos, e encaminhados ao laboratório, onde foram submetidos a aplicação dos oito produtos-testes, sendo mergulhados

em calda de agrotóxico durante 10 segundos (AFONSO et al., 2005) utilizando-se as caldas de agrotóxicos preparadas no Bioensaio I. Após a secagem, os frutos foram individualizados em copos plásticos (300mL), sendo o bioensaio conduzido nas mesmas condições do Bioensaio I. As avaliações, do número de gorgulhos sobreviventes em cada tratamento, foram realizadas a 24, 48, 72, 96 e 120 horas após a aplicação dos tratamentos.

O delineamento experimental utilizado no Bioensaio I foi de casualização em subamostras, utilizando-se quatro plantas por tratamento e 20 frutos por planta, totalizando 20 repetições por tratamento. No Bioensaio II o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo utilizados dez frutos por tratamento, sendo cada fruto, infestado por dez insetos, considerado como repetição, totalizando dez repetições por tratamento.

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011). A eficiência dos inseticidas foi calculada através da fórmula de ABBOTT (1925). Para avaliar a sobrevivência ao longo do tempo (Bioensaio II) foram construídas curvas de sobrevivência utilizando o estimador de Kaplan-Meier, e posteriormente estas foram comparadas por meio do teste de log-rank com o auxílio do Programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Bioensaio I, as avaliações de frutos de pessegueiro, submetidos ao tratamento em condições de campo, mostraram na primeira avaliação, a 1 DAT, uma redução significativa no número de gorgulhos sobreviventes para tiametoxan (Actara[®] 250 WG), malationa (Malathion[®] 1000 CE), fosmete (Imidan[®] 500 PM) e fentiona (Lebaycid[®] 500 CE) com eficiência de controle de 85,1%, 85,6%, 74,2% e 73,2%, respectivamente (Tabela 2).

Na avaliação realizada aos 3 DAT, observou-se um aumento no número médio de gorgulhos sobreviventes em todos os tratamentos, reduzindo a eficiência de controle dos mesmos, com exceção de tiametoxan que manteve a eficiência de controle de 80% (Tabela 2).

Nas avaliações subsequentes, aos 5, 7 e 10 DAT, os agrotóxicos testados apresentaram um aumento no número médio de gorgulhos vivos e uma eficiência de controle inferior a 53,3%, com exceção do tiametoxan, que apresentou uma eficiência de controle de 70,5% aos 5 DAT e nas avaliações subsequentes, 7 DAT e 10 DAT, eficiência de 63,2 e 53,2 %, respectivamente (Tabela 2).

No Bioensaio II, os resultados referentes às avaliações de mortalidade acumulada de *S. zeamais* após o contato com frutos de pessegueiro, submetidos aos tratamentos em condições de laboratório, estão sumarizados na Tabela 3.

Através da formação de curvas de sobrevivência (Figura 1) é possível observar que a estimativa de sobrevivência dos gorgulhos, em função do tempo, gerou a formação de dois grupos distintos entre os tratamentos, sendo os inseticidas fosmete, tiametoxan, malationa e fentiona diferiram significativamente da testemunha no número de insetos sobreviventes, enquanto que os inseticidas dimetoato (Perfektion[®] 500 PM), deltametrina (Decis[®] 25 CE) e o inseticida a base de neen (Azamax[®]) demonstraram baixa eficiência de controle em todas as avaliações, não diferindo significativamente da testemunha (somente água) (Tabela 3).

Na primeira avaliação, a 24 horas após o tratamento (HAT), tiametoxan e malationa provocaram mortalidade de *S. zeamais* superior a 90%, apresentando um número médio de gorgulhos vivos variando de 0,6 e 0,1 respectivamente, enquanto que fentiona e fosmete apresentaram uma eficiência de controle de 57,6% e 73,7%, respectivamente (Tabela 3). Nas avaliações posteriores, os inseticidas tiametoxan, fosmete, malationa e fentiona apresentaram eficiência de controle superior a 80% após duas ou mais avaliações consecutivas a 120 HAT

(Tabela 3), enquanto que azadirachtina, deltametrina, enxofre e dimetoato mantiveram o mesmo comportamento, não diferindo do tratamento testemunha (Figura 1).

Os resultados mostram que os inseticidas organofosforados, além do tiametoxan pertencente ao grupo dos neonicotinóides, foram os que apresentaram maior eficiência de controle. Tais resultados corroboram com trabalhos que citam que inseticidas organofosforados são eficientes no controle de *S. zeamais* (SGARBIERO et al., 2003, SANTOS et al., 2009).

No presente trabalho, os resultados devem ser observados considerando dois aspectos: a eficiência de controle quando aplicados em laboratório (ausência do efeito de fatores climáticos e da forma de aplicação dos produtos) e a eficiência dos mesmos produtos sob efeito de fatores climáticos ao longo do tempo.

Inseticidas do grupo dos piretróides, bem como os organofosforados, são amplamente utilizados no manejo de *S. zeamais* em locais de armazenamento e tem apresentado eficiência de controle (BENHALIMA et al., 2004, SANTOS et al., 2009). Considerando esta eficiência no controle do gorgulho do milho em grãos armazenados, e nas diferenças na eficiência de controle observadas no presente estudo (Bioensaio II) podemos levantar algumas hipóteses para o entendimento dos resultados, baseado no produto-teste.

Em relação as características de cada produto-teste, a formulação e o composto inerte podem ser fatores importantes, visto que os produtos comerciais utilizados no presente estudo são recomendados para o manejo de pragas em frutíferas de clima temperado e não são os mesmos utilizados para o manejo de *S. zeamais* em grãos armazenados (AGROFIT, 2012). Tal fato pode ser aplicado na interpretação dos resultados referentes aos inseticidas deltametrina (piretróide) e dimetoato (organofosforado), os quais não foram eficientes no controle de *S. zeamais* nas condições do presente estudo. Resultados similares foram

encontrados por AFONSO et al. (2005) que observaram uma baixa eficiência de controle para deltametrina em bioensaios de contato direto e residual, realizado em laboratório.

Tais diferenças nos resultados podem ser ainda devido a outro fator, que é a detecção, em diversas partes do Brasil, de populações resistentes de *S. zeamais* a piretróides, especificamente a este princípio ativo (GUEDES et al., 1995; SANTOS et al., 2009). A população de gorgulhos utilizada no presente estudo foi coletada em pomares de pessegueiro na região de Pelotas, RS e não há informações sobre populações resistentes, e, portanto, tal hipótese não deve ser desconsiderada.

Outro aspecto a ser considerado para estes inseticidas, dimetoato e deltametrina, é a dosagem utilizada no presente estudo, visto que foi baseada na recomendação para outras pragas, o que pode não ser adequada para o controle *S. zeamais*. Tal hipótese não se aplica para os inseticidas organofosforados fentiona, fosmete e malationa, pois através dos resultados observados no Bioensaio II (Tabela 3) onde a 120 HAT apresentaram 100% de mortalidade, sendo estes resultados corroborados por estudos prévios (AFONSO et al., 2005).

Desconsiderando os efeitos específicos de cada produto-teste (discutido anteriormente), as diferenças observadas na eficiência de controle entre os Bioensaios I e II, podem ser devido a forma de aplicação dos tratamentos e a ação de fatores climáticos.

No Bioensaio I, os frutos foram submetidos a pulverização em condições de campo, quando os mesmos estavam ainda ligados as plantas, permanecendo sob ação dos efeitos climáticos até os períodos pré-estabelecidos para avaliação em laboratório. No Bioensaio II, os frutos foram submetidos a aplicação dos agrotóxicos em laboratório, através do mergulho dos mesmos em calda inseticida, garantindo dessa forma uma cobertura de toda a superfície dos frutos com a calda de agrotóxicos enquanto que em condições de campo, não é possível afirmar que toda a superfície dos frutos foi coberta pelos produtos-teste.

Tais diferenças na forma de aplicação dos tratamentos, podem auxiliar no entendimento da eficiência dos tratamentos no Bioensaio I, principalmente ao comparar a eficiência de controle a 1 DAT (Bioensaio I) e as avaliações a 120 HAT (Bioensaio II), sendo que nestas, a 120 HAT os inseticidas mais eficientes alcançaram 100% de controle, o que não pode ser observado em nenhuma avaliação do Bioensaio I (Tabela 2).

Os fatores climáticos, como temperatura e precipitação, são os mais importantes a serem considerados nos resultados do Bioensaio I, visto que tais fatores podem ter ação direta sobre a degradação das estruturas moleculares dos inseticidas (WILLS & McDOWELL, 1987).

O controle dos principais insetos-praga na cultura do pessegueiro ainda tem sido realizado com o uso de inseticidas organofosforados ou piretroides, aplicados em cobertura total ou na forma de isca-tóxica (ARIOLI et al., 2004; HÄRTER et al., 2010; NAVA & BOTTON 2010). Na cultura do pessegueiro, o inseticida Lebaycid[®] 500 CE tem sido utilizado em pomares manejados no sistema de produção convencional e os inseticidas Imidan[®] 500 PM e Malathion[®] 1000 CE na PIP para o manejo da mosca-das-frutas Sul-americana, *Anastrepha fraterculus* Wiedemann, 1830 (Diptera: Tephritidae). O inseticida Lebaycid[®] 500 CE possui um período de carência de 21 dias e os inseticidas Imidan[®] 500 PM e Malathion[®] 1000 CE de 7 dias (AGROFIT, 2012), sendo assim, sua utilização visando o manejo de outras pragas não tem efeito sobre *S. zeamais*, que ataca os frutos somente na fase próxima a colheita (SALLES, 2003; NÖRNBERG et al., 2010), o que pode explicar em parte a alta incidência deste inseto-praga na cultura do pessegueiro mesmo em pomares manejados com estes inseticidas. Baseado nos resultados do presente estudo, tais inseticidas devem ser aplicados no momento do ataque ou apenas um dia anterior, visto que apresentaram eficiência de controle somente a 1DAT (Tabela 2), o que inviabiliza sua utilização devido a possíveis problemas de resíduos nos frutos (LIMA et al., 2009).

Neste sentido os inseticidas que apresentaram eficiência de controle a 1 e 3 DAT no presente estudo, podem ser considerados inviáveis para utilização no controle de *S. zeamais* em aplicação de área total em pomares de pessegueiro. O inseticida tiametoxan, testado na formulação comercial Actara[®] 250 WG, que não possui registro para a cultura do pessegueiro, apresentou-se mais persistente com controle superior a 50% aos 10 DAT, no entanto a falta de informações sobre o período de carência inviabiliza, momentaneamente, a sua recomendação para registro na cultura.

A utilização de inseticidas em pulverização de área total, no entanto, não é a única forma de controle de insetos-praga em pomares, e por isso tais inseticidas podem ser utilizados na forma de isca tóxica, como realizado no manejo de mosca-das-frutas (HÄRTER et al., 2010, NAVA & BOTON, 2010).

Cabe destacar que, as considerações sobre a inviabilidade de utilização de inseticidas em aplicação em área total está restrita aos produtos testados no presente estudo. Portanto a forma de aplicação em área total pode ser vislumbrada, utilizando-se novas moléculas inseticidas, bem como de produtos a base de extratos de plantas.

Neste sentido, visando aumentar a eficiência de controle dos produtos utilizados, outro aspecto prático importante a ser estudado e aprimorado é a tecnologia de aplicação dos agrotóxicos, bem como o conhecimento da bioecologia do gorgulho nos pomares.

A tecnologia de aplicação adequada é aquela que permite o produto atingir o alvo biológico, e para tal deve ser levado em consideração os aspectos bioecológicos de *S. zeamais*, como as características de ataque. Como o gorgulho refugia-se principalmente na região do pedúnculo (SALLES, 1983; 1998; 2003), uma alternativa seria a aplicação dos inseticidas no momento em que o inseto chega no pomar ou mesmo no período de maior atividade. A atividade de vôo de *S. zeamais* é relatada como sendo maior no período do dia entre 15 e 17 horas, sendo influenciado pelas condições ambientais, principalmente a

temperatura (WILLIANS & FLOYD, 1970), sendo esta, portanto uma informação importante se for utilizar um inseticida com ação de contato. No entanto, são necessários estudos bioecológicos de *S. zeamais* em pessegueiro.

É necessário destacar ainda que busca-se ferramentas de manejo de pragas dentro de um contexto de produção sustentável (FACHINELLO et al., 2011), visando dar suporte a implementação da PIP, sem no entanto, desconsiderar os aspectos econômicos influenciados diretamente pelos prejuízos causados por insetos-praga. Neste contexto, enquanto não há alternativas de controle de *S. zeamais* na cultura do pessegueiro, o uso de inseticidas em isca tóxica seria uma excelente alternativa de controle e para tal, os resultados observados no presente trabalho, com os inseticidas tiametoxan, fentiona, fosmete e malationa, podem ser considerados como potencial de utilização, necessitando, entretanto, estudos posteriores, visando avaliar possível efeito repelente, bem como sua persistência e sua toxicidade sobre o gorgulho quando aplicado associado a substâncias atrativas.

Visando o controle com utilização de isca tóxica, são necessários estudos buscando-se substâncias altamente atrativas aos gorgulhos em condições de campo, tendo como alternativa o uso do feromônio de agregação “Sitofilure” (LIKHAYO & HODGES, 2000) ou mesmo de compostos voláteis de hospedeiros.

CONCLUSÕES

Os resultados para os inseticidas [i.a/produto comercial/(ml ou g.100L)] mostram que: malationa/Malathion[®] 1000 CE (200) apresentou persistência a 1 dia após a pulverização com controle superior a 80%, enquanto que o tiametoxan/Actara[®] 250 WG (30) até 3 dias após a pulverização, enquanto que fosmete/Imidan[®] 500 PM (200), e fentiona/Lebaycid[®] 500 CE (100) apresentaram controle superior a 70% a 1 dia após a pulverização em bioensaio com aplicação dos tratamentos em condições de campo (Bioensaio I). Em condições de aplicação

em laboratório, os mesmos inseticidas apresentaram eficiência de controle de 100% a 120 horas após a aplicação dos tratamentos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa de doutorado do primeiro autor e de produtividade em pesquisa do segundo e terceiro.

Informação Verbal: Dr. Dori Edson Nava - Embrapa Clima Temperado, Rod BR 392 km 78, Caixa Postal 403, Pelotas - RS, 96010-97. E-mail: nava@cpact.embrapa.br

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p.265-267, 1925.
- AFONSO, A.P.S. et al. Controle de *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em fruteiras temperadas. **Ciência Rural**, v.35, p.253-258, 2005.
- AGROFIT (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários). Acesso em 02 de abr. 2012. Online. Disponível na internet: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.
- ARIOLI, C. J. et al. Controle químico da *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) na cultura do pessegueiro. **Ciência Rural**, v.34, p.1695-1700, 2004.
- BENHALIMA, H. et al. Phosphine resistance in stored-product insects collected of various grain storage in Marrocos. **Journal of Stored Products Research**, v.40, p.241-249, 2004.
- BONETTI, J.I.S. et al. **Manual de identificação de doenças e pragas da macieira**. Florianópolis: Epagri, 1999. 149p.

BOTTON, M. et al. Ocorrência de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) danificando a cultura da videira no Rio Grande do Sul. **Neotropical Entomology**, v.34, p.355-356, 2005a.

BOTTON, M. et al. O gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) como praga em frutíferas de clima temperado. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 7p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 58). 2005b.

COITINHO, R.L.B.C. et al. Persistência de óleos essenciais em milho armazenado submetido a infestação do gorgulho do milho. **Ciência Rural**, v.40, p.1492-1496, 2010.

FACHINELLO, J.C. et al. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.esp., p.109-120, 2011.

GIACOBBO, C.L. et al. Emprego de diferentes inseticidas para o controle do gorgulho do milho na cultura do pessegueiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, p.63-66, 2005.

GOMES, F.R.C. **Qualidade da fruta e do solo em pomares de pessegueiro manejados com aveia-preta**. 2003. 84f. Tese (Doutorado em Agronomia – Fruticultura de Clima Temperado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

GUEDES, R.N.C. et al. Resistance to DDT and Pyrethroids in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v.31, p.145-150, 1995.

HALSTEAD, D.G.H. The separation of *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera Curculionidae), with a summary of their distribution. **Entomologist's Monthly Magazine**, v.99, p.72-74, 1963.

HÄRTER, W. et al. Isca tóxica e disrupção sexual no controle da mosca-da-fruta sul-americana e da mariposa-oriental em pessegueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.229-235, 2010.

HICKEL, E.R.; SCHUCK, E. Infestação e danos do gorgulho-do-milho em videira. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.18, p.49-52, 2005.

LIMA, C.A.B et al. Diagnóstico da exposição ocupacional a agrotóxicos na principal região produtora de pêssego para a indústria do Brasil. **Ciência Rural**, v.39, p.900-903, 2009.

LIKHAYO, P.W.; HODGES, R.J. Field monitoring *Sitophilus zeamays* and *Sitophilus oryzae* using refuge and flight traps baited with syntetic pheromone and cracked wheat. **Journal of Stored Products Research**, v.36, p.341-353, 2000.

LORINI, I. Manejo Integrado de Pragas de Grãos Armazenados. **Embrapa: Comunicado Técnico**, n.17. Passo Fundo: Embrapa Trigo, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. p.1-4, 2002.

LORINI, I. **Pragas de grãos armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 60p.

MURATA, M. et al. Infestation and developmental of *Sitophilus* spp. in pouch-pachaged spaghetti in Japan. **Journal of Economic Entomology**, v.10, p.1006-1010, 2008.

NAVA, D.E, BOTTON, M. Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitidis capitata* em pessegueiro. Pelotas, RS, Embrapa Clima Temperado, 29p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 315). 2010.

NÖRNBERG, S.D. et al. Monitoramento de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em pomares de macieira. In: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 2010, Natal, RN. **Anais...** Londrina: Editora da SEB, 2010. v.1, p.1789.

NUKENINE, E.N. et al. Comparative efficacy of NeemAzal and local botanicals derived from *Azadirachta indica* and *Plectranthus glandulosus* against *Sitophilus zeamais* on maize. **Journal of Pest Science**, v.84, p.479–486, 2011.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2011. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

- SALLES, L.A.B. Do milho as frutas. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, n.17, p.10-11, 2003.
- SALLES, L.A.B. Principais pragas e seu controle. In: MEDEIROS, C.A.B.; RASEIRA, M.C.do. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa-CPACT, 1998. p.206-242.
- SALLES, L.A.B. **Ataque do gorgulho do milho em pêsego**. Pelotas, RS: EMBRAPA - UEPAE, 1983. 3p. (EMPRAPA - UEPAE. Pesquisa em Andamento).
- SANTOS, J.C. et al. Toxicidade de inseticidas piretróides e organofosforados para populações brasileiras de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Bioscience Journal**, v.25, p.75-81, 2009.
- SGARBIERO, E. et al. Pirimiphos-methyl residues in corn and popcorn grains and some their processed products and the insecticide action on the control of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v.32, p.707-711, 2003.
- SILVA, S.J.P. et al. Apropriação tecnológica da produção integrada de pêsegos na região de Pelotas no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.41, p.1667-1673, 2011.
- TREMATERRA, P. Preferences to different types of Italian commercial rice and cereal pasta. **Bulletin of Entomology**, v.62, p.103-106, 2009.
- UKEH, D.A. et al. Alligator pepper *Aframomum melegeta*, and ginger, *Zingiber officinale*, reduce stored maize infestation by the maize weevil, *Sitophilus zeamais* in traditional African granaries. **Crop Protection**, v.32, p.99-103, 2012
- WILLIAMS, R.N.; FLOYD, E.H. Flight habits of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. **Journal of Economic Entomology**, v.63, p.1585-1588, 1970.
- WILLS, G.H.; McDOWELL, L.L. Pesticide persistence on foliage. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v.100, p.23-73, 1987.

Tabela 1. Agrotóxicos avaliados nos testes residuais para o controle de *Sitophilus zeamais*, empregando-se dosagem máxima recomendada do produto formulado. Pelotas, RS, Safra 2010/11.

Produto comercial	Ingrediente ativo	Grupo químico	Classe¹	DC²	C.i.a.³
Actara [®] 250 WG	Tiametoxan	Neonicotinóide	I	30	0,010
Azamax [®]	Azadiractina	Tetranortriterpenóide	I	50	0,050
Decis [®] 25 CE	deltametrina	Piretróide	I	40	0,010
Imidan [®] 500 PM	Fosmete	Organofosforado	I	200	0,100
Kumulus [®] DF	Enxofre	Inorgânico	F/A	600	0,480
Lebaycid [®] 500 CE	Fentiona	Organofosforado	I	100	0,050
Malathion [®] 1000 CE	Malationa	Organofosforado	I	200	0,200
Perfektion [®] 500 PM	Dimetoato	Organofosforado	I	80	0,040

¹A = acaricida, F = fungicida, I = inseticida; ²DC = Dosagem da formulação comercial (g ou mL.100 L⁻¹); ³C.i.a. = Concentração (%) testada do ingrediente ativo na calda.

Tabela 2. Número (média±EP) de *Sitophilus zeamais* vivos e eficiência de controle (%) de agrotóxicos pulverizados em pomar de pessegueiro (Bioensaio I). Pelotas, RS, Safra 2010/11.

Tratamento	DC ¹	Dias Após a Pulverização (DAP)				
		1	3	5	7	10
Tiametoxan	30	1,5 ± 0,29c (85,1) ²	1,9 ± 0,38c (80,1)	2,5 ± 0,41c (74,9)	3,6 ± 0,26c (63,2)	4,7 ± 0,74b (53,2)
Azadirachtina	40	9,2 ± 0,24 ^a (5,2)	8,8 ± 0,29 ^a (12,0)	9,6 ± 0,11 ^a (2,1)	10,0 ± 0,00 ^a (0,0)	10,0 ± 0,00 ^a (0,0)
Deltametrina	40	8,8 ± 0,34 ^a (9,3)	9,1 ± 0,31 ^a (9,0)	9,4 ± 0,21 ^a (4,1)	10,0 ± 0,00 ^a (0,0)	10,0 ± 0,00 ^a (0,0)
Fosmete	200	2,5 ± 0,69c (74,2)	3,5 ± 0,72c (65,0)	6,8 ± 0,55 ^{ab} (30,8)	7,1 ± 0,39 ^{ab} (26,8)	8,9 ± 0,28 ^a (9,2)
Enxofre	600	7,5 ± 0,47 ^{ab} (22,7)	9,4 ± 0,18 ^a (6,0)	9,8 ± 0,09 ^a (0,0)	10,0 ± 0,00 ^a (0,0)	10,0 ± 0,00 ^a (0,0)
Fentiona	100	2,6 ± 0,62c (73,2)	5,1 ± 0,63 ^b (59,0)	6,6 ± 0,63 ^{ab} (32,7)	7,3 ± 0,57 ^{ab} (25,5)	9,3 ± 0,26 ^a (5,1)
Malationa	200	1,4 ± 0,20c (85,6)	2,7 ± 0,27c (73,0)	4,6 ± 0,26 ^b (53,3)	8,0 ± 0,51 ^a (17,6)	9,2 ± 0,31 ^a (6,1)
Dimetoato	80	5,8 ± 0,26 ^b (40,2)	7,5 ± 0,59 ^{ab} (25,0)	9,4 ± 0,13 ^a (4,1)	10,0 ± 0,00 ^a (0,0)	10,0 ± 0,00 ^a (0,0)
Testemunha	-	9,7 ± 0,11 ^a	10,0 ± 0,00 ^a	9,8 ± 0,12 ^a	9,7 ± 0,13 ^a	9,8 ± 0,12 ^a

¹DC = Dosagem da formulação comercial (g ou mL.100 L⁻¹); ²Eficiência de controle calculada pela fórmula de Abbott (1925); ³ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Tabela 3. Número (média±EP) de *Sitophilus zeamais* vivos e eficiência de controle (%), após contato residual com agrotóxicos aplicados em condições de laboratório (Bioensaio II). Temperatura 25±2°C, Umidade relativa de 70±10% e fotoperíodo de 14 h.

Tratamento	DC ¹	Horas após tratamento (HAT)				
		24	48	72	96	120
Tiametoxan	30	0,6 ± 0,07d (93,9) ²	0,1 ± 0,03c (99,0)	0,0 ± 0,00c (100,0)	0,0 ± 0,00b (100,0)	0,0 ± 0,00c (100,0)
Azadirachtina	40	9,7 ± 0,05 ^a (2,0)	9,7 ± 0,05 ^a (2,0)	9,4 ± 0,07 ^a (5,1)	9,6 ± 0,05 ^a (3,0)	9,5 ± 0,05 ^a (4,0)
Deltametrina	40	9,0 ± 0,19 ^a (9,1)	8,9 ± 0,17 ^a (9,2)	8,8 ± 0,13 ^{ab} (10,2)	8,8 ± 0,10 ^a (10,2)	8,6 ± 0,13 ^a (11,4)
Fosmete	200	4,2 ± 0,12 ^b (57,6)	2,5 ± 0,21 ^b (74,7)	0,3 ± 0,07 ^c (97,0)	0,0 ± 0,00 ^b (100,0)	0,0 ± 0,00 ^c (100,0)
Enxofre	600	10,0 ± 0,00 ^a (0,0)	9,6 ± 0,07 ^a (2,0)	9,6 ± 0,07 ^a (2,0)	9,4 ± 0,08 ^a (4,1)	9,2 ± 0,10 ^a (5,2)
Fentiona	100	2,6 ± 0,14 ^c (73,7)	1,0 ± 0,09 ^{bc} (89,8)	0,6 ± 0,16 ^c (93,9)	0,0 ± 0,00 ^b (100,0)	0,0 ± 0,00 ^c (100,0)
Malationa	200	0,1 ± 0,03 ^d (98,9)	0,0 ± 0,00 ^c (100,0)	0,0 ± 0,00 ^c (100,0)	0,0 ± 0,00 ^b (100,0)	0,0 ± 0,00 ^c (100,0)
Dimetoato	80	9,1 ± 0,13 ^a (8,1)	8,5 ± 0,11 ^a (13,3)	8,1 ± 0,09 ^b (17,4)	8,1 ± 0,09 ^{ab} (17,4)	7,9 ± 0,10 ^b (18,6)
Testemunha	-	9,9 ± 0,03 ^a	9,8 ± 0,04 ^a	9,8 ± 0,04 ^a	9,8 ± 0,04 ^a	9,7 ± 0,07 ^a

¹DC = Dosagem da formulação comercial (g ou mL.100 L⁻¹); ²Eficiência de controle calculada pela fórmula de Abbott (1925); ³ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

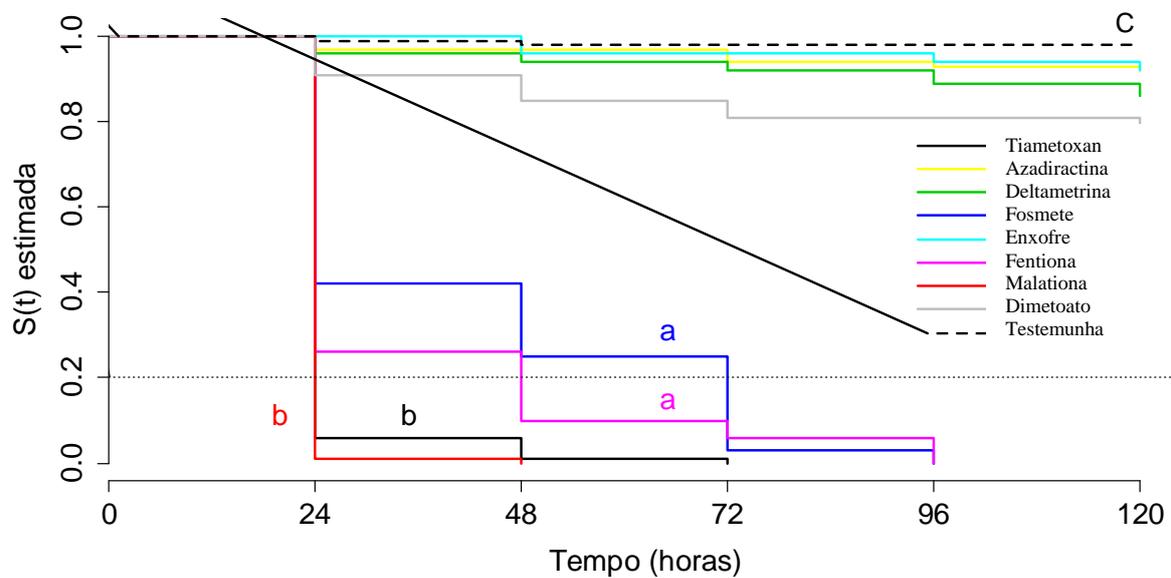


Figura 1. Curva s de sobrevivência de *Sitophilus zeamais* submetidos ao contato com frutos de pessegueiro tratados com agrotóxicos em condições de laboratório. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14h. Curvas identificadas com as mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste log Rank.

7 - Conclusões gerais

O gorgulho-do-milho *S. zeamais* é um importante inseto-praga nas culturas do pessegueiro e da macieira na região de Pelotas, RS, atacando os frutos principalmente no estágio maduro, no período de colheita. Em pêsego, o ataque de *S. zeamais* ocorre tanto em cultivares precoces, como “Sensação”, como nas cultivares tardias, como “Eldorado” e “Eragil”, e portanto, os gorgulhos estão presentes nos pomares a partir do início do mês de novembro, estendendo-se até o mês de fevereiro. O período médio de ataque em pêsego é de três a quatro semanas, iniciando no momento em que há os primeiros frutos maduros no pomar. Não há ataque de *S. zeamais* em pêsego verde.

Na cultura da macieira da cultivar Eva o período de ataque é maior do que em pêsego, sendo de aproximadamente sete semanas. O início de ataque em maçã ocorre quando os frutos encontram-se em amadurecimento, sendo observado o ataque em frutos com a cor de fundo (epiderme) ainda esverdeados.

Os primeiros gorgulhos que migram aos pomares de pessegueiro e macieira são predominantemente machos e o ataque se dá primeiramente nos frutos do terço superior da planta (>1,7 m).

Ao observar os danos de *S. zeamais* em pêsego por meio de infestação artificial, confirma-se os resultados do monitoramento, visto que o comportamento dos gorgulhos frente a frutos maduros e verdes foi significativamente diferente, sendo que os frutos verdes parecem apresentar algum fator de resistência em condições de campo, visto que os gorgulhos inicialmente não se alimentam e seus danos são significativamente em menor grau do que em pêsego maduro.

O grau de dano que *S. zeamais* pode ocasionar na cultura do pessegueiro está diretamente relacionada a quantidade de gorgulhos e o tempo que permanecem nos frutos. A presença de apenas um gorgulho durante dois dias se alimentando em pêsego maduro pode favorecer a queda de 50% dos frutos enquanto que em frutos verdes observou-se um máximo de 40% de queda de frutos somente com oito gorgulhos durante oito dias em contato com os frutos.

Além da queda dos frutos, os danos causados pela alimentação de *S. zeamais* favorecem a ocorrência da podridão-parda em frutos de pessegueiro em condições de campo, sendo acelerado pela presença do patógeno *Monilinia fructicola*.

O presente estudo relata pela primeira vez a oviposição e o desenvolvimento de *S. zeamais*, em pêsego e maçã em condições de laboratório, sendo assim, os danos diretos pode ser também pela oviposição e desenvolvimento larval, embora tal comportamento possa ser difícil de ocorrer em condições de campo.

A alimentação de *S. zeamais* em pêsego, maçã e uva por um período curto não tem efeito sobre a longevidade média de machos e fêmeas, sendo que a medida que permanecem um maior tempo se alimentando unicamente de frutos, a sua longevidade média pode ser reduzida. Tal redução na longevidade ficou evidenciada após um período de 16 dias em que *S. zeamais* se alimentou de frutos de pêsego, maçã e uva, sendo reduzido em comparação ao hospedeiro preferencial, os grãos de milho

A migração de *S. zeamais* para pomares de pessegueiro e macieira pode ser mediada por voláteis emitidos pelos frutos no estágio preferencial de ataque. Em testes de chance de escolha realizados por olfatométria, verificou-se que este inseto-praga é atraído a compostos voláteis de pêsego e maçã no estágio maduro. Curiosamente os voláteis emitidos por pêsego maduro apresentam maior atratividade que voláteis emitidos por grãos de milho. Tais resultados podem corroborar com as observações em pomares, onde verifica-se que as armadilhas Pet-milho iscadas com grãos de milho são eficazes na captura de *S. zeamais*, contudo, no pico da colheita há uma grande quantidade de gorgulhos presentes nos frutos próximos as armadilhas, sugerindo que os frutos são possivelmente mais atrativos.

Para o manejo de *S. zeamais* em pomares, dispõe-se unicamente do controle químico. Dos inseticidas previamente testados, em bioensaios de laboratório, os inseticidas malationa/Malathion[®] 1000 CE (200), fosmete/Imidan[®] 500 PM (200), e

fentiona/Lebaycid[®] 500 CE (100) apresentaram baixa persistência após a pulverização dos tratamentos em condições de campo enquanto que o inseticida tiametoxan/Actara[®] 250 WG (30) apresenta persistência superior aos demais inseticidas testados. Contudo, tais inseticidas ainda não possuem registro para o controle de *S. zeamais* nas culturas do pessegueiro e macieira. Tais inseticidas podem ser utilizados no manejo de *S. zeamais* por meio de isca tóxica, associada aos potenciais compostos voláteis emitidos por pêssego.

8 - Referências

AFONSO, A.P.S. et al. Controle de *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em fruteiras temperadas. **Ciência Rural**, v.35, p.253-258, 2005.

AGROFIT (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários). Acesso em 02 de abr. 2012. Online: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.

BENHALIMA, H. et al. Phosphine resistance in stored-product insects collected of various grain storage in Marrocos. **Journal of Stored Products Research**, v.40, p.241-249, 2004.

BONETTI, J.I.S. et al. **Manual de identificação de doenças e pragas da macieira**. Florianópolis: Epagri, 1999. 149p.

BOTTON, M. et al. Ocorrência de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) danificando a cultura da videira no Rio Grande do Sul. **Neotropical Entomology**, v.34, p.355-356, 2005a.

BOTTON, M. et al. O gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) como praga em frutíferas de clima temperado. Circular Técnica. Embrapa Uva e Vinho, 2005b.

FACHINELLO, J.C. et al. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.esp., p.109-120, 2011.

FARIAS, R.M.; MARTINS, C.R. Produção Integrada de Frutas. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v.9, p.94-106, 2003.

FAUSTINI, D.L. et al. Aggregation pheromone of the male granary weevil, *Sitophilus granaries* (L.). **Journal of Chemical Ecology**, v. 8, p.679 – 687, 1982.

FORTES, J.F.; MARTINS, O.M. Sintomatologia e controle das principais doenças. In: MEDEIROS, C.A.B.; RASEIRA, M.C.do. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa-CPACT, 1998. p.243-264.

GOMES, F. R. C. **Qualidade da fruta e do solo em pomares de pessegueiro manejados com aveia-preta**. 2003. 84f. Tese (Doutorado em Agronomia – Fruticultura de Clima Temperado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

HALSTEAD, D.G.H. The separation of *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera Curculionidae), with a summary of their distribution. **Entomologist's Monthly Magazine**, v.99, p.72-74, 1963.

LANDOLT, P.J.; PHILLIPS, T.W. Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects. **Annual Review of Entomology**, v.42, p.371-391, 1997.

LESKEY, T.C.; PROKOPY, R.J. Sources of apple odor attractive to adult plum curculios (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Chemical Ecology**, v.26, p.639-653, 2000.

LORENZATO, D.; GRELLMANN, E.O. Resistência de maçãs, em dezesseis cultivares comerciais de macieiras (*Malus domestica* Bork), frente ao ataque do gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae). **Agronomia Sulriograndense**, v.23, p.3-10, 1987.

LORINI, I. **Pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 1999. 60p.

MAY DE MIO, L.L. et al. Doenças de fruteiras de caroço. In: MONTEIRO, L.B. et al. ed. **Fruteiras de caroço: uma visão ecológica**, UFPR, 2004. Curitiba: p.169-221.

PHILLIPS, J.K.; BURKHOLDER, W.E. Evidence for a male-produced aggregation pheromone in the rice weevil. **Journal of Chemical Ecology**, v.74, p.539-542, 1981.

REIS FILHO, W. et al. Gorgulho do milho é praga da macieira em SC. **Agropecuária Catarinense**, v. 2, p. 52-53, 1989.

SALLES, L.A.B. Principais pragas e seu controle. In: MEDEIROS, C.A.B.; RASEIRA, M.C.do. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa-CPACT, 1998. p.206-242.

SALLES, L.A.B. **Ataque do gorgulho do milho em pêssego**. Pelotas, RS: EMBRAPA - UEPAE, 1983. 3p. (EMPRAPA - UEPAE. Pesquisa em Andamento).

SCHMUFF, N. R. et al. The chemical identification of the rice weevil and maize weevil aggregation pheromone. **Tetrahedron Letter**, v.25, p.1533 – 1534, 1984.

VISARATHANONTH, P. et al.,. Suppression of *Sitophilus zeamais* Motschulsky by the ectoparasitoid, *Anisopteromalus calandrae* (Howard). In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED PRODUCT PROTECTION 10th, Estoril, Portugal, 2010, **Proceedings...**, Julius-Kühn-Archiv, 425,JKI, 2010. p. 760-764.

WALGENBACH, C.A. et al. Maleproduced aggregation pheromone of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, and interspecific attraction between three *Sitophilus* species. **Journal of Chemical Ecology**, v. 9, p.831-841, 1983.

APÊNDICE



Apêndice A. Ilustração da ocorrência e danos de *Sitophilus zeamais* em pêsego: Pomar de pessegueiro cv. Eldorado (A); Pessegueiro subdividido em terço superior (1), terço médio (2) e terço inferior (3) (B); monitoramento de frutos (C); monitoramento com armadilha Pet-milho (D); local de refugio e ataque, sob folhas (E) e no pedúnculo (F); danos diretos pela alimentação (G); danos diretos pela queda de frutos (H); danos indiretos pela podridão-parda (I, J). Pelotas, RS, Safras 2009/10/11.



Apêndice B. Ilustração da ocorrência e danos de *Sitophilus zeamais* em maçã: Pomar comercial de macieira cv. Eva (A); Macieira subdividida em terço superior (1), terço médio (2) e terço inferior (3) (B); monitoramento com armadilha Pet-milho (C); monitoramento de frutos (D); local de refugio e entre frutos e folhas (E); danos no pedúnculo (F); início de podridão na região de ataque (G); danos diretos (H); danos indiretos pela podridão p (I); queda de frutos (J). Pelotas, RS, Safra 2009/10/11.