

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



Tese

Eficácia de formulações de iscas tóxicas sobre adultos de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae)

Marcelo Zanelato Nunes

Pelotas, 2017

Marcelo Zanelato Nunes

Eficácia de formulações de iscas tóxicas sobre adultos de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae)

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

Orientador: Dr. Marcos Botton
Coorientador: Dr. Alci Enimar Loeck

Pelotas, 2017

Banca examinadora:

Prof. Dr. Marcos Botton (Orientador)

Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo – ESALQ

Prof. Dr. Caio Stoffel Efrom

Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Daniel Bernardi

Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo – ESALQ

Prof. Dr. Flávio Roberto Mello Garcia

Doutor em Zoologia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS

Prof. Dr. Josué Sant’Ana

Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Aos meus pais,
Geraldo Medeiros Nunes e Ivânea T. Zanelato Nunes,
Pelo apoio, incentivo e compreensão em todos os momentos.

DEDICO E OFEREÇO

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade (PPGFs) da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

A Embrapa Uva e Vinho e a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (Epagri) de São Joaquim, pelo envolvimento e colaboração de funcionários de diversos setores e por permitir o uso das instalações da empresa durante a execução dos experimentos.

Ao Dr. Marcos Botton, meu orientador, pela amizade, confiança e orientação durante o Doutorado, além das incontáveis oportunidades de aperfeiçoamento pessoal e profissional proporcionadas durante esse período.

Ao Dr. Alci Enimar Loeck, professor aposentado do Departamento de Fitossanidade da FAEM/UFPel, pela amizade, coorientação e profissionalismo exemplar.

Ao Dr. Greg Krawczyk, pesquisador do Fruit Research and Extension Center - Penn State University, pela oportunidade de aprendizado oferecida, amizade e ensinamentos.

Aos docentes do PPGF da FAEM/UFPel, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos colegas do laboratório de Entomologia da Embrapa Uva e Vinho em especial Cléber Antonio Baronio, Ruben Machota JR, Lígia Caroline Bortoli, Joel Pasinato, Morgana Baldin, Inana Schutze, Aline Nondillo, Aline Guindani, Simone Andzeiewski, Vitor Cezar Pacheco, Sabrina Lerin, Cristiano João Arioli e Joatan Machado da Rosa, pela amizade, companheirismo e auxílio na condução dos experimentos.

A assistente de pesquisa do Laboratório de Entomologia da Embrapa Uva e Vinho, Sra. Vânia Maria Ambrosi Sganzerla, pela amizade, compreensão e confiança na condução dos experimentos.

Aos colegas da pousada da Embrapa, em especial a Isadora, Simone, Patrícia, Júlio, Jucenil, Cléber, Cristina, Giseli, Carlos e Catherine, pelos momentos de descontração e amizade durante a minha estadia em Bento Gonçalves.

A agropecuária Schio, em especial ao colega Eng. Agrônomo Andrey Hoffer, pela disponibilização das áreas experimentais e apoio na condução dos experimentos de campo.

As empresas Wiser, Dow Agrociences, BASF e Isca Tecnologias pelo fornecimento de atrativos e formulações de iscas tóxicas utilizados nos experimentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de pós-graduação.

Resumo

ZANELATO NUNES, MARCELO. **Eficácia de formulações de iscas tóxicas sobre adultos de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae)**. 2017. 109f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas.

A mosca-das-frutas sul-americana, *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830), é praga-chave da fruticultura de clima temperado na região Sul do Brasil. O emprego de iscas tóxicas é uma das ferramentas para o manejo da espécie, principalmente no período de pré-colheita quando existe restrições para o emprego de inseticidas em cobertura. Os objetivos desse trabalho foram: a) desenvolver uma metodologia para avaliação de formulações de iscas tóxicas em laboratório; b) verificar quais formulações de iscas tóxicas são mais eficientes na ausência e sob chuva simulada; c) conhecer a atratividade de iscas tóxicas em ensaios laboratório, semi-campo e campo e d) conhecer o efeito da aplicação de uma isca tóxica de pronto uso Gelsura® em pomar de macieira. Para estabelecer a metodologia em laboratório, foi empregado a isca tóxica de pronto uso Success® 0,02CB, contendo espinosade 0,008% como agente letal. Os fatores estudados foram a disponibilidade de outra fonte alimentar além da isca tóxica, tempo de fornecimento da isca tóxica (1, 2, 4 e 8 horas), idade dos insetos (5, 15, 30 dias após a emergência), período de privação alimentar (0, 12, 24 h) e a suscetibilidade de populações (selvagem obtida de araçás – *Psidium cattleianum*, laboratório criada em frutos de manga e laboratório criada em dieta artificial). A eficiência de formulações de iscas tóxicas foi avaliada em experimentos toxicológicos para a estimativa do tempo letal (TL₅₀), efeito residual na presença e ausência de chuva simulada de 5, 25 e 50 mm e eficácia em gaiolas de 2 m³. As iscas tóxicas avaliadas foram: Anamed® + malationa a 0,2%, Flyral® 1,25% + malationa 0,2%, Success® 0,02CB diluída na proporção de 1:1,5 e Gelsura® diluída em água nas

proporções de 1:2 e 2:1 e água (testemunha). A atratividade de iscas tóxicas foi avaliada em gaiolas nas quais foram penduradas armadilhas Delta contendo piso colante onde foram aplicadas 30 gotas de 40 uL de atrativos alimentares avaliados isoladamente ou com a adição dos agentes letais alfa-cipermetrina (0,2%) e espinosade (0,008%), comparados com as iscas tóxicas de pronto uso Success® 0,02CB e Gelsura®. No interior de cada gaiola foram liberados 25 casais de adultos de *A. fraterculus* com idade de 15 dias e obtidos de uma colônia mantida em laboratório, registrando-se diariamente o número de insetos capturados nas armadilhas Delta até 120 horas após a liberação dos insetos. Também foi realizado um experimento a campo, em pomar de feijoa (*Acca sellowiana*), seguindo a mesma metodologia utilizada no experimento em gaiolas. No experimento de atratividade em laboratório, as mesmas iscas tóxicas de pronto uso, atrativos e formulações de atrativos + agentes letais foram aplicados na forma de gotas de 10 µL sobre placas de 1 cm² posicionadas sobre tubos cilíndricos de 4,5 cm de altura nas quais foram liberados uma fêmea e um macho adulto de *A. fraterculus* com 15 dias de idade, individualmente, por um período máximo de 10 minutos. Foi avaliado o número de eventos de alimentação e o tempo dispendido na alimentação de cada inseto. A campo, a isca tóxica Gelsura® (alfa-cipermetrina a 0,2%) foi aplicada em um pomar de maçã da cultivar 'Royal Gala' (1,6 ha) localizado no município de Vacaria, RS durante as safras de 2015/16 e 2016/17. As avaliações consistiram da contagem do número de adultos de *A. fraterculus* em armadilhas McPhail e da coleta de frutos em três fases do período de frutificação. Os dados foram comparados com uma área com as mesmas características da primeira, a qual recebeu o manejo convencional com aplicações de inseticidas em cobertura. Todos os fatores avaliados para determinação da metodologia tiveram influência sobre o tempo letal. Sugere-se a utilização de insetos com cinco dias de idade após a emergência, provenientes de larvas criadas em dieta natural (frutos), privados de alimentação por 12 horas, disponibilizando a isca tóxica Success® 0,02CB isoladamente por um período mínimo de quatro horas. As iscas tóxicas compostas pela malationa e alfa-cipermetrina apresentaram menor tempo letal em relação às formulações contendo espinosade, existindo variação no tempo letal dependendo do atrativo empregado. Todas as formulações avaliadas apresentaram mortalidade entre 87 e 100% não apresentando diferenças significativas entre os tratamentos no teste residual até 21 dias de aplicação na

ausência de chuva. Quando submetidas a chuva simulada de 5, 25 e 50 mm, Gelsura[®] (2:1), Gelsura[®] (1:2) e Anamed[®] + malationa 1,0% foram as formulações mais resistentes a lavagem em relação a Success[®] 0,02CB e Flyral[®] 1,25% + malationa 0,2%. A adição dos agentes letais malationa, alfa-cipermetrina e espinosade reduziu o tempo de alimentação de adultos de *A. fraterculus* em todos os atrativos alimentares com exceção do Anamed[®]. Alfa-cipermetrina e espinosade são aqueles que proporcionam maior e menor redução no tempo de alimentação, respectivamente. Nos experimentos em gaiola, não houve diferença significativa entre os atrativos alimentares testados e água. Porém, quando foram adicionados os agentes letais espinosade e alfa-cipermetrina aos atrativos, as iscas tóxicas de pronto uso Success[®] e Gelsura[®] apresentaram as maiores capturas. No campo, não houve diferença entre os atrativos e iscas tóxicas avaliados e água. A aplicação da isca tóxica Gelsura[®] manteve a população de *A. fraterculus* abaixo do nível de controle por maior período de tempo em relação ao manejo convencional. Entretanto, a área tratada somente com Gelsura[®] apresentou porcentagem de frutos infestados inferior a 5% o que foi equivalente a área convencional na safra 2015/16. Na safra 2016/17, uma maior porcentagem de dano foi observada na área com Gelsura[®] (quatro e 16,2%) em relação ao manejo convencional (zero e 2%).

Palavras-chave: mosca-das-frutas sul-americana, atrai-e-mata, Manejo Integrado de Pragas, toxicidade, atratividade.

Abstract

ZANELATO NUNES, MARCELO. **Efficacy of toxic bait formulations to adults of *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae)**. 2017. 109p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas.

The South American fruit fly, *Anastrepha fraterculus*, is a key pest of temperated fruit production in Southern Brazil. The use of toxic baits is one of the tools used to manage this insect species, especially during pre-harvest when restrictions to the use of cover sprays are faced. This work aimed: a) to develop a methodology to evaluate toxic bait formulations in the laboratory; b) to evaluate the efficacy of toxic baits with and without simulated rain; c) to to know the attractancy of toxic baits in laboratory d) to know the effect of the application of a ready-to-use bait in an apple orchard. To stablish a methodology in laboratory, the toxic bait Success[®] 0,02CB, containing spinosad at 0.008% as lethal agent was used. The factors studied were the availability of another food source besides the toxic bait, providing time (1, 2, 4, 8 h), insect age (5, 15, 30 days), period of food deprivation (0, 12, 24 h) and population susceptibility (wild obtained from araçá fruits – *Psidium cattleianum*, laboratory reared in mango fruits and laboratory reared in artificial diet). The efficacy of toxic bait formulation was evaluated in toxicologic experiments to estimate de lethal time (LT₅₀), residual effect with and without simulated rain of 5, 25 and 50 mm and efficacy in 2 m³ cages. The toxic bait evaluated were Anamed[®] + malathion at 0,2%, Flyral[®] at 1.25% + malathion at 0.2%, Success[®] 0,02CB diluted on the proportion of 1:1.5 and Gelsura[®] diluted in water on the proportions of 1:2 and 2:1 and water (control). The attractancy of toxic baits was evaluated in cages were Delta traps containing sticky floors where 30 droplets of 40 µL of each food attractant were hanged and evaluated individually or with the addition of the lethal agent's alpha-cypermethrin (0.2%) and spinosad

(0.008%), compared to the ready-to-use toxic baits Success[®] 0.02CB and Gelsura[®]. Inside each cage were released 25 couples of *A. fraterculus*, registering the number of the insects that were captured inside each trap per day until 120 hours after their release. A field test was also performed following the same methodology used in the cages experiments. In the laboratory, the same ready-to-use baits, attractants and formulations of attractants and lethal agents were applied on 1 cm² lids that were positioned on the top of 4.5 cm cylindrical tubes where a female and a male were individually released for a maximum period of 10 minutes. Time dispensed on feeding and number of feeding events were evaluated. In the field, Gelsura[®] (alpha-cypermethrin at 0.2%) was applied in an apple orchard located in the municipality of Vacaria, RS during 2015/16 and 2016/17 seasons. Evaluations consisted of counting the number of adults of *A. fraterculus* captured in McPhail traps and collection of fruit in three periods of the fruitification period. Data were compared with an area with the same characteristics of the former, that received a conventional management with spray of cover insecticides. All factors evaluated to determine a methodology had influence on the lethal time. We suggest the use of five days old insects, obtained from larvae reared in natural diet (fruits), food deprived for 12 hours, offering only the toxic bait Success[®] 0.02CB for a minimum period of four hours. Toxic baits containing malathion and alpha-cypermethrin showed lower lethal time in relation to the formulations containing spinosad, existing variation on the lethal time depending of the attractant used. All formulations evaluated showed mortality between 87 and 100% and did not differ between treatments on the residual test until 21 days of its application on the absence of rain. When the baits were submitted to simulated rain, Gelsura[®] (2:1), Gelsura[®] (1:2) and Anamed[®] + malathion 1.0% were the most resistant formulations in relation to Success[®] 0.02CB and Flyral[®] 1.25% + malathion 0.2%. Adding the lethal agent's malathion, alpha-cypermethrin and spinosad reduced the feeding time of *A. fraterculus* adults in all attractants with exception of Anamed[®]. Alpha-cypermethrin and the lethal agents that caused higher and lower reduction on the feeding time, respectively. In the cage experiments, without insecticides, there was no difference between the attractants and water. However, Success[®] and Gelsura[®] showed the highest captures when the lethal agents alpha-cypermethrin and spinosad were added to the attractants. The use of Gelsura[®] kept the population below the control level for a longer period in relation to conventional management. However, the

area treated with Gelsura® showed percentage of infested fruits lower than 5% being equivalent to the conventional area on 2015/16 season. On season 2016/17, a higher damage percentage was observed in the Gelsura® area (four and 16.2%) in relation to the conventional management (zero and 2.0%).

Key-words: South American fruit fly, attract-and-kill, Integrated Pest Management, toxicity, attractancy.

Lista de figuras

Artigo 1

- Figura 1. Sobrevivência de adultos de *A. fraterculus* após o fornecimento da isca tóxica Success® 0,02CB, contendo 0,008% de espinosade, concomitantemente com água e água + dieta artificial em laboratório (T = 24 ± 2°C, UR = 60 ± 10%, fotofase = 12h).488
- Figura 2. Sobrevivência de adultos de *A. fraterculus* após a ingestão da isca tóxica Success® 0,02CB, contendo 0,008% de espinosade, ofertada por 1, 2, 4 e 8 horas em laboratório em laboratório (T = 24 ± 2°C, UR = 60 ± 10%, fotofase = 12h).49
- Figura 3. Sobrevivência de adultos de *A. fraterculus* submetidos a ingestão da isca tóxica Success® 0,02CB, contendo 0,008% de espinosade, após períodos de privação de alimento de 0 (sem privação), 12 e 24 horas em laboratório (T = 24 ± 2°C, UR = 60 ± 10%, fotofase = 12h).500
- Figura 4. Sobrevivência de adultos de *A. fraterculus* com idades de 5, 15 e 30 dias após a ingestão com a isca toxica Success® 0,02CB, contendo 0,008% de espinosade, em laboratório (T = 24 ± 2°C, UR = 60 ± 10%, fotofase = 12h).511
- Figura 5. Sobrevivência de adultos de *A. fraterculus* submetidos a teste de ingestão com a isca tóxica Success® 0,02CB, contendo 0,008% de espinosade, cujas larvas desenvolveram-se em frutos de araçá (*Psidium cattleianum*), dieta artificial e frutos de manga (*Mangifera indica*) em laboratório (T = 24 ± 2°C, UR = 60 ± 10%, fotofase = 12h).522

Artigo 2

- Figura 1. Mortalidade corrigida de adultos de *A. fraterculus* liberados em gaiolas contendo uma planta de maçã onde foram aplicadas diferentes formulações de iscas tóxicas.744

Artigo 3

- Figura 1. Gaiola utilizada no experimento de atração, contendo duas plantas de maçã cv. 'Castel Gala', armadilhas Delta contendo cada um dos tratamentos testados e placa de Petri contendo água destilada depositada sobre a base das plantas82
- Figura 2. Tempo médio de alimentação (s) e número médio de eventos \pm EP de adultos de *Anastrepha fraterculus* submetidos a atrativos alimentares sem e com adição dos agentes letais alfa-cipermetrina, espinosade e malationa nas concentrações de 0,008; 0,2 e 0,2%, respectivamente.....92

Artigo 4

- Figura 1. Resultado da aplicação de 12 mL da isca tóxica Gelsura® em uma planta de macieira. Vacaria, RS..... 12020
- Figura 2. Flutuação populacional de adultos de *A. fraterculus* em áreas de manejo convencional e com a aplicação Gelsura® (3 L/ha) diluído na proporção de 1:2 (produto comercial: água) na cultivar Royal Gala. Vacaria-RS. Safras 2015/16 e 2016/17. 1211
- Figura 3. Porcentagem (%) de frutos de maçã da cv. Royal Gala com desenvolvimento larval de *A. fraterculus* coletados de áreas conduzidas sob manejo convencional ou com a aplicação da isca tóxica de pronto uso Gelsura®. Vacaria, RS. Safra 2015/2016..... 1222

Lista de tabelas

Artigo 1

- Tabela 1. Consumo médio em mg ($N \pm EP$) da isca tóxica Success® 0,02CB, contendo 0,008% de espinosade, aplicada sobre placas de um centímetro quadrado ofertada a três casais de *A. fraterculus* em laboratório ($T = 24 \pm 2^\circ\text{C}$, $UR = 60 \pm 10\%$, fotofase = 12h).....44
- Tabela 2. Consumo médio ($N \pm EP$) da isca tóxica Success® 0,02CB, contendo 0,008% de espinosade, aplicada sobre placas de um centímetro quadrado e fornecidas a três casais de *A. fraterculus* por uma, duas, quatro e oito horas em laboratório ($T = 24 \pm 2^\circ\text{C}$, $UR = 60 \pm 10\%$, fotofase = 12h).....45
- Tabela 3. Consumo médio ($N \pm EP$) da isca tóxica Success® 0,02CB, contendo 0,008% de espinosade, aplicada sobre placas (PET) e fornecidas a três casais de *A. fraterculus* sem privação de alimento e com privação de 12 e 24 horas em laboratório ($T = 24 \pm 2^\circ\text{C}$, $UR = 60 \pm 10\%$, fotofase = 12h).
.....46
- Tabela 4. Consumo médio em ($N \pm EP$) da isca tóxica Success® aplicada sobre placas PET e fornecidas a três casais de *A. fraterculus* com cinco, 15 e 30 dias de idade por uma hora em laboratório ($T = 24 \pm 2^\circ\text{C}$, $UR = 60 \pm 10\%$, fotofase = 12h).47

Artigo 2

- Tabela 1. Tempo letal (TL50) de formulações de iscas tóxicas sobre adultos de *A. fraterculus* em laboratório ($T = 24 \pm 2^\circ\text{C}$, $UR = 60 \pm 10\%$, fotofase = 12h).
.....71
- Tabela 2. Número médio de indivíduos vivos ($N \pm EP$) e mortalidade (%) de *A. fraterculus* após duas horas de exposição dos insetos a iscas tóxicas que permaneceram em ambiente protegido por 0, 7, 14 e 21 dias após a sua aplicação na ausência de chuva ($T = 23 \pm 2^\circ\text{C}$, $UR = 60 \pm 10\%$, fotofase = 14h).72
- Tabela 3. Número de indivíduos vivos ($N \pm EP$) e mortalidade (%) de adultos de *Anastrepha fraterculus* vivos e mortalidade (%) após 96 horas de exposição a resíduos de iscas tóxicas após aplicação de lâminas de

chuva de 5, 25, 50 mm a uma intensidade de 50 mmh⁻¹ (T = 23 ± 2oC, UR = 60 ± 10%, fotofase = 14h).....73

Artigo 3

Tabela 1. Número cumulativo médio de adultos de *A. fraterculus* capturados diariamente em armadilhas Delta contendo atrativos utilizados em formulações de iscas tóxicas em gaiolas no interior de casa de vegetação.....88

Tabela 2. Tempo de ingestão (s) ± EP e número de eventos de alimentação ± EP de adultos de *Anastrepha fraterculus* liberados em placas de 2 cm² contendo os atrativos alimentares Anamed®, Biofruit®, Flyral®, Melão e Água e suas misturas aos agentes letais espinosade, malationa e alfa-cipermetrina.....90

Artigo 4.

Tabela 1. Tabela de inseticidas e iscas tóxicas aplicados em cobertura com ação sobre a mosca-das-frutas na área de manejo convencional. Vacaria, RS. Safra 2015/16..... 119

Sumário

Introdução geral	19
Artigo 1 - Fatores metodológicos associados a avaliação da eficácia de iscas tóxicas sobre adultos de <i>Anastrepha fraterculus</i> (Diptera: Tephritidae) em laboratório	26
Resumo	277
Abstract ..	288
Introdução.....	29
Material e métodos	31
Resultados e Discussão	35
Conclusões.....	39
Agradecimentos.....	40
Referências	40
Tabelas e figuras.....	44
Artigo 2 - Eficácia e efeito residual de formulações de iscas tóxicas sobre <i>Anastrepha fraterculus</i> (Diptera: Tephritidae)	53
Resumo	55
Abstract -	55
Introdução.....	56
Material e Métodos	58
Resultados.....	622
Discussão	64
Agradecimentos.....	67
Referências	688
Tabelas e figuras.....	71
Artigo 3 - Atratividade e fagoestimulância de formulações de iscas tóxicas a adultos de <i>Anastrepha fraterculus</i> (Diptera: Tephritidae)	75
Resumo	77
Abstract -	78
Introdução.....	79
Material e Métodos	81

Resultados.....	86
Discussão	93
Agradecimentos.....	97
Referências	98

Artigo 4 - Efeito da aplicação da isca tóxica de pronto uso Gelsura® na supressão populacional de adultos de *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) em pomar de

macieira.....	101
Resumo	102
Abstract	103
Introdução.....	105
Material e Métodos	107
Resultados e discussão.....	108
Agradecimentos.....	113
Referências	113
Tabelas e Figuras.....	119
Considerações finais.....	1233
Referências	124

Introdução geral

O Brasil ocupa a terceira posição no ranking mundial de produção de frutas com um volume anual de 39,3 milhões de toneladas e área cultivada de 2,44 milhões de hectares (FAO, 2012). Diversas frutas são produzidas em todas as regiões do Brasil, mas há a especialização em função do clima (ALMEIDA, 2008). Na região Sul do Brasil, a cultura da macieira é uma das mais importantes frutíferas cultivadas numa área aproximada de 36.000 hectares e produção de 1.271.941 toneladas (IBGE, 2015).

A mosca-das-frutas sul-americana, *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann 1830) (Diptera: Tephritidae), é um dos principais insetos causadores de prejuízos à cultura (SUGAYAMA, 1997; NORA; HICKEL, 2006; GARCIA; NORRBOOM, 2011). Os adultos alimentam-se basicamente de melato (“honeydew”), néctar, sucos de frutos, seiva, pólen, fezes de pássaros, e outros alimentos na superfície de folhas e frutos (CHRISTENSON; FOOTE, 1960; BATEMAN, 1972).

De acordo com Malvasi et al., (1983) o comportamento de cópula de indivíduos de *A. fraterculus* ocorre no terço superior das plantas entre sete e oito horas da manhã. Já a alimentação e oviposição ocorrem durante todo o dia com picos às 10:00 horas da manhã e às 16:00 horas da tarde, sendo que a alimentação ocorre em frutos maduros que apresentam exsudação de suco (MALAVASI et al. 1983). O encontro sexual se dá principalmente na face inferior das folhas onde grupos de machos se reúnem e emitem uma série de sinais (acústicos, visuais e químicos) como a distensão da porção pleural do abdomen para liberação de feromônio sexual e batimento das asas (MORGANTE et al. 1983). As larvas preferem os frutos maduros, provavelmente porque são mais ricos em açúcares, fato que aumenta a fagoestimulação (ZUCOLOTO, 2000).

A. fraterculus é uma espécie polífaga e a sua distribuição geográfica está intimamente relacionada a ocorrência de frutos hospedeiros nativos (MORGANTE, 1991; SELIVON, 2000; CARVALHO, 2006) que propiciam condições de sobrevivência

durante todo o ano, além de contribuir para a ocorrência de gerações superpostas (VELOSO et al., 2000), dificultando o seu controle.

O controle químico por meio de aplicações de inseticidas organofosforados em pulverizações de cobertura ainda é o método de manejo mais utilizado (KOVALESKI et al., 2000; BOTTON et al., 2016). Essa estratégia de controle tem sido utilizada por mais de 40 anos sem a ocorrência da evolução da resistência nessas populações (SALLES; KOVAESKI, 1990; NAVA; BOTTON, 2010; RAGA; SATO, 2011, HÄRTER et al., 2015). A pulverização por cobertura é uma prática que apresenta as vantagens de ser rápida e prevenir o ataque das fêmeas e o desenvolvimento larval NAVA; BOTTON, 2010). Entretanto, os impactos ambientais associados são elevados e estão relacionados a baixa seletividade aos inimigos naturais e insetos polinizadores, além de grande período de carência dos principais inseticidas (LORENZATO, 1988; SALLES, 1995; SCOZ et al., 2004; NAVA; BOTTON, 2010). Neste contexto, a nova tendência do mercado mundial por frutas frescas com baixos níveis de resíduos de agrotóxicos e as preocupações com os impactos dos organofosforados sobre os insetos benéficos e a saúde humana tem levado a busca de alternativas para redução desse problema (VARGAS et al., 2008; BÖCKMANN et al., 2014).

Dentre os agentes letais utilizados no controle de moscas-das-frutas seja em aplicações de cobertura ou em formulações de iscas tóxicas estão os organofosforados, piretróides e as espinosinas. Os organofosforados são a classe de inseticidas mais utilizada até hoje. Esses inseticidas agem inibindo a acetilcolinesterase, ligando-se ao grupo hidroxila pelo grupo serina no sítio ativo dessa enzima, fazendo com que o neurotransmissor (acetilcolina) após a sua liberação na sinapse, não seja desativada (HEONG et al., 2013). Isso leva a estimulação contínua e persistente da membrana pós-sináptica nos neurônios causando hiperatividade, paralisia e morte do inseto afetado. Os organofosforados não são seletivos a insetos benéficos e abelhas (SCOZ et al., 2004; NAVA & BOTTON, 2010). Além desses fatores, os riscos a saúde humana causados pela utilização de organofosforados (COSTA, 2006) têm contribuído para a retirada gradual do mercado (VARGAS et al., 2002; BARRY e POLAVARAPU, 2004). A introdução de piretróides sintéticos no final dos anos 70 sinalizou uma nova era para inseticidas eficientes, seletivos e menos danosos ao meio ambiente (KHAMBAY & JEWESS, 2010). Por exemplo a deltametrina quando introduzida era 100 vezes mais ativa que o DDT com o benefício

de não acumular no ambiente. A partir daí, mais de 30 moléculas pertencentes a esse grupo têm sido comercializadas (TOMLIN, 2000). Os piretroides são conhecidos pelo seu rápido efeito de “*knock-down*” (TOMLIN, 2000). Os piretroides agem no sistema nervoso causando a interrupção da condução do estímulo e o seu sítio primário de ação são os canais de sódio. Os piretroides ligam-se a uma das subunidades dos canais de sódio modificando-os e mantendo-os abertos por maior período de tempo, levando a um aumento do fluxo de sódio para o interior da membrana e prolongando a fase de despolarização da mesma após o pico do potencial de ação (IRAC, 2017), o qual leva a hiperatividade e culmina com “*knock-down*”. As espinosinas fazem parte de uma nova classe de inseticidas oriundas de substâncias biológicas produzidas pelo actinomiceto de solo *Saccharopolyspora spinosa* Mertz e Yao, 1990 (Bacteria: Actinobacteridae) (SPARKS et al., 1998). O espinosade é derivado da fermentação aeróbica de *S. spinosa* e possui em sua composição a espinosina A e Spinosina D (BACCI et al., 2016). O modo de ação das espinosinas se dá através de contato direto com a superfície do corpo do inseto ou ingestão a qual é mais eficiente (SHIMIKAWATOKO et al., 2012) e age em todos os estágios de desenvolvimento do inseto (ovos, larvas e adultos). Além disso, o espinosade possui um mecanismo de ação único que envolve a interrupção dos receptores de acetilcolina e ácido aminobutírico (GABA) do sistema nervoso dos insetos (SALGADO e SPARKS, 2005; KIRST, 2010). O espinosade mostra-se um importante agente para o Manejo Integrado de Pragas uma vez que possui menor atividade contra insetos benéficos, bem como mamíferos, aves e seres aquáticos (CLEVELAND et al., 2001). Outro diferencial dessa molécula é a sua atividade em baixas doses. Por exemplo, o espinosade promoveu controle de *Heliothis virescens* (Fabricius, 1777) (Lepidoptera: Noctuidae), *Helicoverpa zea* Boddie, 1850 e *Helicoverpa armígera* (Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae) igual ou superior a mortalidade provocada por padrões de moléculas por piretroides, organofosforados e carbamatos (LEONARD et al., 1996).

Dentre as estratégias utilizadas para reduzir a utilização de inseticidas em cobertura estão os métodos de manipulação do comportamento dos insetos (TAN et al. 2014). Um exemplo são os atrativos alimentares utilizados no monitoramento ou em formulações de iscas tóxicas como forma de controle (VARGAS et al., 2002). Os adultos das mosca-das-frutas são incapazes de apresentar alta fecundidade e sobrevivência caso água, carboidratos, aminoácidos, vitamina B e sais não estejam

disponibilizados (CHRISTENSON; FOOTE, 1960). Em regiões de clima temperado, a principal fonte de alimento dos tefritídeos é o melato secretado por pulgões, cochonilhas e outros insetos sugadores, porém em regiões tropicais ou subtropicais onde existe ocorrência frequente de chuvas, fezes de pássaros bem como frutos injuriados por outros animais ou em estado de deterioração são as principais fontes de nutrientes (PROKOPY; ROITBERG, 1984). A partir do início do século XX foram desenvolvidos estudos buscando avaliar produtos com potencial atrativo para adultos de moscas-das-frutas sendo identificados açúcares, sais de amônio, levedura de cerveja e uma variedade de proteínas hidrolisadas (McPHAIL, 1939; MANGAN; THOMAS, 2014).

A utilização de substâncias atrativas misturadas com compostos letais é relatada desde o final do século XVIII, onde eram utilizadas soluções de açúcares e inseticidas inorgânicos, tais como sais de arsênico, visando o controle de moscas-das-frutas (HOWARD, 1898). Também foram realizados testes no Havaí buscando avaliar o efeito de diversos inseticidas utilizados na época como aldrin, clordane, dieldrin, DDT, e parathion em formulações com açúcar, proteínas hidrolisadas e da mistura entre ambos sobre adultos de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) e *Dacus dorsalis* (Hendel, 1912) (Diptera: Tephritidae) em áreas de banana, manga e goiaba (STEINER, 1952). O autor concluiu que a utilização de uma isca tóxica na quantidade de 15 litros da calda contendo açúcar mascavo a 15%, proteína hidrolisada a 0,8% e parationa (Parathion 25WP) a 3% de produto comercial por hectare foi eficiente no controle de ambas espécies, com redução de 88% da infestação de larvas nos frutos. No Brasil, o primeiro registro da utilização de iscas tóxicas data da década de 30 (BITANCOURT et al., 1933), no qual os autores recomendavam a utilização de arsenato de chumbo (100 mL) em misturas com açúcar mascavo ou melado de cana-de-açúcar (2,5 Kg) e água (100 L). Posteriormente, com o desenvolvimento de inseticidas sintéticos passou-se a utilizar misturas de iscas tóxicas a base de melaço de cana-de-açúcar a 5% ou 0,5 a 1% de proteína hidrolisada em mistura com os inseticidas Diazinon 40WP (200g/100L), Etil-Parationa 60EC (50g/100L), Etiona 50EC (120mL/100L), Fentiona 50EC (150mL/100L), Malationa 25WP (600-800g/100L) ou Triclorfon 80SP (200g/100L) (ORLANDO; SAMPAIO, 1973). Segundo os autores, a aplicação devia ser realizada com um volume de 100 a

200mL por planta, cobrindo 1m² da copa da mesma com o auxílio de uma broxa ou vassoura (ORLANDO; SAMPAIO, 1973).

Atualmente, o uso de iscas tóxicas tem sido preconizado como um dos métodos de Manejo Integrado de Pragas (MIP) para o controle de mosca-das-frutas em diferentes regiões do mundo e no Brasil (STARK et al., 2004; RUIZ et al., 2008; NAVA; BOTTON, 2010; BORGES et al., 2015; BOTTON et al., 2016). Diversas substâncias são recomendadas para a elaboração de iscas tóxicas no Brasil, e estas podem conter diferentes ingredientes atrativos como açúcares, proteínas e feromônios e voláteis de plantas (BORGES et al., 2015; HÄRTER et al., 2015). Por serem utilizadas em pequeno volume por hectare e aplicadas nas plantas (geralmente ramos) dos pomares, as iscas tóxicas possibilitam uma menor contaminação de insetos benéficos (CABRERA-MARÍN et al., 2016). Outras vantagens significativas são a aplicação em menores áreas, controle da população no início da infestação, redução da porcentagem de frutos injuriados por reduzir o número de posturas realizadas por fêmeas de *A. fraterculus* e menor risco de contaminação dos frutos por resíduos, visto que o jato é dirigido ao tronco e folhas das plantas (NAVA; BOTTON, 2010).

Dentre os atrativos utilizados nas formulações de iscas tóxicas no Brasil destacam-se o melaço de cana-de-açúcar e as proteínas hidrolisadas (BORGES et al., 2015; RAGA; SATO, 2016). Na maioria das vezes, as iscas tóxicas são formuladas na propriedade misturando proteína hidrolisada ou melaço de cana-de-açúcar com inseticidas, geralmente organofosforados (RAGA, 2006; HÄRTER et al., 2010; BOTTON et al., 2016). Esses tipos de atrativos têm tido prioridade já que são produzidos e/ou comercializados em regiões próximas as áreas de cultivos de frutas tornando o seu preço vantajoso, o que não ocorre com as proteínas hidrolisadas importadas que, além de serem comercializadas em dólar, recebem alta carga tributária aumentando consideravelmente os custos de aquisição (informação pessoal).

Em meados dos anos 2000 foi disponibilizada comercialmente no Brasil a isca tóxica de pronto uso Success 0,02CB[®], disponível em outros países como GF-120[®] e que usa como princípio ativo o inseticida espinosade (naturalyte). Esse agente letal é obtido da fermentação do actinomiceto de solo *Saccharopolyspora spinosa* e foi classificado pela agência de proteção ambiental dos Estados Unidos como um

inseticida de baixo risco por sua baixa toxicidade a mamíferos, peixes e insetos benéficos (DOW ELANCO, 1994). O Success 0,02CB[®] tem sido utilizado com sucesso no controle de várias espécies de moscas-das-frutas no mundo e hoje é a isca tóxica padrão utilizada em programas de erradicação de moscas-das-frutas (STARK et al., 2004; CHUECA et al., 2007; RUIZ et al., 2008), entretanto a sua utilização no Sul do Brasil tem sido limitada devido a ocorrência de fitotoxicidade em alguns cultivos como macieira, pêssego e videira, dificuldade de aplicação em ultra baixo volume, além de possuir custo considerado elevado em relação as proteínas hidrolisadas disponíveis.

A formulação do atrativo alimentar Anamed[®] (Isca Tecnologias, Ijuí-RS) foi lançada no ano de 2011 e utiliza a tecnologia SPLAT (Specialized Pheromone and Lure Application Technology) que tem mostrado um incremento considerável na persistência dos atrativos e do inseticida, em comparação com o sistema convencionalmente utilizado de iscas tóxicas líquidas (BORGES et al., 2015). A formulação contém óleos e ceras que conferem maior resistência à lavagem pela chuva, proteção aos raios solares e liberação gradual do componente ativo no ambiente prolongando assim a vida útil dos compostos ativos que incorporados no mesmo. A recomendação de aplicação do Anamed[®] é de um 1 Kg/ha, aplicado nas bordas do pomar (ISCA TECNOLOGIAS, 2017), quantidade muito inferior as aplicações de iscas tóxicas líquidas a base de melaço ou proteínas hidrolisadas utilizadas comumente pelos produtores.

A isca tóxica de pronto uso Gelsura[®] (BASF) encontra-se em fase de avaliação no Brasil (BOTTON et al., 2016). Essa isca é composta de um gel concentrado em uma matriz de polímeros contendo atrativos alimentares, trimedlure (paraferomônio), e alfa-cipermetrina como agente letal (RUIZ, 2013). Trabalhos realizados na região mediterrânea com o uso dessa isca tóxica têm mostrado resultados promissores para o controle de *Bactrocera oleae* (Gmelin) e *C. capitata* nas culturas da oliveira e citros, respectivamente (RUIZ, 2013).

Os dois fatores principais que devem ser considerados na escolha dos atrativos para formulação de iscas tóxicas são: a capacidade atrativa, que age na aproximação do inseto até o ponto ou local de aplicação da isca tóxica, e a capacidade fageestimulante ou resposta alimentar (MORENO; MANGAN, 2002; VARGAS et al., 2002), que contribui para o consumo da isca e permite a rápida intoxicação do inseto alvo. A falta das informações referentes a tais fatores dos atrativos alimentares e

formulações de iscas tóxicas disponíveis no Brasil contribui para a não utilização dessa técnica pelos fruticultores. O objetivo desse trabalho foi: a) estabelecer uma metodologia para a avaliação da eficiência de iscas tóxicas sobre adultos de *A. fraterculus* em laboratório, b) sua letalidade, c) efeito residual com e sem chuva simulada, d) atratividade no laboratório, gaiolas e campo e d) avaliar a aplicação da isca tóxica Gelsura® em pomar de macieira para o controle da praga.

Artigo 1 – Pesquisa Agropecuária Brasileira

Versão em português

**Fatores endógenos e exógenos associados a eficácia da isca tóxica Success®
0,02CB sobre adultos de *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) em
laboratório**

Nunes, M Z; Pasinato J, Baldin M, Loeck A E, Botton M.

Fatores associados a eficácia da isca tóxica Success[®] sobre adultos mosca-das-frutas sul-americana em laboratório

Marcelo Zanelato Nunes⁽¹⁾, Joel Pasinato⁽²⁾, Morgana Baldin⁽¹⁾ e Marcos Botton⁽³⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário, Capão do Leão, RS, 96010-610, Brasil. znunes.marcelo@gmail.com, morgana.baldin13@gmail.com;

⁽²⁾Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Avenida Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre, RS, 91540-000, Brasil. joelpasinato@outlook.com;

⁽³⁾Embrapa Uva e Vinho, Rua Livramento, 515, Bento Gonçalves, RS, 95700-000, Brasil

Marcelo Zanelato Nunes, znunes.marcelo@gmail.com, 54999051292

Fatores associados a eficiência de Success[®] sobre adultos de *A. fraterculus*

Resumo – Avaliou-se a influência de fatores metodológicos na eficácia da isca tóxica Success[®] sobre *Anastrepha fraterculus* em laboratório. Os fatores avaliados foram: a disponibilidade de dieta além da isca, tempo de fornecimento da isca (1, 2, 4 e 8 horas), idade dos insetos (5, 15, 30 dias), período de privação de alimento previamente a oferta da isca (0, 12, 24 horas) e tipo de população (selvagem, criada em frutos de manga, criada em dieta artificial). Três casais da mosca foram liberados no interior de gaiolas contendo uma gota de 40 µL da isca tóxica depositada sobre uma placa plástica. Avaliou-se o número de insetos vivos de uma a 96 horas após a sua liberação. Os dados foram submetidos a análise de Kaplan-Meier e as curvas de sobrevivência obtidas foram comparadas pela análise log-rank. O consumo da isca tóxica foi estimado pela pesagem das placas antes e após o seu fornecimento e comparado pelo teste de Tukey a 5%. A oferta de isca tóxica + água sem dieta, a privação alimentar de 12 e 24 horas, e

a população em que os adultos foram obtidos provocaram redução do tempo letal dos insetos. Não houve influência da idade no tempo letal.

Termos para indexação: metodologia; toxicidade; mosca-das-frutas sul-americana.

Factors associated to the efficacy of the toxic bait Success[®] on adults of the South American fruit fly (Diptera: Tephritidae) in laboratory

Abstract - We evaluated the influence of metodological fator on the efficacy of the toxic bait Success 0,02CB on *Anastrepha fraterculus*, in laboratory. The factors evaluated were: the disponibility of a food source besides the toxic bait, the period of exposition to the toxic bait (1, 2, 4 and 8 hours), age of the insects (5, 15, 30 days), insect deprivation period previously to the exposition to the toxic bait and type of population (wild, reared in mango fruits and reared in na artificial diet). Three fruit fly couples were released inside cages containing a 40 uL toxic bait droplet deposited on a plastic lid. Number of live insects was evaluated from one to 96 hours after its release. Data was submitted to the Kaplan-Meier analysis and survival curves were compared by the log-rank analysis. Toxic bait consumption was estimated by weighting the plaques containing the baits before and after they were provided to the insects and were compared by the Tukey test at 5%. Provision of toxic bait + water, food deprivation of 12 and 24 hours and population type caused reduction on the lethal time of the insects. There was no influence of the insects age on lethal time.

Index Terms: methodology; toxicity; South American fruit fly.

Introdução

A mosca-das-frutas sul-americana, *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830), é a espécie de moscas-das-frutas mais polífaga no Brasil. Esse inseto foi observado infestando frutos de 114 espécies de fruteiras de diversas espécies, sendo que a principal família, com maior número de exemplares, é a Myrtaceae com 38 espécies hospedeiras (Zucchi, 2008). Pelo elevado número hospedeiros e ampla capacidade de dispersão, a mosca-das-frutas sul-americana tem seu controle dificultado (Carvalho, 2006) e por isso a principal estratégia adotada são as aplicações de inseticidas em cobertura (Botton et al., 2016).

Em outras regiões do mundo, técnicas atrai-e-mata têm sido pesquisadas e preconizadas como ferramentas alternativas às aplicações de inseticidas organofosforados em cobertura os quais apresentam restrições devido à sua elevada toxicidade aos humanos e amplo espectro de ação sobre organismos benéficos (Yee & Alston, 2006; Chueca *et al.*, 2007; Manrakhan *et al.*, 2013). As iscas tóxicas são, em sua maioria, compostas por açúcares e proteínas que agem atraindo e intoxicando os adultos das moscas que estão em busca de fontes alimentares para manutenção das reservas energéticas e maturação do aparato reprodutivo (Bateman & Morton, 1981; Hendrichs et al., 1992; Raga & Sato, 2016).

Os principais atrativos empregados no Brasil para o controle da mosca-das-frutas Sul-americana são o melaço de cana-de-açúcar e proteínas hidrolisadas de origem vegetal, as quais são misturados com um inseticida registrado para o cultivo em que a espécie ocorre (Botton et al., 2016). Além das iscas tóxicas preparadas nas propriedades também encontra-se disponível a formulação de pronto uso Success[®] 0,02CB (= GF-120[®]) comercializada nos EUA e Europa a qual é autorizada para emprego em diversos cultivos no Brasil visando o controle de *A. fraterculus*, *Anastrepha obliqua* (Mcquart), *Bactrocera carambolae* e *Ceratitidis capitata*, (Agrofit 2017). De maneira geral, a formulação é empregada na proporção de uma parte do

produto comercial para 1,5 partes de água, resultando numa concentração de 0,008%. A matriz dessa isca tóxica é composta pelo atrativo Solbait que contém em sua composição 1% de acetato de amônio, 1% de polietileno glicol 200, 1% de polisorbato 60, 0,25% de óleo de soja, 15% de invertose, 2% de Solulis (proteína hidrolisada obtida do milho), 0,4% goma xantana e água, além do inseticida espinosade a 0,02% (Dow Elanco, 1994).

No caso da mosca-das-frutas sul-americana, estudos foram conduzidos visando avaliar o efeito de atrativos e agentes letais em laboratório, etapa fundamental para o desenvolvimento de novas formulações (Da Cruz et al., 1997; Scoz et al., 2004; Raga & Sato, 2005, 2006; Nondillo *et al.*, 2007; Efrom et al., 2011; Raga & Sato, 2011; Borges et al., 2015; Härter et al., 2015). Entretanto, fatores como a origem da população de moscas, idade dos insetos, período de privação de alimento, modo e tempo de disponibilização da isca tóxica pode levar a variações experimentais, dificultando a replicação e a interpretação dos resultados. Além disso, o número escasso de trabalhos com iscas tóxicas sobre *A. fraterculus* tem levado os pesquisadores a seguir metodologias descritas em experimentos conduzidos com outras espécies que possuem diferentes características biológicas e de comportamento (Bateman 1972). Na bibliografia referente a testes de iscas tóxicas com *A. fraterculus* no Brasil, há a informação da utilização de adultos provenientes de frutos infestados naturalmente no campo (Da Cruz 1997) ou criados em laboratório utilizando frutos como o mamão (Borges *et al* 2015). A idade dos insetos utilizados nos experimentos difere conforme o trabalho variando entre 1 a 30 dias (Da Cruz et al 1997; Raga & Sato 2005; Raga & Sato 2011). O período de privação de alimento antes da instalação dos experimentos não foi mencionado nos artigos de avaliação de iscas tóxicas (Scoz et al., 2004, Nondillo et al., 2007, Borges et al., 2015). Esse fator é importante pois têm influência no consumo da isca tóxica a ser avaliada. Também existem fatores como a forma e o tempo de disponibilização das iscas aos insetos que não têm sido levados em consideração

para a realização dos experimentos, mas que são determinantes na obtenção de resultados confiáveis e replicáveis.

Esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da idade, origem da população, tempo de privação de alimento, forma e tempo da disponibilização da isca tóxica Success® 0,02CB sobre a mortalidade de adultos de *A. fraterculus* em laboratório.

Material e Métodos

Em março de 2014 foram coletados frutos de araçazeiros vermelhos (*Psidium cattleianum*) no município de Bento Gonçalves (29°09'52,36" S; 51°31'45,52" O), RS, Brasil para obtenção de larvas de *A. fraterculus* e início de uma colônia em laboratório (25 ± 2 °C, UR 70 ± 10% e fotofase de 14 horas). Os insetos foram criados seguindo a metodologia proposta por Machota Jr *et al* (2010) porém utilizando frutos de manga (*Magifera indica*) cultivar Tommy a como substrato para oviposição e desenvolvimento larval.

Todos os experimentos foram realizados utilizando potes plásticos de 300 mL com dimensões de 12 x 10 cm sendo que cada um recebeu três casais da mosca-das-frutas sul-americana (Fig 1).

O número de seis insetos por gaiola foi definido com base em experimentos exploratórios, onde observou-se que uma maior quantidade de insetos por gaiola levava muito tempo para realizar as avaliações havendo o risco de fuga dos adultos no momento das avaliações.

A isca tóxica utilizada nos experimentos foi o Success® 0,02CB (Dow Agrosiences) diluída na proporção de uma parte de produto comercial para 1,5 partes de água, resultando em uma concentração de 0,008% de espinosade (Barry *et al* 2006, Agrofit 2017). A isca tóxica selecionada para ser avaliada na definição da metodologia (Success® 0,02CB) é a principal formulação utilizada para supressão populacional de diversas espécies de moscas-das-frutas no

mundo (Mangan *et al* 2006, McQuate 2009, Piñero *et al* 2009; Gazit *et al* 2013). No Brasil, a formulação está registrada para o controle de *A. fraterculus*, *A. obliqua*, *B. carambolae* e *C. capitata* nos cultivos de abacate, anonáceas, cacau, citros, kiwi, maçã, mamão, manga, maracujá e romã (Agrofit 2017).

A isca foi oferecida na forma de uma gota de 40 µL, depositada sobre uma placa plástica de Poli Tereftalato de Etila (PET) de 1 cm², a qual permaneceu para secagem por duas horas em temperatura ambiente. Além da isca tóxica, foi fornecida água em tampas de dois centímetros de diâmetro forradas com algodão hidrofílico.

Foram utilizados insetos com idade de 15 dias, sendo os mesmos privados de alimentação por 12 horas antes do início do experimento. A isca tóxica foi fornecida pelo período de duas horas sendo substituída na sequencia por dieta sólida composta por gérmen de trigo, levedura de cerveja e açúcar mascavo (3:1:1) em tampas de 2 cm de diâmetro. As testemunhas foram estabelecidas com insetos de mesma população e idade que passaram pelo mesmo período de privação de alimento, porém, receberam apenas água e dieta como alimento. As avaliações foram realizadas após 1, 3, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas registrando-se os insetos mortos em cada repetição. Todos os experimentos foram conduzidos no delineamento experimental inteiramente casualizado com 17 repetições por tratamento e repetidos duas vezes ao longo do tempo totalizando 204 insetos por tratamento.

A quantidade de isca tóxica consumida por gaiola foi estimada através da pesagem da lâmina em balança de precisão marca Mettler Toledo modelo MS204S/A01 contendo a gota da isca antes e após o seu fornecimento corrigindo-se a quantidade de produto evaporada em lâminas que não foram ofertadas aos insetos e permaneceram nas mesmas condições.

Disponibilidade de alimento concomitantemente a isca tóxica e tempo de fornecimento da isca tóxica

Os tratamentos foram constituídos pela oferta de dieta concomitantemente com a isca tóxica Success[®] 0,02CB ou disponibilidade exclusiva da isca tóxica. No experimento seguinte, as iscas tóxicas foram fornecidas por 1, 2, 4 e 8 horas. Na testemunha foi fornecida dieta sólida desde o início do experimento.

Idade dos adultos

O efeito da idade dos adultos sobre a mortalidade de *A. fraterculus* decorrente da ingestão da isca tóxica Success[®] 0,02CB foi avaliada utilizando insetos com idade de 5, 15 e 30 dias após a emergência, período em que as fêmeas possuem maior porcentagem de ovários imaturos, em desenvolvimento e maduros, respectivamente (Reyes *et al* 2012).

Período de privação de alimento previamente ao fornecimento da isca tóxica

Adultos com 15 dias de idade foram submetidos a períodos de 0 (sem privação), 12 e 24 horas de privação de alimento. Após esse período, foram transferidos para gaiolas contendo a isca tóxica Success[®] 0,02CB e água. As testemunhas foram compostas por insetos sujeitos a cada um dos três períodos de privação com o fornecimento de dieta sólida e água ao invés da isca tóxica.

Suscetibilidade de populações

Foram avaliados insetos provenientes de três fontes distintas de desenvolvimento larval: insetos de primeira geração coletada no campo a partir de frutos nativos de araçá-vermelho, criação em laboratório (12^a geração) utilizando frutos de manga (*Mangifera indica*) como substrato para desenvolvimento larval e provenientes da 12^a geração em dieta artificial (Nunes *et al* 2013). Ambas as criações de laboratório sofrem uma reintrodução anual de insetos selvagens na proporção de 1:1 para manutenção da variabilidade genética. Os adultos emergidos dos diferentes substratos de desenvolvimento larval foram criados em gaiolas semitransparentes (41 x 29,5 x 30cm de comprimento, largura e altura respectivamente) contendo água fornecida em esponjas de poliuretano e dieta para adultos composta por extrato de soja, gérmen de trigo e açúcar mascavo na proporção de 3:1:1. Como testemunha, foram utilizados insetos das respectivas populações com o fornecimento apenas de dieta sólida ao invés da isca tóxica.

Análise estatística

Para a avaliação do efeito de cada tratamento sobre a sobrevivência dos insetos foram determinadas as curvas de sobrevivência e os respectivos tempos letais através da análise de Kaplan-Meier e as curvas de sobrevivência foram comparadas pelo teste log-rank através do programa SigmaPlot. As análises de Kaplan-Meier e log rank também foram utilizadas para a comparação da mortalidade de machos e fêmeas de cada tratamento em todos os experimentos. A quantidade de isca tóxica consumida em cada tratamento foi estimada através da subtração do peso final (PF) do peso inicial (PI) corrigindo-se a evaporação das placas com iscas tóxicas que permaneceram nas mesmas condições, porém não ofertadas aos insetos. Os dados de consumo nos experimentos de tempo de fornecimento de isca tóxica, período de privação de alimento, efeito da idade e da população de insetos sobre a mortalidade foram submetidos a

análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância com auxílio do programa estatístico (SPSS Statistics 22). No experimento para avaliar a forma de disponibilização da isca tóxica, os dados foram submetidos ao teste t a 5% de significância.

Resultados e Discussão

Nesse trabalho, não foi encontrada diferença entre as curvas de sobrevivência de machos e fêmeas de *a. fraterculus* em todos os experimentos ($P > 0,05$). O mesmo foi verificado sobre a mortalidade de machos e fêmeas de *Rhagoletis indifferens* Curran após a oferta de uma mistura entre sucrose e espinosade (Entrust® SC), indicando que ambos os sexos respondem de forma semelhante a esse agente letal (Yee & Alston, 2016).

Um ponto importante para definição da metodologia de laboratório visando a seleção de iscas tóxicas para o manejo de moscas das frutas refere-se ao oferecimento simultâneo de uma fonte de alimento alternativa a isca. Nesse trabalho, as curvas de mortalidade obtidas entre os tratamentos água + Success® 0,02CB e água + Success® 0,02CB + dieta foram significativamente diferentes ($P < 0,001$). O TL_{50} encontrado para o tratamento no qual foi disponibilizado água e isca tóxica foi de 57,42 horas ($IC_{95\%} = 51,52 - 59,33$). Já no tratamento onde foi adicionada dieta além da água e da isca tóxica, o TL_{50} foi de 64,64 horas ($IC_{95\%} = 62,64 - 66,64$) (Figura 1). Além disso, foi observado um menor consumo da isca tóxica quando a mesma foi fornecida juntamente com água e dieta artificial ($2,1 \pm 0,02$ g) em relação a oferta da isca somente com água ($2,9 \pm 0,02$ g) ($t = 3,58$; $df = 37$; $P = 0,001$). De acordo com os resultados encontrados, o fornecimento de outra fonte de alimento concomitantemente com a isca tóxica, prolonga o período de sobrevivência dos insetos resultando em menor ingestão da mesma quando dieta artificial foi disponibilizada. As iscas tóxicas em geral, especialmente aquelas a base de espinosade requerem que o inseto alvo se alimente da mesma para que haja máxima eficácia. Portanto, quanto mais tempo o inseto permanecer alimentando-se e maior for

a quantidade de isca ingerida, maior será a possibilidade de intoxicação pelo agente letal e conseqüentemente mais rápida será a morte do inseto. Dessa forma, o fornecimento de outra fonte de alimento pode reduzir o contato do inseto com a isca tóxica a ser avaliada por ser menos preferida, ou levar o inseto a uma menor ingestão do agente letal. Tal fato pode subestimar a dose letal da isca tóxica avaliada, especialmente se o inseticida não apresenta rápida ação de “knock-down” como é o caso do espinosade. De acordo com Medina et al., (2007), a oferta de alimento aos insetos durante os experimentos é necessária. Segundo os autores, adultos de *C. capitata* com um dia de idade que receberam apenas água (testemunha) apresentaram mortalidade de 22,5; 82,5 e 100% após períodos de 24, 48 e 72 horas, respectivamente, levando a dúvida se a eficiência obtida foi devido ao efeito da isca tóxica ou inanição. Nos trabalhos conduzidos com *A. fraterculus* no Brasil, Borges et al., (2015) forneceram dieta, água e a isca a ser avaliada de forma simultânea. Já Raga & Sato (2006) e Nondillo et al., (2007) não forneceram outra fonte alimentar além da mistura contendo a isca tóxica aos insetos durante todo o período do experimento. A oferta da isca tóxica a ser avaliada por um período de tempo suficiente para que ocorra a ingestão, seguida da sua substituição por uma fonte alimentar sem inseticida pode ser uma alternativa para a redução da ocorrência de mortalidades acima de 10% na testemunha. Dessa forma, os insetos não permaneceriam em jejum por períodos prolongados garantindo o consumo da isca tóxica a ser avaliada e a seleção das formulações mais promissoras.

Não houve diferença nas curvas de mortalidade dos insetos submetidos a uma ($TL_{50} = 55,98 \pm 1,63$; Intervalo_{95%} = 52,78 – 59,18), duas ($TL_{50} = 55,72 \pm 1,48$; Intervalo_{95%} = 52,83 – 58,61), quatro ($TL_{50} = 57,64 \pm 1,12$; Intervalo_{95%} = 55,46 – 59,83) e oito ($TL_{50} = 57,76 \pm 1,10$; Intervalo_{95%} = 55,59 – 59,94) horas de fornecimento da isca tóxica ($P = 0,749$) (Figura 2). Tal fato pode estar relacionado ao período de jejum em que os insetos foram submetidos (12 horas) o que os induziu a apresentar alta resposta a isca tóxica, consumindo-a nos primeiros instantes

após o início do experimento. Apesar de não ter sido verificada diferença na mortalidade, houve diferença significativa no consumo da isca tóxica Success[®] 0,02CB no grupo de insetos que recebeu a mesma por apenas uma hora quando comparada aos demais tratamentos ($F = 8,97$; $df = 3$; $P < 10^{-3}$) (Tabela 1). Tal fato demonstra que o consumo de $6,22 \pm 1,76$ miligramas de isca tóxica foi suficiente para causar uma mortalidade significativa do grupo composto por seis insetos. Entretanto, quando a mortalidade foi observada após 96 horas do início do experimento, verificou-se uma resposta inferior do tratamento constituído por aqueles insetos expostos a isca tóxica por uma hora (82%) em relação aqueles expostos por duas (95%), quatro (95) e oito horas (98,1%) ($F = 11,07$; $df = 3$; $P < 0,001$).

Houve diferença nas curvas de sobrevivência entre os períodos de privação de alimento avaliados, sendo que insetos privados de alimentação por 12 e 24 apresentaram mortalidade mais rápida que aqueles que não foram privados ($P < 0,001$). Os valores de TL_{50} obtidos foram de 56,77 ($IC_{95\%} = 53,27 - 60,28$) para o tratamento sem privação; 50,19 ($TL_{50} =$; $IC_{95\%} = 47,67 - 52,71$) para privação de 12 horas e $TL_{50} = 46,48$ ($IC_{95\%} = 44,37 - 48,59$) para privação de 24 horas (Figura 3). Também foi verificada diferença significativa no consumo de isca tóxica ($F = 12,82$; $df = 2$; $P < 10^{-3}$), onde aqueles insetos que não sofreram privação de alimento, alimentaram-se de menor quantidade de isca tóxica em relação aos que sofreram privação alimentar de 12 e 24 horas (Tabela 2). A privação de alimento aos insetos previamente ao início dos experimentos induz os mesmos a buscar alimento tão logo o mesmo é ofertado, garantindo o rápido contato/ingestão do agente letal. A diferença no consumo de isca tóxica dos insetos que foram privados de alimentação por 12 e 24 horas é explicada pela reação de compensação causada pelo tempo no qual os insetos permaneceram sem alimentação, levando-os a aumentarem o consumo da isca tóxica após o fornecimento. Fêmeas de *Ceratitis cosyra* (Walker 1849) fecundadas e não fecundadas e privadas de alimentação por 12 horas foram mais responsivas a odores derivados de alimentos como fezes de frango, levedura de cerveja, suco

de goiaba e melão de cana-de-açúcar quando comparadas a moscas que se alimentaram em dieta de açúcar e proteína (Manrakhan & Lux, 2008). Entretanto, foi observado nesse trabalho que períodos de privação prolongados (acima de 24 horas) aumentam a mortalidade na testemunha, provavelmente devido a redução das reservas energéticas dos insetos. Resultados semelhantes no consumo também foram encontrados por Warburg & Yuval (1996) os quais observaram aumento da ingestão de açúcares e proteínas por *C. capitata* após períodos de privação de alimento de 24 horas. Da mesma forma, Yee & Alston (2016) verificaram que adultos de *R. indifferens* que passaram por período de privação de alimento demonstraram maior resposta a uma isca tóxica composta por açúcar e o inseticida Entrust® SC (espinosade), morrendo mais rapidamente que aqueles que tiveram acesso a dieta.

O estágio fisiológico dos adultos de moscas-das-frutas, o qual está relacionado a idade, influencia a sua busca por alimento, cópula e sítios de oviposição requeridos para o sucesso reprodutivo (Rull & Prokopy, 2000). Nesse trabalho, moscas com idades de 5, 15 e 30 dias responderam de forma semelhante a isca tóxica Success® 0,02CB ($P > 0,001$), sendo que adultos com 5, 15 e 30 dias de idade apresentaram TL_{50} de 68,31 horas ($IC_{95\%} = 65,49 - 71,13$); 63,01 horas ($IC_{95\%} = 60,31 - 65,89$) e 57,53 horas ($IC_{95\%} = 54,76 - 69,31$) respectivamente (Figura 4). Comportamento diferente foi observado quanto ao consumo de isca tóxica pelos insetos. Nesse caso, verificou-se uma menor ingestão de isca tóxica por insetos com 15 dias, a qual se diferenciou dos demais tratamentos ($F < 3,86$; $df = 2$; $P < 0,001$) (Tabela 3). No caso de *A. fraterculus*, o maior consumo de alimento ocorreu com idade de cinco e 30 dias provavelmente associado a maior necessidade de obtenção de energia e nutrientes para o desenvolvimento dos ovários durante a fase inicial ou, para a reposição energética.

Insetos oriundos de dieta artificial apresentaram TL_{50} inferior aqueles cujas larvas se desenvolveram em frutos de manga e araçá ($P = 0,003$) (Figura 5). O TL_{50} obtido para insetos provenientes de dieta artificial foi de 48,91 horas ($IC_{95\%} = 46,96 - 50,86$) enquanto para aqueles

insetos originados de frutos de araçá e manga os tempos letais foram de 53,83 horas ($IC_{95\%}=51,71 - 56,15$) e 53,55 horas ($IC_{95\%}=51,41 - 55,69$), respectivamente. Não foram observadas diferenças significativas relativas ao consumo dos insetos provenientes de diferentes fontes alimentares ($P=0,05$) (Tabela 4). Lin et al., (2013) observaram que a suscetibilidade de adultos de *B. dorsalis* a beta-cipermetrina e triclofon é afetada pela dieta na qual as larvas são alimentadas. Segundo os autores, as concentrações letais obtidas para adultos de *B. dorsalis* cujas larvas alimentaram-se de manga, carambola, maçã e pera foram maiores que as populações alimentadas em goiaba, dieta artificial e mamão. Como o consumo da isca tóxica não foi diferente entre os tratamentos, os autores inferiram que a diferença na mortalidade é resultado do tipo de dieta em que as larvas foram alimentadas. Tais fatores estão relacionados a ativação ou inibição de enzimas detoxificadoras induzidas por aleloquímicos presentes na fonte alimentar (Yang et al., 2005). Dessa forma, os insetos que se desenvolveram durante a fase larval em frutos de manga e araçá podem ter absorvido substâncias que estão presentes em ambos que por sua vez, proporcionaram menor suscetibilidade em relação aqueles insetos que desenvolveram-se em dieta artificial. Essa dieta, apesar de ser adequada ao desenvolvimento dos insetos, não é capaz de fornecer o mesmo complexo de substâncias presentes nos frutos que proporcionaram menor suscetibilidade.

Conclusões

1. Idade, período de privação de alimento, forma e tempo de fornecimento da isca tóxica Success[®] 0,02CB bem como a população de *A. fraterculus* utilizada nos testes toxicológicos alteram o resultado dos experimentos.
2. Para a realização de experimentos toxicológicos com iscas tóxicas sobre *A. fraterculus* sugere-se a utilização de insetos com cinco dias de idade, provenientes de criação em

frutos naturais; privados de alimentação por 12 horas e submetidos ao tratamento por 2 horas.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado do primeiro autor e ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento da pesquisa.

Ao Dr. Adalecio Kovaleski pela cedência de insetos provenientes de dieta artificial utilizados nos experimentos.

Referências

- AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <<http://www.agrofit.com.br>>. Acesso em: 23 abr. 2017.
- BATEMAN, M.A. The ecology of fruit flies. **Annual Reviews of Entomology**, v.17, n.1, p.493-518, 1972.
- BATEMAN, M.A.; MORTON, T.C. The importance of ammonia in proteinaceous attractants for fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Australian Journal of Agricultural Research**, v.32, n.6, p.883-903, 1981.
- BARRY, J.D.; MILLER, N.W.; PIÑERO, J.C.; TUTTLE, A.; MAU, R.F.L.; VARGAS, R.I. Effectiveness of protein baits in melon fly and oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae): attraction and feeding. **Journal of Economic Entomology**, v.99, n.4, p.1161-1167, 2006.
- BORGES, R.; MACHOTA JR, R.; BOFF, M.I.C.; BOTTON, M. Efeito de iscas tóxicas sobre *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). **Bioassay**, v.10, n.3, p.1-8, 2015.
- BOTTON, M.; ARIOLI, C.J.; MACHOTA-JÚNIOR, R.; NUNES, M.Z.; ROSA, J.M. Moscas-das-frutas na fruticultura de clima temperado: situação atual e perspectivas de controle através

do emprego de novas formulações de iscas tóxicas e da captura massal. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.29, p.103-107, 2016.

CHUECA, P.; MONTÓN, H.; RIPOLLÉS, J.L.; CASTAÑERA, P.; MOLTÓ, E.; URBANEJA, A. Spinosad bait treatments as alternative to malathion to control the mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in the Mediterranean Basin. **Journal of Pesticide Science**, v.32, n.4, p.407-411, 2007.

DA CRUZ, I.B.M.; HUMERES, E.; OLIVEIRA, A.K. Toxicity of fenthion to *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae): dose response analysis. **Annais da Sociedade Entomológica Brasileira**, v.26, n.3, p.471-479, 1997.

DOW ELANCO. Spinosad technical guide. DowElanco, Indianapolis, Indiana, 1994.

EFROM, C.F.S.; REDAELLI, L.R.; NARCISO, R.; OURIQUE, C.B. Laboratory evaluation of phytosanitary products used for control of the South American fruit fly, *Anastrepha fraterculus*, in organic farming. **Crop Protection**, v.30, n.9, p.1162-1167, 2011.

GAZIT, Y.; GAVRIEL, S.; AKIVA, R.; RIMAR, D. Toxicity of baited spinosad formulations to *Ceratitis capitata*: from the laboratory to the application. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.147, n.2, p.120-125, 2013.

HÄRTER, W.R.; BOTTON, M.; NAVA, D.E.; GRUTZMACHER, A.D.; GONÇALVES, R.S.; JUNIOR, R.M.; BERNARDI, D.; ZANARDI, O.Z. Toxicities and residual effects of toxic baits containing Spinosad or Malathion to control de adult *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Florida Entomologist**, v.98, n.1, p.202-208, 2015.

LIN, Y.; JIN, T.; ZENG, L.; LU, Y. Insecticide toxicity to oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) is influenced by environmental factors. **Journal of Economic Entomology**, v.106, n.1, p.353-359, 2013.

MACHOTA JR, R.; BORTOLI, L.C.; TOLOTTI, A.; BOTTON, M. Técnica de criação de *anastrepha fraterculus* (Wied., 1830) (Diptera: Tephritidae) em laboratório utilizando

hospedeiro natural. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 23p, 2010.

MANGAN, R.L.; MORENO, D.S.; THOMPSON, G.D. Bait dilution, spinosad concentration, and efficacy of GF-120 based fruit fly sprays. **Crop Protection**, v.25, n.2, p.125-133, 2006.

MANRAKHAN, A.; LUX, A.S. Effect of food deprivation on attractiveness of food sources, containing natural and artificial sugar and protein, to three african fruit flies: *Ceratitis cosyra*, *Ceratitis fasciventris*, and *Ceratitis capitata*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.27, n.2, p.133-143, 2008.

MCQUATE, G.T. Effectiveness of GF-120NF fruit fly bait as a suppression tool for *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Applied Entomology**, v.133, n.6, p.444-448, 2009.

Medina, P.; Perez, I.; Budia, F.; Adan, A.; Vinuela, E. Development of an extended-laboratory method to test novel insecticides in bait formulation. **IOBC/WPRS Bulletin**, v.26, n.6, p.59-66, 2007.

NAVARRO-LLOPIS, V.; PRIMO, J.; VACAS, S. Efficacy of attract-and-kill devices for the control of *Ceratitis capitata*. **Pest Management Science**, v.29, n.4, p.478-482, 2013.

PIÑERO, J.C.; MAU, R.F.L.; MCQUATE, G.T.; VARGAS, R.I. Novel bait stations for attract-and-kill of pestiferous fruit flies. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.133, n.2, p.208-216, 2009.

PROKOPY, R.J.; MILLER, N.W.; PIÑERO, J.C.; BARRY, J.D.; TRAN, L.C.; ORIDE, L.; VARGAS, R.I. Effectiveness of GF-120 fruit fly spray applied to border area plants for control of melon flies (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, v.96, n.5, p.1485-1493, 2003.

RAGA, A.; SATO, M.E. Effect of spinosad bait against *Ceratitis capitata* (Wied.) and *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) in laboratory. **Crop Protection**, v.34, n.5, p.815-822, 2005.

RAGA, A.; SATO, M.E. Toxicity of neonicotinoids to *Ceratitis capitata* and *Anastrepha*

fraterculus (Diptera: Tephritidae). *Journal of Plant Protection Research*, v.51, n.4, p.413-419, 2011.

RULL, J.; PROKOPY, R.J. Attraction of apple maggot flies, *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) of diferente physiological states to odour-baited traps in the presence and absence of food. **Bullettin of Entomological Research**, v.90, n.1, p.77-88, 2000.

YEE, W.L. Insecticide, sugar, and diet effects n feeding and mortality in *rhagoletis indifferens* (Dipt., Tephritidae). **Jornal of Applied Entomology**, n.133, v.4, p.297-306, 2009.

YEE, L.W.; ALSTON, D.G. Ovipostion of *Rhagoletis indifferens* (Diptera: Tephritidae) under low food availability. **Journal of Entomological Science**, v.51, n.2, p.101-112, 2016.

ZUCCHI, R.A. Fruit flies in Brazil – *Anastrepha* species their host plants and parasitoids. Available in: www.lea.esalq.usp.br/anastrepha/, atualizado em 03 de Agosto, 2017. Acesso em 10 Ago 2017.

Tabela 1. Consumo médio ($N \pm EP$) da isca tóxica Success[®], contendo 0,008% de espinosade, aplicada sobre placas de um centímetro quadrado e fornecidas a três casais de *Anastrepha fraterculus* por uma, duas, quatro e oito horas em laboratório ($T = 24 \pm 2$ °C, UR = $60 \pm 10\%$, fotofase = 12h).

Tratamento (horas)	Consumo (mg)
1	$6,22 \pm 1,55$ b ¹
2	$8,41 \pm 2,57$ a
4	$8,48 \pm 1,94$ a
8	$8,07 \pm 1,74$ a

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 2. Consumo médio ($N \pm EP$) da isca tóxica Success[®] 0,02CB, contendo 0,008% de espinosade, aplicada sobre placas (PET) e fornecidas a três casais de *Anastrepha fraterculus* sem privação de alimento e com privação de 12 e 24 horas em laboratório ($T = 24 \pm 2^\circ\text{C}$, UR = $60 \pm 10\%$, fotofase = 12h).

Tratamento	Consumo (mg)
Sem privação	$2,14 \pm 0,20$ b ¹
12 horas	$2,96 \pm 0,08$ a
24 horas	$2,96 \pm 0,09$ a

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 3. Consumo médio ($N \pm EP$) da isca tóxica Success[®], contendo 0,008% de espinosade, aplicada sobre placas PET e fornecidas a três casais de *Anastrepha fraterculus* com cinco, 15 e 30 dias de idade por uma hora em laboratório ($T = 24 \pm 2$ °C, UR = $60 \pm 10\%$, fotofase = 12h).

Tratamento (dias)	Consumo (mg)
5	$5,66 \pm 0,20$ a ¹
15	$4,74 \pm 0,30$ b
30	$5,75 \pm 0,10$ a

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 4. Consumo médio ($N \pm EP$) de isca tóxica Success[®] 0,02CB, contendo 0,008% de espinosade, aplicada sobre placas de um centímetro quadrado de Poli Tereftalato de Etila (PET) e fornecidas a três casais de *Anastrepha fraterculus* obtidos de frutos de araçá, dieta artificial e frutos de manga em laboratório ($T = 24 \pm 2^\circ\text{C}$, $UR = 60 \pm 10\%$, fotofase = 12h).

Tratamento	Consumo (mg)
Frutos de araçá	$8,12 \pm 0,40$ a ¹
Frutos de manga	$6,79 \pm 0,40$ a
Dieta artificial	$7,00 \pm 0,30$ a

¹Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

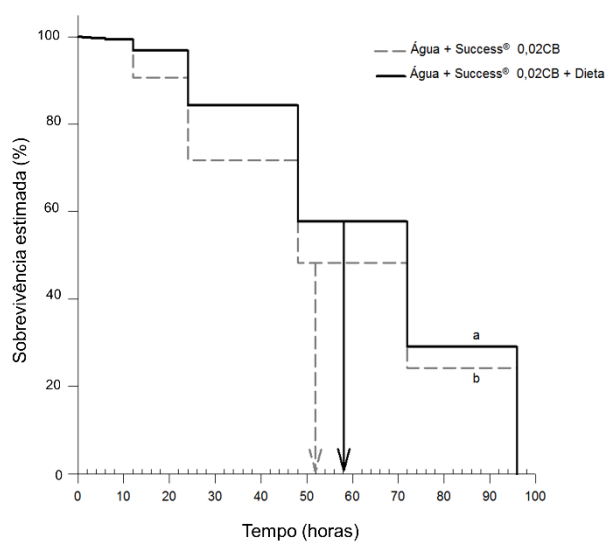


Figura 1. Sobrevivência de adultos de *Anastrepha fraterculus* após o fornecimento da isca tóxica Success® 0,02CB, contendo 0,008% de espinosade, concomitantemente com água e água + dieta artificial em laboratório ($T = 24 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $\text{UR} = 60 \pm 10\%$, fotofase = 12h).

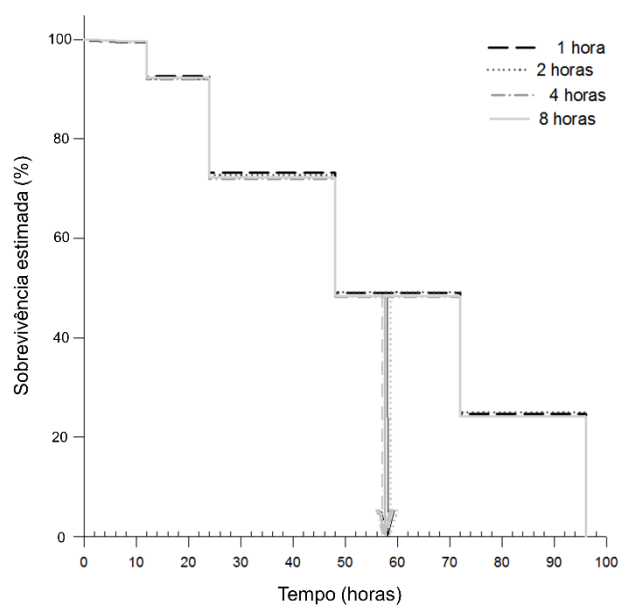


Figura 2. Sobrevivência de adultos de *Anastrepha fraterculus* após a ingestão da isca tóxica Success[®] 0,02CB, contendo 0,008% de espinosade, ofertada por 1, 2, 4 e 8 horas em laboratório em laboratório ($T = 24 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $\text{UR} = 60 \pm 10\%$, fotofase = 12h).

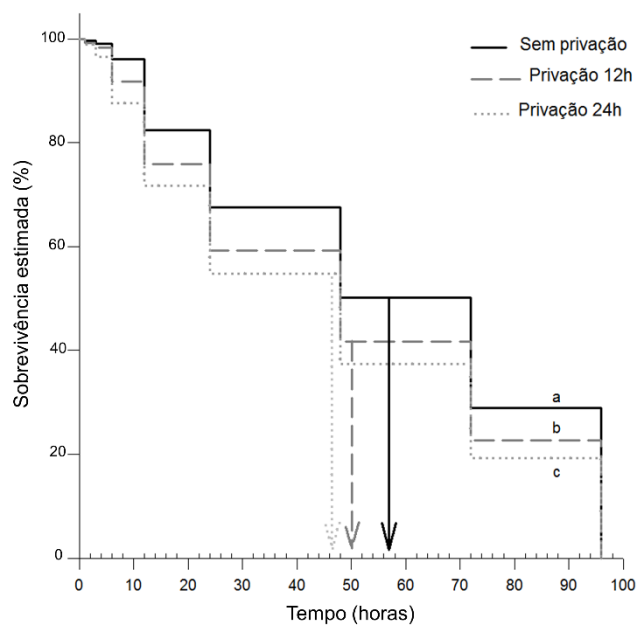


Figura 3. Sobrevivência de adultos de *Anastrepha fraterculus* submetidos a ingestão da isca tóxica Success[®] 0,02CB, contendo 0,008% de espinosade, após períodos de privação de alimento de 0 (sem privação), 12 e 24 horas em laboratório ($T = 24 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $\text{UR} = 60 \pm 10\%$, fotofase = 12h).

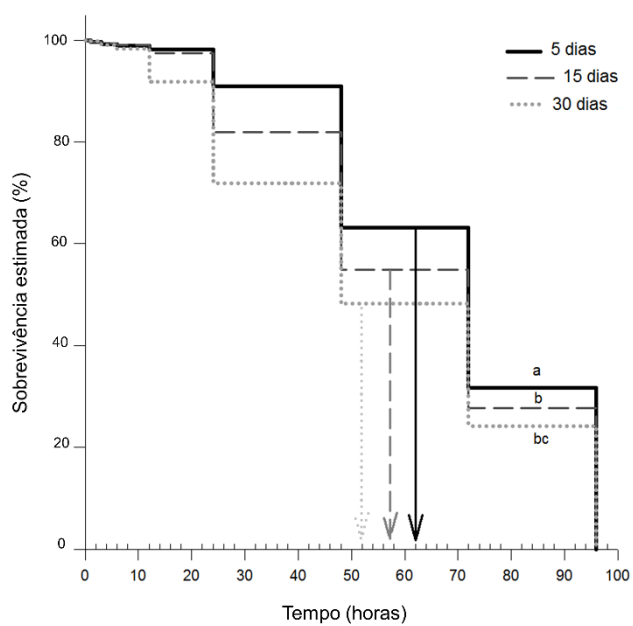


Figura 4. Sobrevivência de adultos de *Anastrepha fraterculus* com idades de 5, 15 e 30 dias após a ingestão com a isca tóxica Success® 0,02CB, contendo 0,008% de espinosade, em laboratório ($T = 24 \pm 2^\circ\text{C}$, $\text{UR} = 60 \pm 10\%$, fotofase = 12h).

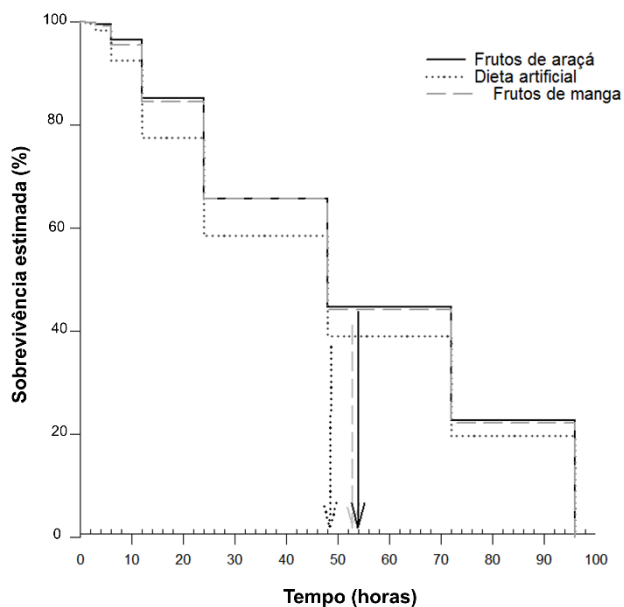


Figura 5. Sobrevivência de adultos de *Anastrepha fraterculus* submetidos a teste de ingestão de duas horas com a isca tóxica Success® 0,02CB, contendo 0,008% de espinosade, cujas larvas desenvolveram-se em frutos de araçá (*Psidium cattleianum*), dieta artificial e frutos de manga (*Mangifera indica*) em laboratório ($T = 24 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $\text{UR} = 60 \pm 10\%$, fotofase = 12h).

Artigo 2 – Pest Management Science

Versão em português

Eficácia e efeito residual de formulações de iscas tóxicas sobre *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae)

Nunes MZ, Baronio CA, Schutze IX, Arioli, CJ, Loeck AE, Botton M.

Eficácia e efeito residual de formulações de iscas tóxicas sobre *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae)

Eficácia de formulações de iscas tóxicas sobre *A. fraterculus*

Marcelo Z. Nunes^a; Cleber A. Baronio^a; Inana X. Schutze^a; Cristiano J. Arioli^b; Alci E. Loeck^a; Marcos Botton^d

*Autor para correspondência: M Botton, Laboratório de Entomologia, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS 95701-008, Brazil. E-mail: marcos.botton@embrapa.br

^aDepartamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brazil

^bEmpresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural, São Joaquim, SC, Brazil

^cEmbrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS, Brazil

Resumo

CONHECIMENTO: *Anastrepha fraterculus* é a principal praga de frutíferas de clima temperado cultivadas na região Sul do Brasil. A utilização de iscas tóxicas é uma das alternativas adotadas para o manejo desse inseto. Entretanto, não existem informações sobre a eficiência das novas formulações disponíveis e seu efeito residual sobre essa espécie em condições de clima seco e chuvoso.

RESULTADOS: O tempo letal 50 (horas) das iscas tóxicas testadas foram: 1.138, (Success® 0,02CB), 163,43 (Gelsura® a 2.000 ppm), 76,35 (Anamed® + malationa), 71,31 (Gelsura® 4.000 ppm) e 6,45 (Flyral® + malationa). Todas as formulações mostraram eficácia de 40, 60, 75 e 75% após 24, 48, 72 e 96 horas após a liberação dos insetos em gaiolas. Todas as formulações proporcionaram mortalidade superior a 87% até 21 dias da sua aplicação. Anamed® + malationa e Gelsura® a 4.000 ppm mostraram maior resistência a lavagem pela chuva.

CONCLUSÃO: formulações contendo malationa e alfa-cipermetrina causam mortalidade mais rápida do que espinosade, entretanto, formulações de iscas tóxicas diferem no tempo letal utilizando o ingrediente ativo malationa. Todas as iscas tóxicas avaliadas mostraram eficácia na supressão de adultos de *A. fraterculus* em experimentos de gaiola e sem chuva simulada, enquanto Anamed® + malationa e Gelsura® causaram mortalidades significativas após chuva simulada de 5, 25 e 50 mm.

Palavras-chave: mosca-das-frutas sul-americana; toxicidade; Manejo integrado de Pragas;

Efficacy and residual effect of toxic bait formulations against *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae)

Abstract

BACKGROUND: *Anastrepha fraterculus* is the main pest of fruit trees grown in Southern Brazil. The use of toxic baits is one of the alternatives adopted to manage this insect. However, there is no information about the efficacy of the new formulations available and its residual effects on this species on dry and rainy conditions.

RESULTS: The lethal time 50 (hours) of the toxic baits were: 1,138. (06Success® 0,02CB), 163.43 (Gelsura® at 2,000 ppm), 76.35 (Anamed® + malathion), 71.31

(Gelsura® 4,000 ppm) and 6.45 (Flyral® + malationa). All the formulations showed efficacy of 40, 60, 75 and 75% after 24, 48, 72 and 96 hours after the insects were released in cages. Without rain, all formulations provided mortality superior to 87% until 21 days after its application. Anamed® + malathion and Gelsura® at 4,000 ppm showed higher resistance to the simulated rains.

CONCLUSION: Formulations containing malathion and alpha-cypermethrin cause faster mortality, however, there is variation between attractants since lethal time differed between Flyral® and Anamed® containing malathion. All toxic bait formulations showed efficacy on the suppression of adults of *A. fraterculus* in tests without simulated rain and cage tests, while Anamed® + malathion and Gelsura® caused significant mortalities after simulated rains of 5, 25 and 50 mm.

Key-words: South American fruit fly; toxicity; Integrated Pest Management;

Introdução

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, com aproximadamente 33 milhões de toneladas (FAO <http://fao.org/faostat>). Na região Sul do Brasil, são cultivados aproximadamente 14% da produção nacional merecendo destaque o cultivo de frutíferas de clima temperado como macieiras, frutas de caroço e videira (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2016 (http://grupogaz.com.br/tratadas/eo_edicao/4/2016/04/20160414_0d40a2e2a/flip/files/assets/basic-html/index.html#1)).

A mosca-das-frutas sul-americana, *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) é praga chave das principais frutíferas cultivadas onde causam danos diretos, através do desenvolvimento das larvas provenientes da oviposição no interior dos frutos. Dependendo da espécie frutífera, podem ocorrer danos indiretos, como por exemplo em maçã, onde verifica-se deformações em frutos com tamanho superior a 20 mm¹. Dentre os impactos indiretos ainda estão a restrição as exportações de frutos quando é detectada a presença de larvas do inseto uma vez que *A. fraterculus* é praga quarentenária em diversos países².

O manejo da *A. fraterculus* nos pomares comerciais tem como base o uso de inseticidas organofosforados aplicados em cobertura visando controlar os adultos

presentes nos pomares e também as larvas no interior dos frutos^{3,4}. Embora esta estratégia de manejo tenha sido efetiva por vários anos, o uso dos inseticidas organofosforados tem sido restrito no Manejo Integrado de Pragas (MIP) devido à sua elevada toxicidade, período de carência e efeitos deletérios sobre inimigos naturais^{5,6}, a semelhança do que tem ocorrido na Europa⁷.

O controle populacional da *A. fraterculus* através da manipulação do seu comportamento com o uso de iscas tóxicas é um importante componente do MIP e tem sido a principal estratégia de controle de moscas das frutas em diferentes regiões produtoras no mundo^{8,9,10,11}. O princípio desta tecnologia é controlar os adultos, partindo-se do pressuposto de que a busca de novos sítios de oviposição ocorre através do deslocamento das fêmeas adultas de áreas de mata nativa para o pomar¹ e que as fêmeas, antes de realizar a oviposição nos frutos, necessitam ingerir carboidratos e proteínas para o desenvolvimento ovariano¹². Dentre os pontos positivos da adoção dessa tecnologia, quando comparados ao uso convencional de inseticidas, estão a redução da quantidade de ingrediente ativo aplicada no ambiente¹¹, menor impacto sobre insetos benéficos⁸ e ausência de resíduos nos frutos já que as iscas podem ser aplicadas na vegetação da borda dos pomares ou direcionada para o tronco das plantas (ZART et al., 2009 (<https://embrapa.br/uva-e-vinho/busca-de-publicacoes/-/publicacao/579255/bioecologia-e-controle-da-mosca-das-frutas-sul-americana-anastrepha-fraterculus-diptera-tephritidae-na-cultura-da-videira>)).

No Brasil, apesar das iscas tóxicas serem empregadas desde a década de 30¹³, poucos estudos foram conduzidos visando avaliar a eficácia e o efeito residual das diferentes formulações disponíveis^{15,16} faltando recomendações específicas para a aplicação das mesmas nos pomares. Além disso, devido a alta frequência de precipitações, há a necessidade de reaplicações constantes que, quando não realizadas, podem reduzir o percentual de controle do inseto.

O emprego de iscas tóxicas pode ser feito através de formulações de pronto uso como o GF-120 ou Success® 0,02CB (Dow AgroSciences) e o Gelsura® (BASF) além da mistura de atrativos alimentares formulados a base de melaço, proteínas hidrolisadas (Flyral® - Bioibérica) e extratos de plantas e ceras como o Anamed® (Isca Technologies) associados a um agente letal. O principal agente letal utilizado nas formulações de iscas tóxicas para o controle da *A. fraterculus* é a malationa, uma vez

que este agente possui bom efeito de controle quando em contato ou ingerido pelo inseto; baixo custo, além da ausência de registros de resistência de *A. fraterculus* ao mesmo no Brasil¹⁶.

A proteína hidrolisada Flyral[®] foi lançada no mercado como uma proteína hidrolisada de origem animal a qual possuiu maior grau de pureza e percentual de proteína em relação às proteínas de origem vegetal. Além disso, a recomendação de dose é de 1,25%, enquanto que a proteína de origem vegetal Biofruit[®] possui recomendação de uso de 1 a 3%. O Anamed[®] possui em sua formulação a tecnologia SPLAT[®] (Specialize Pheromone and Lure Application Tecnology) que confere ao produto aspecto ceroso e fluído, proporcionando maior resistência à degradação pelos raios solares e também a lavagem pela chuva¹⁷. Ambos atrativos devem ser utilizados em mistura com inseticidas autorizados para a cultura na qual a praga está ocorrendo. No entanto, o Anamed[®] causa fitotoxicidade quando aplicada sobre folhas ou frutos de maçã, similar ao observado com o Success[®] 0,02CB.

A isca de pronto uso Gelsura[®] possui em sua formulação uma matriz de polímeros que conferem maior resistência à degradação pela luz solar e chuva; o ingrediente ativo alfa-cipermetrina a 0,2% além de atrativos alimentares a base de proteínas e um paraferomônio para a mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o tempo letal de formulações de iscas tóxicas sobre adultos de *A. fraterculus*, quantificar a eficácia dessas formulações em experimentos de laboratório e semi-campo e analisar o seu efeito residual sem e com chuva simulada.

Material e Métodos

Obtenção dos insetos e locais de condução dos experimentos

Os insetos utilizados nos experimentos foram coletados em frutos de araçá vermelho (*Psidium cattleianum*) infestados naturalmente no campo. Após obtidas as larvas e adultos, realizou-se a multiplicação dos mesmos em laboratório seguindo metodologia adaptada de Machota Jr. et al. (2010). Em todos os experimentos, foram utilizados insetos com idade de 14 ± 1 dias, privados de alimentação por 12 horas antes do fornecimento das iscas.

Os experimentos visando a avaliação do tempo letal das formulações de iscas tóxicas, a eficácia em semi-capo e o efeito residual com chuva simulada foram realizados no laboratório de Entomologia da Estação Experimental da Epagri de São Joaquim, SC. Já os testes de efeito residual sem chuva simulada foram realizados no laboratório de Entomologia da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS.

Tratamentos

Os tratamentos analisados foram as iscas tóxicas de pronto uso Success® 0,02CB diluído na proporção de uma parte do produto para 1,5 partes de água resultando em uma solução com 0,008% de espinosade; Gelsura® diluído nas proporções de uma parte do produto para duas de água e duas partes do produto para uma de água resultando em misturas contendo 0,2 e 0,4% de alfa-cipermetrina, respectivamente. Também foram utilizados os atrativos Anamed® e Flyral® acrescidos do inseticida malationa (Malathion 1000EC) nas concentrações de 1,0 e 0,2% respectivamente, comparados com uma testemunha constituída por água pura. As iscas tóxicas foram aplicadas com o auxílio de pipetas automáticas previamente calibradas. Em laboratório, os tratamentos foram aplicados sobre placas PET (Polietileno tereftalato) de 1 cm² enquanto nos testes residuais sem e com chuva simulada foram aplicados sobre folhas de plantas de citros. As iscas tóxicas foram fornecidas aos insetos por duas horas. Após esse período foram substituídas por alimento fornecido em potes de 2 x 1 cm contendo 5 g de dieta sólida composta por extrato de soja, gérmen de trigo e açúcar mascavo na proporção de 3:1:1. No experimento conduzido nas gaiolas de 8 m³, as iscas permaneceram a disposição dos insetos por todo o período do experimento com o objetivo de simular um ambiente natural onde as moscas possuem outras fontes alimentares a disposição. Para os experimentos de laboratório foram utilizadas gaiolas confeccionadas com recipientes plásticos transparentes de 300mL (12 x 12 cm) perfurados na parte superior e vedados com tecido *voile* para permitir a troca de gases e evitar o acúmulo de umidade. Cada gaiola foi utilizada com a abertura virada para baixo sobre uma superfície forrada com papel filtro de 12 cm de diâmetro. Os insetos permaneceram em ambiente controlado com temperatura de 23 ± 2°C, umidade relativa de 60 ± 10% e 14 horas de fotofase.

Determinação do tempo letal de formulações de iscas tóxicas

Seis adultos (3 machos e 3 fêmeas) com 15 dias de idade foram transferidos para o interior de potes transparentes de 350 mL, cuja parte superior foi vedada com tecido voile. As iscas tóxicas aplicadas em placas plásticas PET permaneceram por duas horas em ambiente sombreado para secagem antes do fornecimento aos insetos. As placas contendo os tratamentos foram fornecidas aos insetos juntamente com tampas plásticas (2 x 1 cm) contendo algodão hidrófilo embebido em água destilada. Após duas horas do fornecimento, procedeu-se a retirada das placas contendo as iscas tóxicas, as quais foram substituídas por dieta sólida. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 17 repetições com 6 insetos por repetição. O experimento foi repetido duas vezes ao longo do tempo, totalizando 204 insetos por tratamento. As avaliações da mortalidade foram realizadas a cada 15 minutos nas primeiras 2 horas, a cada duas horas nas primeiras 24 horas e a cada 24 horas até completar 96 horas do fornecimento das iscas. Os insetos foram considerados mortos quando não apresentaram reação ao toque de um pincel de ponta fina.

*Efeito de formulações de iscas tóxicas no controle de *A. fraterculus* em gaiolas no interior de casa de vegetação*

Para o experimento de avaliação do efeito de iscas tóxicas em gaiolas foram confeccionadas estruturas metálicas de 2 x 2 x 2 m a partir de hastes de ferro tipo calha de 1 cm e cobertas com tela antiáfideo (150 microns). O piso de cada gaiola foi forrado com lona plástica branca para facilitar a visualização dos insetos. No interior de cada gaiola foi inserida uma planta de macieira da cultivar 'Castel Gala' com dois anos de idade conduzida em vaso número 5 (22,424 cm³) na qual foram aplicados cada um dos tratamentos na forma de gotas de 40 µL sobre 20 folhas de cada planta. Além dos tratamentos, foi disponibilizada dieta sólida e água, em placas de Petri (6 cm de diâmetro) forradas com algodão hidrofílico e depositadas na base das plantas. Após duas horas da aplicação dos tratamentos, 25 casais de *A. fraterculus* com 15 dias de idade foram liberados no interior de cada gaiola. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 2 repetições por tratamento. Cada experimento foi repetido três vezes ao longo do tempo resultando em 6 repetições com 180 insetos por tratamento.

Efeito residual de iscas tóxicas sobre A. fraterculus na ausência de chuva

O experimento para avaliar o efeito residual de iscas tóxicas na ausência de chuva foi conduzido utilizando-se mudas de citros de 1,5 metros de altura cultivadas em vasos no interior de casa de vegetação. As iscas tóxicas foram aplicadas sobre as folhas das mudas, as quais foram coletadas 0, 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos tratamentos, transportadas ao laboratório e fornecidas aos adultos de *A. fraterculus*. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e 10 repetições, sendo que cada repetição foi composta por uma gaiola semelhante as utilizadas no ensaio para determinação do tempo letal, contendo cinco casais de *A. fraterculus* com 15 dias de idade e uma folha contendo uma formulação de isca tóxica, totalizando 100 insetos por tratamento. As análises consistiram da contagem do número de insetos mortos em cada repetição após 96 horas da liberação dos insetos. Foram considerados mortos aqueles insetos que não apresentavam reação ao toque de um pincel de ponta fina.

Efeito residual de iscas tóxicas sobre A. fraterculus com chuva simulada

Os tratamentos foram aplicados sobre folhas de plantas de citros de aproximadamente 40 cm de altura cultivadas em vasos de 22,4 cm³ contendo substrato de cultivo composto por solo e vermiculita na proporção de 3:1, respectivamente. As plantas permaneceram em ambiente sombreado com temperatura de 22 ± 2°C para secagem da superfície foliar. Em seguida, as plantas contendo cada um dos tratamentos foram posicionadas no solo abaixo do equipamento de modo a receber as lâminas de chuva definidas. A simulação da chuva ocorreu através de um equipamento constituído de uma armação retangular (1,35 x 1,75 m) contendo 6 bicos leque Magno Jet (AD-IA 110-015) fixados a uma altura de 2,3 m do nível do solo. O equipamento utiliza energia elétrica para realizar uma movimentação transversal de 0,35 m cobrindo uma área de 2,83 m². A pressão de serviço utilizada no simulador de chuva foi de 15 lb e as lâminas de chuvas aplicadas foram de 5, 25 e 50 mm a uma intensidade de precipitação fixa de 50 mm.h⁻¹. Após a aplicação das lâminas de chuva, procedeu-se a coleta de 10 folhas por planta referente a cada tratamento, as quais foram transportadas ao laboratório e inseridas individualmente em gaiolas contendo cinco casais de *A. fraterculus*. O delineamento

experimental foi inteiramente casualizado com dez repetições e totalizando 100 insetos por tratamento.

O número de indivíduos mortos em cada tratamento foi avaliado após 24, 48, 72 e 96 horas da liberação dos insetos nas gaiolas através da contagem daqueles que não apresentaram reação ao toque de um pincel de ponta fina.

Análise estatística

O número de insetos mortos em cada tratamento e período de tempo foram submetidos a análise de Probit através do programa POLO-PC (LeOra Software). A partir da curva de resposta foram estimados os tempos letais, com os respectivos intervalos de confiança (IC 95%) e os valores de coeficiente angular. Os tratamentos foram comparados entre si por meio do tempo letal médio e os intervalos de confiança obtidos em cada formulação de isca tóxica.

O percentual de insetos mortos em cada tratamentos foram transformados em raiz quadrada para a normalização da variância, corrigidos com base na mortalidade obtida na água (testemunha) e então submetidos a ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância através do software SPSS Statistics 22.

Resultados

Adultos de *A. fraterculus* foram suscetíveis aos atrativos alimentares Anamed® e Flyral® contendo malationa com mortalidade de 50% da população em 76 e 6 minutos, respectivamente (Tabela 1). O mesmo efeito foi observado para a isca de pronto uso Gelsura® nas concentrações de 0,2 e 0,4% de alfa-cipermetrina, as quais proporcionaram mortalidade 50% dos insetos em 119 e 43 minutos, respectivamente. A isca tóxica de pronto uso Success® com 0,008% de espinosade foi o tratamento que apresentou mortalidade mais lenta com TL₅₀ de 1.138 minutos ou 18 horas.

No experimento conduzido em gaiolas, todas as iscas tóxicas avaliadas diferiram da testemunha quanto à mortalidade após 24 (P = 0,001), 48 (P = 0,004), 72 (P = 0,002) e 96 horas (P = 0,001) após o fornecimento. No entanto, as formulações foram equivalentes entre si (Figura 1). O maior incremento da mortalidade foi observado nas primeiras 24 horas de avaliação chegando a 43,1% para a Anamed®,

44,1% para Flyral[®], 37,2% para Gelsura[®] e 30,5% para Success[®] 0,02CB. O incremento na mortalidade de todos os tratamentos caiu ao longo de cada avaliação após 48 horas do início do experimento culminando com 75,4% para Anamed[®] + malationa, 74,6% para Gelsura[®] 1:2, 76,1% para Success[®] e 87,7% para Flyral[®] + malationa. Já a água apresentou mortalidade de 7,2; 18,3; 24,4 e 27,8% após os períodos de avaliação de 24, 48, 72 e 96 horas respectivamente.

Todas as iscas tóxicas avaliadas causaram mortalidade semelhante entre 2 e 21 dias após a aplicação sem precipitação na avaliação realizada 96 horas após a liberação dos insetos (Tabela 2). Anamed[®], Flyral[®] e Gelsura[®] e Success[®] 0,02CB não apresentaram redução na sua eficácia ao longo do tempo.

De acordo com a análise univariada ($R^2 = 0,801$), foi observada influência significativa da formulação de isca tóxica na mortalidade de adultos de *A. fraterculus* $F(5,162) = 129,586$; $p < 0,001$, bem como interação entre a isca tóxica e a lâmina de chuva aplicada $F(10,162) = 5,768$; $p < 0,001$.

As iscas tóxicas Anamed[®] e Gelsura[®] apresentaram a maior mortalidade de adultos, nas duas concentrações avaliadas, quando foi aplicada lâmina de chuva de 5 mm (Tabela 3). Já as iscas tóxicas Flyral[®] e Success[®] 0,02CB tiveram sua eficácia drasticamente reduzida, com mortalidade de 9 e 8 por cento, respectivamente. Para lâmina de chuva de 25 mm, a isca tóxica Gelsura[®] 0,4% foi a que apresentou maior mortalidade (83%), seguida pela isca Anamed[®] com malathion (65%) e Gelsura[®] 0,2% (41%) havendo diferença significativa entre as duas diluições (Tabela 3). Flyral[®] e Success[®] 0,02CB apresentaram mortalidade de 5 % e não diferiram da testemunha. Comportamento semelhante na mortalidade foi obtido quando da aplicação da lâmina de chuva de 50 mm, sendo que Gelsura[®] 0,4% apresentou maior mortalidade (79%), seguida de Anamed[®] e Gelsura[®] 0,2% que não diferiram entre si. Flyral[®] e Success[®] 0,02CB seguiram apresentando baixa mortalidade e não diferiram da testemunha (Tabela 3).

A isca tóxica Anamed[®] apresentou redução significativa na mortalidade de entre as lâminas de chuva de 5 e 50 mm. Já Gelsura[®] 0,2% apresentou decréscimo da mortalidade apenas entre lâminas de cinco e 25 mm, não diferindo da lâmina de chuva de 50 mm. A isca tóxica Gelsura[®] na diluição de 0,4% foi o tratamento que apresentou maior estabilidade, sem sofrer redução significativa da mortalidade com lâminas de chuva de cinco, 25 e 50 mm e intensidade de 50 mmh⁻¹.

Discussão

A exposição de adultos de *A. fraterculus* às novas formulações de iscas tóxicas contendo os agentes letais malationa, alfa-cipermetrina e espinosade, demonstra a sua alta suscetibilidade a tais compostos e o seu potencial para o manejo desse inseto em um sistema de rotação de ingredientes ativos para o manejo da resistência.

Foi possível observar que apesar de existirem diferenças no tempo letal das diferentes formulações de iscas tóxicas avaliadas, o atrativo Anamed[®] associado a malationa em uma dose cinco vezes superior à utilizada na mistura com o atrativo Flyral[®] obteve TL₅₀ 11,8 vezes maior. A utilização de uma maior concentração para os atrativos Anamed[®] e Flyral[®] foi estabelecida em experimentos de dose-resposta preliminares os quais revelaram a dose capaz de matar 95% dos insetos após 96 horas. A diferença entre o tempo letal apresentado por Anamed[®] + malationa 1,0% e Flyral[®] + malationa 0,2% demonstra que os insetos são mais atraídos e ou alimentam-se de maior quantidade da isca Flyral[®] + malationa 0,2% pelo fato do mesmo possuir maior quantidade de proteína em sua formulação. Estudos visando a avaliação de iscas tóxicas sobre *A. fraterculus* encontraram resultados semelhantes ao deste trabalho onde os autores verificaram mortalidade de 27,4% e 90% de adultos de *A. fraterculus* submetidos a isca tóxica Success[®] 0,02CB e a isca composta pela proteína hidrolisada BioFruit[®] a 3,0% associada ao inseticida malationa a 1,0% respectivamente, após 24 horas de avaliação em laboratório¹⁵. Foi observado também que a proteína hidrolisada Biofruit[®] utilizada a 3,0% foi 16,3 vezes mais atrativa que melão de cana-de-açúcar a 7,0% a adultos de *C. capitata* em experimentos de campo em pomar de citrus¹⁸. Tal fato pode ocorrer devido a necessidade das fêmeas em ingerir compostos proteicos, uma vez que os mesmos são componentes essenciais para o seu desenvolvimento sexual¹⁹. A variação na dose e tempo letal para um mesmo ingrediente ativo de acordo com o atrativo utilizado revela a importância da substância atrativa na eficácia das iscas tóxicas, pois além de atraí-lo para a fonte de alimento, o mesmo também deve apresentar efeito fagoestimulante visando aumentar o período consumo, fator fundamental para o controle da praga, principalmente quando o agente letal apresenta efeito principal via ingestão, como é o caso do espinosade. Com relação ao agente letal, quanto mais rápida é a sua ação, menores

serão as chances da fêmea realizar o voo, encontrar o fruto hospedeiro e realizar a oviposição.

De forma semelhante, os maiores tempos letais foram observados para iscas tóxicas contendo espinosade em comparação a iscas contendo os organofosforados fenitrotona e triclorfon²⁰. Tal fato pode ser atribuído ao modo de ação do espinosade, que apesar de exibir efeito de contato, ocorre de forma mais lenta quando é ingerido²¹, enquanto que a malationa e a alfa-cipermetrina também apresentam rápida ação de contato²².

Não houve diferença na mortalidade de insetos entre as diferentes formulações de iscas tóxicas testadas. Não foi observada diferença na mortalidade de adultos de *A. fraterculus* em gaiolas nas quais foram aplicadas as iscas tóxicas Biofruit[®] + malationa, Biofruit[®] + espinosade, melação + malationa, melação + espinosade e Success[®] 0,02CB nos primeiros cinco dias de avaliação¹⁵. O baixo incremento observado na mortalidade após 24 horas pode ser devido a redução da atratividade das iscas tóxicas aplicadas. Em experimentos de atratividade com iscas tóxicas sobre *B. curcubita*, a isca tóxica GF-120 (=Success[®] 0,02CB) perdeu metade da sua atratividade sobre adultos desse inseto após cinco horas e, após 24 horas, não foi observada atração pela mesma²². O mesmo foi observado por Revis²³ et al. (2004), que verificaram que o GF-120 apresentou atratividade 11 vezes menor a *B. cucurbitae* quando oferecida duas horas após a sua aplicação em comparação com a isca fresca.

A mortalidade na testemunha aumentou com o passar do tempo partindo de 12,2% após 12 horas de avaliação para 43,9% após 96 horas. Tal fato pode estar relacionado a maior suscetibilidade dos insetos às condições ambientais encontradas nas gaiolas. Durante o período do estudo as temperaturas média e mínima registradas foram de $20,4 \pm 1,3$ e $15,1 \pm 1,1$ °C respectivamente enquanto a temperatura média da criação mantida em laboratório foi de 25 ± 2 °C em uma faixa constante. As temperaturas obtidas no interior das gaiolas não são suficientes para causar a morte rápida dos insetos, entretanto reduzem a atividade e a busca de alimento podendo provocar a morte por inanição.

Com exceção de Success[®] 0,02CB, todas as iscas tóxicas apresentaram mortalidade superior a 95% após 21 dias da sua aplicação no experimento residual sem chuva (Tabela 2). Estudos buscando avaliar a eficácia e o período residual de iscas tóxicas a base de Anamed[®] + malationa, Biofruit[®] + malationa e Success[®]

0,02CB sobre adultos da *A. fraterculus* corroboram com os resultados encontrados nesse trabalho. Segundo os autores, as iscas mantiveram a eficácia até 21 dias da sua aplicação em ambiente protegido similar ao obtido nesse experimento¹⁴. A diluição recomendada de GF-120 (0,008%) reduz populações de *Anastrepha ludens* por até 20 dias²⁴. Entretanto, resultados diferentes foram em estudos visando avaliar a eficácia de iscas tóxicas após períodos de 1 a 14 dias da sua aplicação¹⁵. Nele, os autores verificaram que as formulações de Success[®] 0,02CB, Biofruit[®] + espinosade e Biofruit[®] + malationa mantiveram mortalidade acima de 80% até 7 dias da sua aplicação no campo. Já *R. indifferens* e *Anastrepha* spp. apresentaram mortalidade entre 90 e 100% após 14 dias da aplicação da isca tóxica GF-120 a campo.^{10,11} observaram mortalidade de 90 e 100% após 14 dias da aplicação da isca tóxica GF-120 a campo para as espécies, respectivamente. A maior persistência das formulações de iscas tóxicas em ambiente protegido encontrada nesse trabalho pode ser atribuída a redução da irradiação espectral relacionada ao comprimento de onda UV a qual afeta as taxas das transformações fotoquímicas ou ainda a baixa circulação de ar que por sua vez reduz as taxas de volatilização nas superfícies foliares²⁵.

Lâminas de chuva de 5 mm aplicadas a uma intensidade de 50 mm.h⁻¹ lavaram totalmente as formulações de Flyral[®] + malationa e Success[®] 0,02CB. Apenas as formulações de Anamed[®] e Gelsura[®] resistiram a lâminas de chuva de 5, 25 e 50mm, sendo que Gelsura 0,4% foi o tratamento que apresentou maior mortalidade e menor variação na mesma com o incremento da lâmina de chuva utilizada. De forma semelhante ao observado nesse trabalho, Härter et al. (2015)¹⁵ verificaram redução da eficácia de Success[®] 0,02CB e formulações de iscas tóxicas contendo os atrativos Biofruit[®] e melaço de cana-de-açúcar e ingredientes ativos contendo espinosade e malationa após chuva de 4,4 mm em condições de campo. Estudos com a isca tóxica GF-120 observaram perda na eficácia da mesma sobre *B. cucurbitae* após chuvas de 8mm.²⁶ Existe uma relação inversa entre a ocorrência de chuvas e mortalidade de *B. cucurbitae* causada por GF-120, havendo uma redução de três vezes no número de insetos mortos após a ocorrência de 20 mm de chuva.²³ A baixa resistência das iscas tóxicas líquidas à chuva deve-se ao fato de que os componentes como açúcares e proteínas hidrolisadas são facilmente dissolvidos na água tornando-a ineficiente (Duan e Prokopy 1995).²⁷ Dessa forma, em regiões com alta ocorrência de chuvas como ocorre na região Sul do Brasil, especialmente nos

meses de alta população da praga, há uma diminuição da supressão da mesma devido ao baixo período residual das iscas tóxicas em formulação líquida, como é o caso do Success® 0,02CB e Flyral®, demandando reaplicações frequentes, o que onera os custos de produção.

Com base nos resultados do presente trabalho, verifica-se que todas as formulações de iscas tóxicas testadas possuem alta eficiência sobre adultos da *A. fraterculus* em laboratório, porém quando as iscas são utilizadas em condições mais próximas a natural a eficiência das formulações cai. Dessa forma, novos estudos devem ser realizados com o intuito de avaliar a eficácia dessas formulações a campo. Os atrativos e iscas tóxicas em formulação cerosa (Anamed®) ou gel (Gelsura®) apresentam maior resistência a lavagem pela água da chuva, mantendo a sua eficácia por tempo prolongado. Uma vez que a formulação cerosa e gel tendem a possuir maior custo, as formulações líquidas não devem ser descartadas, mas utilizadas de forma integrada e a tomada de decisão de qual isca tóxica utilizar deve ser tomada considerando os fatores climáticos.

As formulações de iscas tóxicas líquidas como as proteínas hidrolisadas podem ser utilizadas desde que condições de clima seco ou sejam reaplicadas a cada chuva mesmo com volume de precipitação seja inferior ou próximo a 5 mm.

As formulações de iscas tóxicas disponíveis para o manejo da *A. fraterculus* no sul do Brasil apresentam efeito sobre a espécie sendo que o Anamed® acrescido de malationa e o Gelsura® são mais adequados em períodos chuvosos.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado do primeiro autor e ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento da pesquisa. Às empresas Wiser e Isca Tecnologias pela cedência dos materiais utilizados nos experimentos.

Referências

- ¹ Sugayama RL, Branco ES, Malavasi A, Kovaleski A, Nora I, Oviposition behavior and preference of *Anastrepha fraterculus* in apple and diel pattern of activity in an apple orchard in Brazil. *Entomol Exp Appl* **83**:239-245 (1997).
- ² Duarte AL, Malavasi A, Tratamentos quarentenários. In Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado, ed by MALAVASI A, ZUCCHI R A, Ribeirão Preto: Holos, pp.187-192 (2000).
- ³ Raga A, Sato M, Toxicity of Neonicotinoids to *Ceratitis Capitata* and *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). *J Plant Prot Res* **51**:413-419 (2011).
- ⁴ Botton M, Arioli CJ, Machota-Júnior R, Nunes MZ, Rosa JM, Moscas-das-frutas na fruticultura de clima temperado: situação atual e perspectivas de controle através do emprego de novas formulações de iscas tóxicas e da captura massal. *Agropec Catar* **29**:103-107 (2016).
- ⁵ Scoz PL, Botton M, Garcia MS, Controle químico de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) em laboratório. *Cienc Rural* **34**:1689-1694 (2004).
- ⁶ Nondillo A, Zanardi OZ, Afonso A, Benedetti A, Botton M, Efeito de inseticidas neonicotinóides sobre a mosca-das-frutas sul-americana *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) na cultura da videira. *Bioassay* **2**:1-9 (2007).
- ⁷ Navarro-Llopis V, Primo J, Vacas S. Efficacy of attract-and-kill devices for the control of *Ceratitis capitata*. *Pest Manag Sci* **69**:478–82 (2013).
- ⁸ Stark JD, Vargas RI, Miller N, Toxicity of spinosad in protein bait to three economically important tephritid fruit fly species (Diptera: Tephritidae) and their parasitoids (Hymenoptera: Braconidae). *J Econ Entomol* **97**:911-915 (2004).
- ⁹ Chueca P, Montón H, Ripollés JL, Castañera P, Moltó E, Urbaneja A, Spinosad bait treatments as alternative to malathion to control the mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in the Mediterranean Basin. *J Pes Sci* **32**:407-411 (2007).
- ¹⁰ Flores S, Gomez LE, Montoya P, Residual control and lethal concentrations of GF-120 (Spinosad) for *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae). *J Econ Entomol* **104**:1885-1891 (2011).
- ¹¹ Yee WL, Alston DG, Sucrose mixed with spinosad enhances kill and reduces oviposition of *Rhagoletis indifferens* (Diptera: Tephritidae) under low food availability. *J Entomol Sci* **51**:101-112 (2016).
- ¹² Bateman MA, Morton TC, The importance of ammonia in proteinaceous attractants for fruit flies (Family: Tephritidae). *Aus J Agric Res* **32**:883-903 (1981).

- ¹³ Bitancourt A, Fonseca JP, Autuori M, Doenças, pragas e tratamentos. In Manual de Citricultura, editado por ANDRADE EN, São Paulo: CHACARAS E QUINTAIS, p.198 (1933).
- ¹⁴ Borges R, Machota JR R, Boff MIC, Botton M. Efeito de Iscas Tóxicas sobre *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera : Tephritidae). *Bioassay* **10**:1–8, 2015.
- ¹⁵ Härter WR, Botton M, Nava DE, Grutzmacher AD, Gonçalves RS, Junior RM, Bernardi D, Zanardi OZ. *Fla Entomol* **98**:202-208 (2015).
- ¹⁶ Cruz IBM, Taufer M, Oliveira AK. Estudos toxicológicos. in Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado, ed by MALAVASI A, ZUCCHI RA, Ribeirão Preto: Holos pp.143-150 (2000).
- ¹⁷ Faleiro JR, Al-Shawaf AM, Al-Dandan AM, Al-Odhayb A, Al-Rudayni A, Abdallah AB, Peixoto MP, Vargas R, Bottom M, Chidi S, Borges R, Mafra-Neto A, Controlled release products for managing insect pests. *Outlook Pes Manag* **27**:175-180 (2016).
- ¹⁸ Montes SMNM, Raga A, Eficácia de atrativos para o monitoramento de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) em pomar de citros. *Arq Inst Biol* **73**:317-323 (2006).
- ¹⁹ BATEMAN MA, The ecology of fruit flies. *Ann Rev Entomol* **17**:493-518 (1972).
- ²⁰ Raga A, Sato ME, Effect of Spinosad Bait against *Ceratitis capitata* (Wied.) and *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) in Laboratory. *Crop Prot* **34**: 815–822 (2005).
- ²¹ Crouse GD, Sparks TC, Naturally derived materials as products and leads for insect control: The spinosyns. *Rev Toxicol* **2**:133-146 (1998).
- ²² Mohammad AB, AliNiazee MT, Malathion bait sprays for control of apple maggot (Diptera: Tephritidae). *J Econ Entomol* **82**:1716-1721 (1989).
- ²³ Revis HC, Miller NW, Vargas RI, Effects of aging and dilution on attraction and toxicity of GF-120 fruit fly bait spray for melon fly control in Hawaii. *Hort Entomol* **97**:1659-1665 (2004).
- ²⁴ Mangan RL, Moreno DS, Thompson GD, Bait dilution, spinosad concentration, and efficacy of GF-210 based fruit fly sprays.pdf. *Crop Prot* **25**:125–133 (2006).
- ²⁵ Allen G, Halsall CJ, Ukpebor J, Paul ND, Ridall G, Wargent JJ, Increased occurrence of pesticide residues on crops grown in protected environments compared to crops grown in open field conditions. *Chemosphere* **119**:1428-1435 (2015).
- ²⁶ Prokopy RJ, Miller NW, Piñero JC, Barry JD, Tran LC, Oride L, Vargas RI, Effectiveness of GF-120 Fruit Fly Bait Spray Applied to Border Area Plants for Control of Melon Flies (Diptera: Tephritidae) Effectiveness of GF-120 Fruit Fly Bait Spray Applied to Border Area Plants for Control of Melon Flies (Diptera: Tephritidae). *J Econ Entomol* **96**:1485–1493 (2003).

²⁷ Duan JJ, Prokopy RJ, Development of pesticide-treated spheres for controlling apple maggot flies (Diptera: Tephritidae): Pesticides and residue-extending agents. *J Econ Entomol* **88**:117-126 (1995).

Tabela 1. Tempo letal (TL₅₀) de formulações de iscas tóxicas sobre adultos de *Anastrepha fraterculus* em laboratório (T = 24 ± 2 °C, UR = 60 ± 10%, fotofase = 12h).

Tratamento	Dose (%)	N	Coefficiente angular	x ²	TL ₅₀ (min)	IC _{95%}	GL
Anamed® + malationa	1,0	120	0,89 ± 0,08	4,51	76,35	48,61 – 105,73	11
Flyral® 1,25% + malationa	0,2	120	0,54 ± 0,09	1,98	6,45	0,80 – 18,99	11
Success®	0,008	120	2,10 ± 0,14	4,95	1.138,06	1.042,37 – 1.260,38	11
Gelsura®	0,2	120	0,87 ± 0,08	2,53	163,43	119,08 – 207,36	11
Gelsura®	0,4	120	0,85 ± 0,08	4,51	71,31	43,43 – 101,22	11

N = número total de insetos utilizados

x² = Qui-quadrado

TL₅₀ = Tempo letal para causar a mortalidade de 50% da população

IC₉₅ = Intervalo de confiança a 95% de significância

GL = Graus de liberdade

Tabela 2. Número médio de indivíduos vivos ($N \pm EP$) e mortalidade (%) de adultos de *Anastrepha fraterculus* após duas horas de exposição dos insetos a iscas tóxicas que permaneceram em ambiente por 0, 7, 14 e 21 dias após a sua aplicação na ausência de chuva ($T = 23 \pm 2^\circ\text{C}$, $UR = 60 \pm 10\%$, fotofase = 14h).

Tratamento	Dose (%)	Dias após a aplicação							
		0		7		14		21	
		$N \pm EP^1$	M (%) ²	$N \pm EP$	M (%)	$N \pm EP$	M (%)	$N \pm EP$	M (%)
Anamed® + malationa	1	0,1 ± 0,1 Aa	99,0	0,1 ± 0,1 Aa	99,0	0,1 ± 0,1 Aa	99,0	0,0 ± 0,0 Aa	100,0
Flyral® 1,25 + malationa	0,2	0,4 ± 0,2 Aa	96,0	1,0 ± 0,4 Aa	90,0	0,1 ± 0,1 Aa	99,0	0,4 ± 0,2 Aa	96,0
Success® 0,02CB	0,008	0,2 ± 0,1 Aa	98,0	0,0 ± 0,0 Aa	100,0	1,8 ± 0,8 Aa	82,0	0,6 ± 0,3 Aa	94,0
Gelsura®	0,2	0,2 ± 0,0 Aa	98,0	0,2 ± 0,1 Aa	98,0	0,2 ± 0,2 Aa	98,0	0,2 ± 0,1 Aa	98,0
Gelsura®	0,4	0,3 ± 0,0 Aa	97,0	0,0 ± 0,0 Aa	100,0	0,2 ± 0,1 Aa	98,0	0,0 ± 0,0 Aa	100,0
Água	-	9,8 ± 0,1 Ba	2,0	9,8 ± 0,1 Ba	2,0	9,8 ± 0,1 Ba	2,0	9,7 ± 0,2 Ba	3,0

¹Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

²Mortalidade percentual

Tabela 3. Número médio de indivíduos vivos ($N \pm EP$) e mortalidade (%) de adultos de *Anastrepha fraterculus* vivos e mortalidade (%) após 96 horas de exposição a resíduos de iscas tóxicas após aplicação de lâminas de chuva de 5, 25, 50 mm a uma intensidade de 50 mmh^{-1} ($T = 23 \pm 2^\circ\text{C}$, $UR = 60 \pm 10\%$, fotofase = 14h).

Tratamento	Dose (%)	Lâmina de água (mm)					
		5		25		50	
		$N^1 \pm EP$	M (%) ²	$N \pm EP$	M (%)	$N \pm EP$	M (%)
Anamed® + malationa	1	$0,8 \pm 0,6$ Aa	92,0	$3,5 \pm 0,9$ ABab	65,0	$4,6 \pm 1,8$ Ab	54,0
Flyral® 1,25% + malationa	0,2	$9,1 \pm 0,3$ Ba	9,0	$9,5 \pm 0,2$ Ca	5,0	$9,2 \pm 0,3$ Ba	8,0
Success®	0,008	$9,2 \pm 0,2$ Ba	8,0	$9,5 \pm 0,3$ Ca	5,0	$9,5 \pm 0,6$ Ba	5,0
Gelsura®	0,2	$0,5 \pm 0,3$ Aa	95,0	$5,9 \pm 0,9$ Bb	41,0	$5,7 \pm 0,6$ Ab	43,0
Gelsura®	0,4	$1,3 \pm 0,4$ Aa	87,0	$1,7 \pm 0,7$ Aa	83,0	$2,1 \pm 0,6$ Aa	79,0
Água		$9,9 \pm 0,1$ Ba	1,0	$9,3 \pm 0,3$ Ca	7,0	$9,4 \pm 0,3$ Ba	6,0

¹Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

²Mortalidade percentual

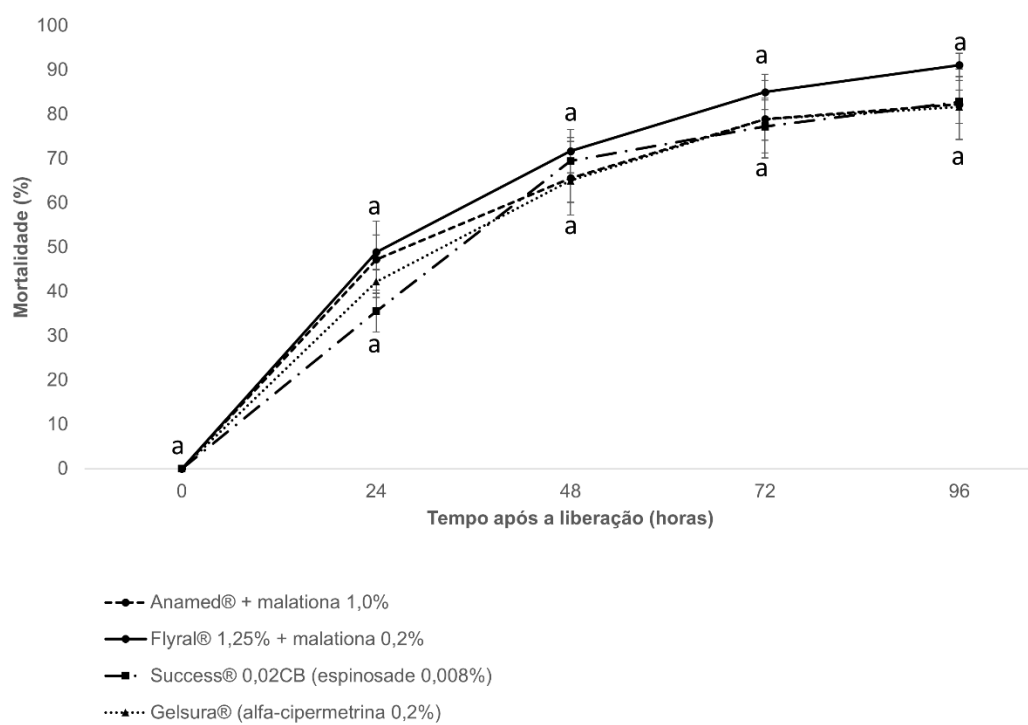


Figura 1. Mortalidade corrigida de adultos de *Anastrepha fraterculus* liberados em gaiolas contendo uma planta de maçã onde foram aplicadas diferentes formulações de iscas tóxicas.

Artigo 3 – Journal of Economic Entomology

Versão em português

**Atratividade e efeito fagoestimulante de formulações de iscas tóxicas a adultos
de *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae)**

Nunes MZ, Arioli CJ, Loeck AE, Botton M.

Marcelo Zanelato Nunes
Universidade Federal de Pelotas
Campus Universitário, Capão do Leão, RS, 96010-610, Brasil.
Telefone: +55 54999051292
E-mail: marcelorootz@gmail.com

Atratividade e efeito fagoestimulante de formulações de iscas tóxicas a adultos de *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae)

Marcelo Z. Nunes¹; Cristiano J. Arioli²; Alci E. Loeck¹ and Marcos Botton³

¹Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitossanidade. Campus Universitário, Capão do Leão, RS, 96010-610, Brasil.

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural. Rua Araújo Lima, 102, São Joaquim, SC, 88600-000, Brasil.

³Embrapa Uva e Vinho, Rua Livramento, 515, Bento Gonçalves, RS, 95700-000, Brasil.

Atratividade e efeito fagoestimulante de formulações de iscas tóxicas a adultos de *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae)

Resumo - Objetivou-se avaliar o efeito atrativo e fagoestimulante dos atrativos alimentares Biofruit[®], Flyral[®], Anamed[®] e melado de cana-de-açúcar isolados e ou em mistura com os agentes letais espinosade (0,008%), alfa-cipermetrina (0,2%) e malationa (0,2%) e das formulações de iscas tóxicas Success[®] 0,02CB e Gelsura[®] em laboratório, gaiolas e pomar de feijoa. No laboratório, os insetos foram liberados em uma plataforma contendo uma gota de 10 µL de cada tratamento. Avaliações consistiram da tomada de tempo de alimentação e número de eventos de alimentação por 10 minutos. Em gaiolas e no campo, os atrativos foram aplicados na forma de gotas de 40 µL sobre pisos colantes que foram acomodados no interior de armadilhas Delta. As armadilhas foram penduradas no interior de gaiolas de 2 m³ contendo 25 casais do inseto. No campo as armadilhas foram fixadas sobre os ramos das plantas. Contou-se o número de insetos capturados em cada armadilha em intervalos de 24 até 120 horas. A adição de agentes letais aos atrativos alimentares reduziu o tempo de alimentação dos insetos. Espinosade e a alfa-cipermetrina causaram menor e maior redução no tempo de alimentação, respectivamente. A isca tóxica Success[®] 0,02CB e o atrativo melado, apresentaram os maiores tempos de alimentação. Nos experimentos em gaiola sem a adição de inseticidas, nenhum atrativo diferenciou-se da água. Quando os agentes letais espinosade e alfa-cipermetrina foram adicionados aos atrativos, Success[®] 0,02CB e Gelsura[®] apresentaram as maiores capturas. Não houve diferença na captura de insetos entre os tratamentos no campo.

Palavras-chave: mosca-das-frutas sul-americana, alimentação, atrai-e-mata

Attractancy and phagostimulant effect of toxic bait formulations to adults of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae)

Abstract - This work aimed to evaluate the attractant and phagostimulant effects of the food attractants Biofruit®, Flyral®, Anamed® and sugar cane molasses isolated or mixed with the lethal agents espinosad (0.008%), alfa-cypermethrin (0.2%) and malathion (0.2%) and ready-to-use toxic bait formulations Success® 0,02CB at 0.008% and Gelsura® at 0.2% in laboratory, cages located inside a greenhouse and a feijoa orchard. In the laboratory bioassays, insects were released on a platform (1 cm²) containing one 10 µL droplet of each treatment. Evaluations consisted of timing the feeding period of each insect and the number of feeding events for 10 minutes. In cage and orchard experiments, attractants were applied as 40 µL droplets on sticky floors which were attached to Delta traps hung inside 2m³ cages containing 25 couples of the fruit fly or feijoa branches. Evaluations consisted of counting the number of insects captured in each trap every 24 hours until 120 hours after the insects were released. Adding lethal agents to food attractants reduced the feeding time by the insects. Espinosad and alpha-cypermethrin caused lower and higher reduction on feeding time respectively in all attractants. Success® 0,02CB and the molasses at 7.0%, showed the higher feeding time. In the cage experiments were no insecticides were added, there was no difference between the food attractants and water. When the lethal agents spinosad and alpha-cypermethrin were added to food attractants, the baits Success® 0,02CB and Gelsura® showed the highest captures. There was no difference on the capture of adult flies in the field experiment.

Key-words: South American fruit fly, feeding, attract-and-kill

Introdução

A mosca-das-frutas sul-americana (*Anastrepha fraterculus* Wiedemann, 1830) é a principal praga das frutíferas de clima temperado cultivadas na região Sul do Brasil. Devido a disponibilidade de uma grande quantidade de hospedeiros nativos e introduzidos na região que frutificam de forma contínua (Nava e Botton 2010), existe um ambiente favorável para a manutenção e multiplicação populacional da praga ao longo do ano, resultando em altos níveis populacionais no período de desenvolvimento dos frutos das principais frutíferas cultivadas, podendo comprometer toda a produção caso medidas de controle não sejam adotadas (Nondillo et al. 2007; Botton et al. 2016).

A aplicação de inseticidas fosforados em cobertura tem sido a principal ferramenta adotada para o controle da mosca-das-frutas Sul-americana (Scoz et al. 2004). Entretanto, problemas relacionados a presença de resíduos nos frutos, principalmente aqueles destinados à exportação tem causado preocupação aos agricultores, uma vez que os agentes letais remanescentes apresentam efeito reduzido sobre ovos e larvas no interior dos frutos (Machota et al. 2012). Uma alternativa as pulverizações de inseticidas em cobertura é a aplicação de iscas tóxicas. Essa técnica tem como princípio criar uma barreira capaz de atrair os adultos da mosca-das-frutas em um momento que as mesmas necessitam ingerir alimento para a manutenção das reservas energéticas e/ou maturação do aparelho reprodutivo (Bateman 1972).

As iscas tóxicas utilizadas atualmente possuem em sua formulação misturas entre atrativos alimentares a base de melaço de cana-de-açúcar ou proteína hidrolisada e inseticidas organofosforados (Scoz et al. 2004; Härter et al. 2010). Entretanto, a disponibilidade de inseticidas eficazes contra todas as fases do inseto (fenitrothion, metidationa, dimetoato) fez com que o emprego da tecnologia fosse de certa forma abandonado. Entretanto, a exclusão do dimetoato e a restrição de uso da fenitrothion e metidationa na Produção Integrada de Maçã, bem como a impossibilidade de utilização desses produtos na pré-colheita, época crítica de ataque da mosca-das-frutas tem levado os agricultores a adotarem medidas alternativas para o manejo do inseto, dentre elas a aplicação de iscas tóxicas.

Atualmente, existe uma razoável quantidade de atrativos disponíveis para emprego como iscas tóxicas no Brasil merecendo destaque o melaço de cana-de-açúcar, proteínas hidrolisadas de origem vegetal (Biofruit®) e animal (Flyral®) e o Anamed®, uma matriz composta por extratos de frutos, açúcares, proteína vegetal e ceras (Mafra-Neto 2010; Borges et al. 2015). Além dos atrativos alimentares que são associados a um agente letal pelos agricultores, existem formulações de pronto uso como o Success® 0,02CB (AGROFIT 2016) e o Gelsura® que se encontra em fase de testes, os quais possuem em sua composição espinosade e alfa-cipermetrina, respectivamente.

Mundialmente, existe uma grande quantidade de estudos visando avaliar a atratividade de iscas tóxicas a *C. capitata* e espécies de *Bactrocera* spp. e *Rhagoletis* spp., importantes espécies pragas presentes em cultivos de maçã, citros, oliveiras dentre outros (Vargas et al. 2002; Berry et al. 2003; Berry et al. 2006; Manrakhan e Kotze 2011; Yee e Alston 2016). Entretanto, no caso da mosca-das-frutas sul-americana, não existem informações a respeito da atratividade das formulações

contendo diferentes atrativos alimentares e ingredientes ativos. Essas informações auxiliariam os produtores a selecionar as melhores formulações bem como definir qual a melhor forma de aplicação das mesmas a campo.

Este estudo teve como objetivo avaliar a atratividade e o efeito fagoestimulante de diferentes atrativos alimentares isolados e/ou em mistura com os agentes letais espinosade, malationa e alfa-cipermetrina e das formulações de pronto uso Success® e Gelsura® sobre adultos da mosca-das-frutas sul-americana.

Material e Métodos

Os experimentos foram realizados com insetos de 15ª geração provenientes de uma criação artificial que utiliza frutos de manga como substrato de oviposição, dieta sólida composta por gérmen de trigo, levedura de cerveja e açúcar cristal na proporção de 3:1:1 a qual recebe anualmente a reposição de insetos nativos provenientes de araçazeiro vermelho (*Psidium cattleianum*) conforme metodologia adaptada de Machota et al. (2010). Os insetos utilizados possuíam idade de 14 a 17 dias e foram privados de alimentação sólida 12 horas antes do início dos experimentos sendo oferecido apenas água destilada em tampas contendo algodão hidrofílico.

Avaliação da atratividade de atrativos alimentares e formulações de iscas tóxicas em gaiolas de campo.

O experimento foi realizado em gaiolas montadas no interior de em uma casa de vegetação localizada na Estação Experimental da Epagri de São Joaquim-SC. Cada gaiola possuía dimensões de 2 metros cúbicos construída com hastes de aço de 2 mm, coberta com tela antiafideo (150 micrometros) e forrada na base com lona

plástica de cor branca. No interior de cada gaiola, foram disponibilizadas armadilhas Delta contendo cada um dos tratamentos a serem avaliados e dois vasos contendo em cada uma planta de maçã de dois anos de idade cultivada em substrato constituído por solo e vermiculita (3:1) e uma placa de Petri (10 cm de diâmetro) forrada com algodão embebido em água (Figura 1).



Figura 1. Gaiola utilizada no experimento de atração, contendo duas plantas de maçã cv. 'Castel Gala', armadilhas Delta contendo cada um dos tratamentos testados e placa de Petri contendo água destilada depositada sobre a base das plantas.

Os experimentos de gaiola foram realizados em três etapas. Na primeira, foi comparada a atratividade de Anamed[®], Flyral[®] a 1,25%, melão de cana-de-açúcar a 7,0%, Biofruit[®] a 3,0% e água como testemunha. Para a realização dos experimentos de comparação das formulações contendo inseticidas foi escolhido a proteína hidrolisada Biofruit[®] por apresentar resultados semelhantes ao Flyral[®] e ser a mais utilizada pelos fruticultores em formulações de iscas tóxicas. Na segunda etapa, os mesmos atrativos, com exceção de Flyral[®], foram avaliados em mistura com 0.008% de espinosade (Tracer 400 SC) e a isca tóxica de pronto uso Success[®] 0,02CB na

mesma concentração. Na terceira etapa, as comparações foram realizadas entre a isca tóxica de pronto uso Gelsura® a 0,2% e os mesmos atrativos utilizados na segunda etapa misturados ao agente letal alfa-cipermetrina (Fastac® 100 SC) a 0,2%. Todos os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizados com 10 repetições. Cada gaiola recebeu 25 casais de *A. fraterculus* totalizando 500 insetos por tratamento.

No dia de instalação do experimento, os tratamentos foram aplicados em pisos colantes na quantidade de 30 gotas de 40 µL cada. Os pisos foram acoplados no interior de armadilhas Delta, as quais foram penduradas ao acaso no centro e em cada extremidade das gaiolas a 1,5 m de altura.

As avaliações consistiram da contagem do número de insetos capturados após 24, 48, 72, 96 e 120 horas após as liberações, rotacionando-se as armadilhas após cada avaliação. O rotacionamento das armadilhas teve como objetivo posicionar cada uma das armadilhas em todos os pontos possíveis, uma vez que fatores que não podem ser controlados como a luminosidade do sol pode incidir com mais intensidade em um lado da gaiola, fazendo com que os insetos desloquem-se naquela direção. Os valores de temperatura e umidade relativa do ar foram coletadas ao longo do experimento com o auxílio de um data logger instalado no centro de uma das gaiolas.

Avaliação da atratividade de atrativos alimentares e formulações de iscas tóxicas em pomar de goiaba serrana.

O experimento foi realizado entre os dias 22 e 29 de abril de 2016 no município de São Joaquim-SC em um pomar de feijoa (*Acca sellowiana*) em fase de frutificação de 0,25 hectares conduzido em espaçamento de 5 metros entre linhas e 3 metros entre plantas, com histórico de altas infestações de *A. fraterculus* e sem a aplicação

de produtos fitossanitários. Para confirmar a presença de adultos de *A. fraterculus* no pomar, foram instaladas duas armadilhas McPhail, iscadas com 500 mL do atrativo alimentar Ceratrap[®], em dois pontos das extremidades do pomar para fins de monitoramento.

Foram utilizados pisos colantes e armadilhas delta do mesmo modelo ao utilizado nos testes em gaiolas, bem como utilizou-se o mesmo procedimento para aplicação dos tratamentos. Os tratamentos utilizados consistiram dos atrativos alimentares Biofruit[®] a 3,0%, Flyral[®] a 1,25%, melão de cana-de-açúcar a 7,0%, Anamed[®] puro e das iscas tóxicas de pronto uso Success[®] 0,02CB contendo 0,08% de espinosade e Gelsura[®] contendo 0,2% de alfa-cipermetrina.

As armadilhas contendo cada um dos tratamentos foram instaladas aleatoriamente nos galhos externos das plantas a uma altura de 1,5 a 1,7 metros do nível do solo e espaçadas 15 metros entre si. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados com quatro armadilhas sendo cada bloco constituído por uma linha de cultivo contendo cada um dos 7 tratamentos.

As avaliações nas armadilhas Delta bem como nas McPhail foram realizadas diariamente até o sétimo dia após a instalação e consistiram da contagem e sexagem do número de insetos capturados. Após cada inspeção as armadilhas foram rotacionadas, sendo que cada uma ocupou uma das sete posições no pomar.

Avaliação da palatabilidade de atrativos alimentares e formulações de iscas tóxicas em laboratório.

O teste para avaliação da palatabilidade das formulações de iscas tóxicas foi realizado em temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $60 \pm 10 \%$, seguindo metodologia adaptada de Vargas et al. (2002). Os tratamentos testados foram os

atrativos alimentares melão de cana-de-açúcar a 7,0%, Biofruit® a 3,0%, Flyral® a 1,25%, Anamed® e água sendo os mesmos utilizados sem a adição de agentes letais ou com a adição de malationa (Malathion 1000EC) a 0,2%, espinosade (Tracer 480EC) a 0,008% e alfa-cipermetrina (Fastac 100EC) a 0,2%. Concomitantemente com a utilização das misturas contendo espinosade ou alfa-cipermetrina foram avaliadas as iscas tóxicas Success® 0,02CB e Gelsura® respectivamente. Os experimentos foram realizados entre 13:00 e 17:00h durante 5 dias avaliando-se duas repetições por dia. Uma gota de 10 µL de cada um dos tratamentos foi aplicada sobre lamínulas de vidro (2 x 2 cm), as quais foram colocadas sobre cilindros plásticos de 4,5 cm de altura com a base voltada para cima. Em seguida, um adulto de cada sexo de *A. fraterculus* foi coletado da criação, o qual foi posicionado individualmente na extremidade de uma lamínula com o auxílio de uma pinça.

O tempo total de alimentação foi registrado com auxílio de um cronômetro e o número de eventos de alimentação através da contagem de vezes que a proboscide do inseto entrou em contato com o atrativo isolado ou isca tóxica formulada. O tempo máximo para a avaliação de cada tratamento foi de 10 minutos para cada inseto (utilizado apenas uma vez) os quais foram retirados da arena após esse período. Moscas que saíram da plataforma em menos de 10 segundos foram consideradas em estado excitado e foram descartadas das avaliações. O experimento foi conduzido no delineamento experimental inteiramente casualizado com 10 repetições para machos e fêmeas, totalizando 20 insetos (repetições) por tratamento.

Análise estatística

A resposta entre machos e fêmeas em cada um dos tratamentos de todos experimentos realizados foi comparada pelo teste t ($p > 0,05$). Os dados do número de

insetos capturados em cada um dos tratamentos dos experimentos de atratividade em gaiola e campo foram submetidos a ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Duncan a 5% de significância.

O teste t a 5% de significância foi realizado no experimento de tempo de alimentação visando a comparação pareada entre cada atrativo sem e com a adição do agente letal. As comparações do tempo de alimentação e do número de eventos de cada tratamento entre o grupo de atrativos sem a adição de agentes letais e com a adição de alfa-cipermetrina, espinosade e malationa foram realizadas através do teste t e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Todas as análises foram realizadas com auxílio do programa estatística SPSS Statistics 22.

Resultados

Não houve diferença entre o número de machos e fêmeas capturados em todos nos experimentos sem a adição de agente letal e com a adição de alfa-cipermetrina, espinosade e malationa e por isso os dados de ambos foram agrupados. As fêmeas de moscas-das-frutas tendem a ser mais atraídas por fontes proteicas que os machos (Mazor et al. 1987) entretanto, acredita-se que nesse experimento houve uma baixa produção desse composto devido ao baixo volume aplicado em relação ao volume de atrativo utilizado em formulações de iscas tóxicas a campo que pode ser superior a 60L. A temperatura média e umidade relativa durante o experimento foram de 21,6°C e 76%, respectivamente.

Não houve diferença entre o número de insetos capturados em cada atrativo alimentar para cada período avaliado quando não foi realizada a adição de um agente letal (Tabela 1). Quando as capturas foram analisadas para um mesmo atrativo ao

longo do tempo, observou-se diferença apenas para melaço de cana-de-açúcar que apresentou aumento das capturas após 96 horas de avaliação, a qual decresceu novamente após 120 horas.

A temperatura média e umidade relativa do ar no período do experimento onde foi realizada a mistura dos agentes letais espinosade e alfa-cipermetrina aos atrativos alimentares foram de 21,1°C e 78% respectivamente. Armadilhas contendo a isca tóxica Success® 0,02CB capturaram em média dois insetos após 24 horas de avaliação, diferenciando-se de água (0,2) e melaço de cana-de-açúcar (0,2) os quais não se diferenciaram dos demais tratamentos. Passadas 48 horas de avaliação Success® 0,02CB continuou sendo o tratamento com maior número de capturas (3,4) o qual se diferenciou de água (0,8), melaço de cana-de-açúcar (0,8) e Biofruit® (1,0), porém foi equivalente a Anamed® (1,8) que por sua vez não se diferenciou dos demais atrativos contendo espinosade. Quando as comparações foram realizadas para um mesmo tratamento ao longo do tempo Anamed® e Success® 0,02CB apresentaram a maior captura de insetos após 48 horas, porém essa captura reduziu significativamente após as 72 horas de avaliação e permaneceu baixa até o encerramento do experimento (Tabela 1).

Quando os atrativos contendo o agente letal alfa-cipermetrina e a isca de pronto uso Gelsura® foram comparados, verificou-se que Gelsura® foi aquele que apresentou maior média de captura (1,6) em relação as demais formulações após 24 horas de avaliação. Após 72 horas, Anamed® obteve captura média de 0,6 inseto/armadilha e diferenciou-se das demais formulações de iscas tóxicas que não capturaram inseto algum. Gelsura® foi a única isca tóxica que demonstrou variação na captura de adultos de *A. fraterculus* ao longo do tempo, as quais foram maiores nas primeiras 48 horas, vindo a não obter captura alguma entre esse período e o final do experimento.

Tabela 1. Número médio diário de adultos de *Anastrepha fraterculus* ± EP capturados em armadilhas Delta contendo atrativos utilizados em formulações de iscas tóxicas em gaiolas no interior de casa de vegetação.

Tratamento	Concentração	24h	48h	72h	96h	120h
		Sem agente letal				
Água	Sem diluição	0,8 ± 0,3Aa	0,6 ± 0,3Aa	0,8 ± 0,3Aa	0,6 ± 0,3Aa	0,4 ± 0,2Aa
Anamed [®]	Sem diluição	1,0 ± 0,3Aa	1,3 ± 0,4Aa	0,7 ± 0,2Aa	1,9 ± 0,7Aa	1,1 ± 0,4Aa
Biofruit [®]	3%	0,4 ± 0,2Aa	0,9 ± 0,2Aa	0,4 ± 0,2Aa	0,9 ± 0,4Aa	0,3 ± 0,2Aa
Flyral [®]	1,25%	0,5 ± 0,2Aa	0,5 ± 0,2Aa	1,1 ± 0,4Aa	0,9 ± 0,4Aa	0,5 ± 0,2Aa
Melaço [®]	7%	0,3 ± 0,6Ab	0,7 ± 0,2Aab	0,3 ± 0,1Ab	1,2 ± 0,5Aa	0,5 ± 0,2Aab
Espinosa de 0,008%						
Água	Sem diluição	0,2 ± 0,2Ba	0,8 ± 0,6Ba	0,2 ± 0,2Aa	0,0 ± 0,0Aa	0,0 ± 0,0Aa
Anamed [®]	Sem diluição	1,2 ± 0,6ABab	1,8 ± 0,6ABa	0,4 ± 0,4Ab	0,0 ± 0,0Ab	0,0 ± 0,0Ab
Biofruit [®]	3%	0,8 ± 0,6ABa	1,0 ± 0,5Ba	0,6 ± 0,4Aa	0,2 ± 0,2Aa	0,0 ± 0,0Aa
Success [®]	1,25%	2,0 ± 0,7Aab	3,4 ± 1,4Aa	0,2 ± 0,2Ab	0,0 ± 0,0Ab	0,0 ± 0,0Ab
Melaço [®]	7%	0,2 ± 0,2Bb	0,8 ± 0,2Ba	0,0 ± 0,0Ab	0,0 ± 0,0Ab	0,0 ± 0,0Ab
Alfa-cipermetrina 0,2%						
Água	Sem diluição	0,2 ± 0,2Ba	0,2 ± 0,2Aa	0,0 ± 0,0Aa	0,0 ± 0,0Ba	0,0 ± 0,0Aa
Anamed [®]	Sem diluição	0,0 ± 0,0Ba	0,6 ± 0,2Aa	0,2 ± 0,2Aa	0,6 ± 0,4Aa	0,2 ± 0,2Aa
Biofruit [®]	3%	0,2 ± 0,2Ba	0,6 ± 0,4Aa	0,2 ± 0,2Aa	0,0 ± 0,0Ba	0,0 ± 0,0Aa
Gelsura [®]	1,25%	1,6 ± 0,5Aa	1,2 ± 0,6Aa	0,0 ± 0,0Ab	0,0 ± 0,0Bb	0,0 ± 0,0Ab
Melaço [®]	7%	0,4 ± 0,4Ba	0,4 ± 0,2Aa	0,0 ± 0,0Aa	0,0 ± 0,0Ba	0,0 ± 0,0Aa

*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância.

No pomar de feijoa, durante a condução do experimento, foi registrado um elevado número de adultos de *A. fraterculus* capturados nas armadilhas de monitoramento posicionadas nas duas extremidades do pomar, as quais apresentaram MAD de 38,9 insetos ao final do experimento. Os únicos tratamentos que apresentaram captura de adultos da mosca-das-frutas foram Success® 0,02CB com a captura de uma fêmea aos cinco e nove dias após a instalação das armadilhas e Biofruit a 3% com uma fêmea capturada no oitavo dia de avaliação. O teste t a 5% não revelou diferença entre os tratamentos em nenhum dos dias avaliados (GL = 6; $P > 0,05$).

A adição dos agentes letais espinosade, malationa e alfa-cipermetrina provocou uma redução no tempo de alimentação e número de eventos de todos os atrativos testados, com exceção do atrativo Anamed® ($P_{\text{tempo}} \geq 0,35$; $P_{\text{eventos}} \geq 0,07$) e do agente letal espinosade adicionado a água que não diferenciou da água pura ($P_{\text{tempo}} = 0,58$; $P_{\text{eventos}} = 0,56$) (Tabela 2).

Tabela 2. Tempo de ingestão (s) \pm EP e número de eventos de alimentação \pm EP de adultos de *Anastrepha fraterculus* liberados em placas de 2 cm² contendo os atrativos alimentares Anamed[®], Biofruit[®], Flyral[®], Melaço e Água e suas misturas aos agentes letais espinosade, malationa e alfa-cipermetrina.

Atrativo	Agente letal	Tempo (s) \pm EP	Eventos
Anamed [®]	-	2,8 \pm 1,8	0,4 \pm 0,1
	Espinosade ¹	1,2 \pm 0,4 ^{ns}	0,8 \pm 0,2 ^{ns}
	Malationa ²	0,5 \pm 0,2 ^{ns}	0,5 \pm 0,2 ^{ns}
	Alfa-cipermetrina ³	2,1 \pm 0,7 ^{ns}	0,8 \pm 0,2 ^{ns}
Biofruit [®] 3%	-	28,0 \pm 4,6	2,2 \pm 0,4
	Espinosade	7,1 \pm 1,8*	1,2 \pm 0,3*
	Malationa	4,6 \pm 1,8*	0,6 \pm 0,2*
	Alfa-cipermetrina	0,6 \pm 0,3*	0,1 \pm 0,1*
Flyral [®] 1,25%	-	23,6 \pm 3,8	2,2 \pm 0,3
	Espinosade	14,3 \pm 4,4 ^{ns}	1,3 \pm 0,3 ^{ns}
	Malationa	4,2 \pm 1,7*	0,5 \pm 0,1*
	Alfa-cipermetrina	2,7 \pm 1,6*	0,3 \pm 0,1*
Melaço de cana-de- açúcar 7%	-	55,4 \pm 7,1	2,9 \pm 0,4
	Espinosade	14,2 \pm 5,2*	1,2 \pm 0,3*
	Malationa	11,9 \pm 4,6*	0,8 \pm 0,2*
	Alfa-cipermetrina	0,6 \pm 0,4*	0,1 \pm 0,1*
Água	-	5,5 \pm 2,0	0,8 \pm 0,2
	Espinosade	7,0 \pm 2,9 ^{ns}	0,9 \pm 0,2 ^{ns}
	Malationa	3,7 \pm 2,2 ^{ns}	0,3 \pm 0,1 ^{ns}
	Alfa-cipermetrina	0,2 \pm 0,2*	0,5 \pm 0,5*

¹Espinosade a 0,008%; ²Malationa a 0,2%; ³Alfa-cipermetrina a 0,2%

^{ns}Não significativo pelo teste t a 5% de significância

*Significativo pelo teste t a 5% de significância

Quando os atrativos foram ofertados sem a adição de agentes letais, melaço de cana-de-açúcar a 7% foi aquele onde as moscas se alimentaram por maior período de tempo, seguido pelas proteínas hidrolisadas Biofruit[®] e Flyral[®] as quais diferenciaram-se de Anamed[®] e água que por sua vez não diferenciaram entre si (Figura 2). Quanto ao número de eventos não houve diferença entre melaço de cana-de-açúcar e as proteínas hidrolisadas, porém, os mesmos diferiram de Anamed[®] e água. Observou-se um baixo tempo de alimentação em todas as formulações de iscas tóxicas contendo o agente letal alfa-cipermetrina a 0,2% não havendo diferença entre as mesmas. Com relação ao agente letal espinosade a isca tóxica de pronto uso Success[®] 0,02CB foi o tratamento que apresentou maior tempo de alimentação sendo

superior a todas as formulações contendo espinosade a 0,008% testadas. Fato semelhante foi observado com relação ao número de eventos, porém não houve diferença entre Success® 0,02CB e as formulações contendo os atrativos melão, Flyral® e Biofruit® sendo que o mesmo apresentou maior número de eventos que água e Anamed®. Melão a 7,0% foi o atrativo que apresentou maior tempo de alimentação dos insetos quando foi adicionado o agente letal malationa a 0,2% o qual diferenciou-se de Anamed®, porém não foram detectadas diferenças entre os tratamentos com relação ao número de eventos de alimentação.

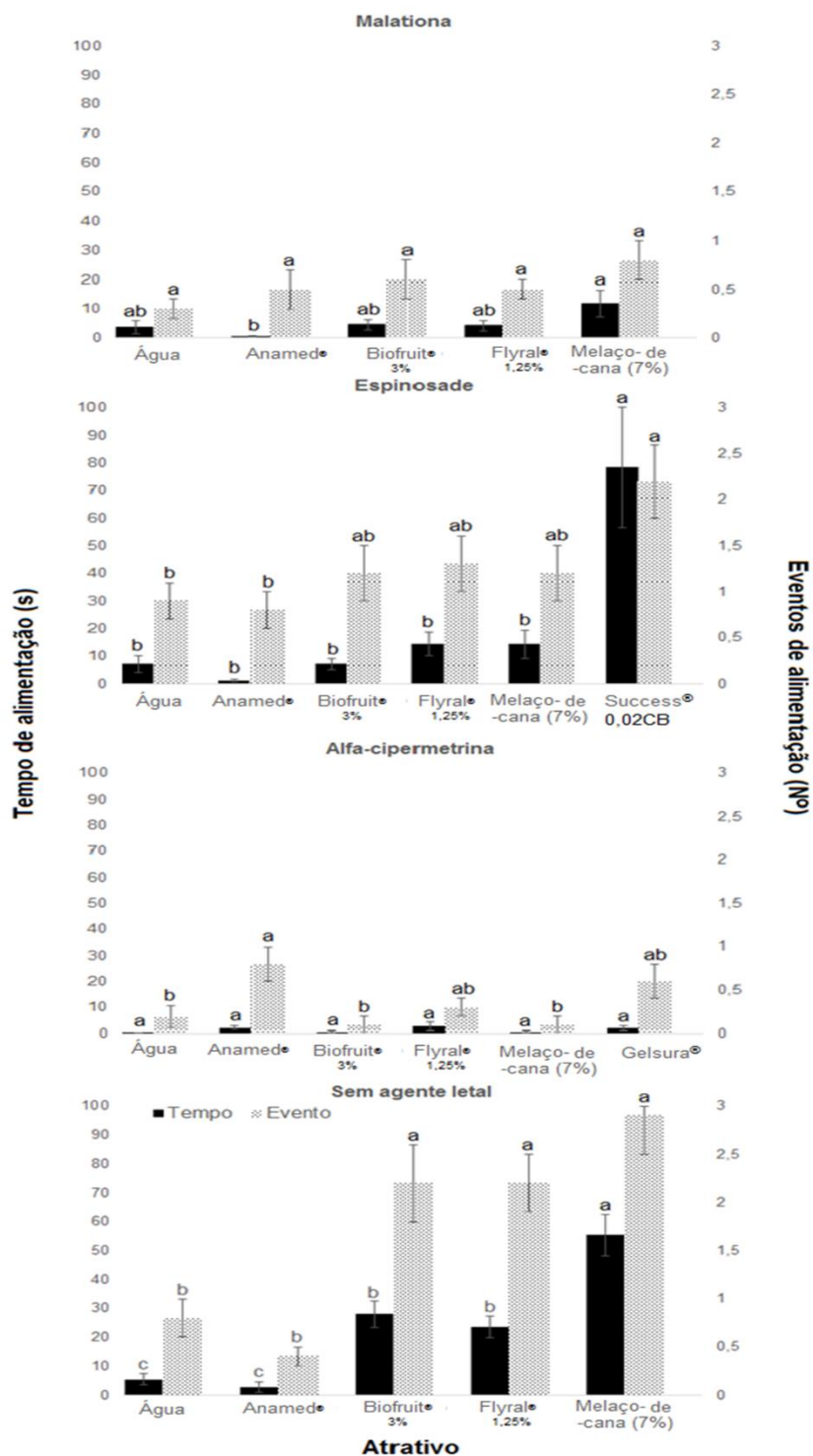


Figura 2. Tempo médio de alimentação (s) e número médio de eventos \pm EP de adultos de *Anastrepha fraterculus* submetidos a atrativos alimentares sem e com adição dos agentes letais alfa-cipermetrina, espinosade e malationa e nas concentrações de 0,008, 0,2 e 0,2% respectivamente.

Letras iguais nas barras referentes aos fatores tempo e evento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Discussão

Todos os atrativos alimentares e iscas tóxicas de pronto uso testadas demonstraram baixa atratividade a adultos de *A. fraterculus*. Apesar de terem apresentado as maiores capturas nos respectivos experimentos em gaiola, Gelsura® e Success® 0,02CB capturaram apenas 5,6 e 11,2% do total de insetos liberados. As maiores capturas dessas iscas nas primeiras 24 e 48 horas respectivamente podem ser resultado da maior estabilidade da matriz atrativa utilizada nesses produtos formulados e que são de propriedade das companhias. Além disso, outro fator a ser levado em consideração é que tais iscas tóxicas são utilizadas em diluição maior que os demais atrativos levando a um aumento na concentração de proteínas as quais são importantes na atração do inseto. Fabre et al. (2003) observou que o atrativo Solbait, um constituinte da matriz presente na isca tóxica GF-120 (Success® 0,02CB), foi o mais eficiente na captura de adultos de *B. curcubitae* em armadilhas tipo domo posicionadas no interior de gaiolas. As proteínas hidrolisadas na forma líquida tendem a secar rapidamente e necessitam ser reaplicadas em um curto espaço de tempo para manter alguma atratividade (Epsky et al. 1993). Clarke et al. (2011) relacionam esse fato a maior eficiência de iscas tóxicas quando aplicadas sobre a planta hospedeira. De acordo com os autores a intoxicação do inseto ocorreria de forma indireta já que o fator responsável pelo consumo da isca não foi a isca tóxica aplicada em si, mas sim a própria planta hospedeira que é procurada para fins de oviposição ou abrigo. Ou seja, o inseto ao procurar sitio de oviposição ou abrigo depara-se com uma substância ao acaso a qual é suficientemente palatável para garantir a sua ingestão, causando a intoxicação e morte do inseto. Em experimentos similares, Manrakhan e Kotze (2011) obtiveram capturas de 53,5% do total de fêmeas de *C. capitata* liberadas em gaiolas

contendo a isca tóxica GF-120 diluída a 5%. Entretanto os autores disponibilizaram a isca absorvida em papel filtro, o que pode ter reduzido a evaporação da mesma e conseqüentemente aumentado o seu período de ação e proporcionando maior percentagem de captura.

O melaço de cana-de-açúcar esteve entre os atrativos onde os insetos dispenderam a maior quantidade de tempo na alimentação. Tal fato pode ser devido a alta concentração de açúcares presente nesse atrativo que por sua vez possui ação fagoestimulante. De acordo com Duan e Prokopy (1993), o açúcar é um fator chave na estimulação da alimentação e aumenta a eficiência de mortalidade pelo atrativo quando comparado ao oferecimento do inseticida sem esse fagoestimulante (Reissig 2003). Em experimentos realizados por Yee (2009), o tempo e o número de eventos de alimentação de *R. indifferens* foi maior quando foi oferecido uma mistura de inseticida e açúcar em comparação com inseticida apenas.

Dentre os agentes letais utilizados, espinosade foi aquele que apresentou maior potencial de uso devido a menor redução da atratividade, tempo de alimentação e número de visitas aos atrativos, com destaque para a formulação de pronto uso Success® que apresentou os maiores valores para todos os fatores testados. O contrário aplica-se a alfa-cipermetrina que proporcionou uma redução de todos os fatores estudados nos experimentos em gaiola e laboratório. Em estudos similares, Varikou et al. (2014) revelaram que soluções atrativas misturadas a organofosforados (dimetoato) ou piretróides (alfa-cipermetrina) reduziram de duas a cinco vezes o número de capturas de adultos de *B. oleae* em armadilhas McPhail. Já para Prokopy et al. (1992) a adição de malationa em formulações atrativas não reduziu a atração de adultos de *C. capitata* a gotas da isca tóxica obtida, porém reduziu significativamente o tempo de alimentação dos mesmos mostrando um efeito deterrente na alimentação.

Resultados encontrados por Yee (2009) em estudo visando avaliar o tempo de alimentação de adultos de *R. indifferens* sobre a isca tóxica GF-120 e formulações contendo açúcar e os inseticidas imidacloprid, thiamethoxam e acetamiprid (neonicotinóides) e espinosade corroboram com os encontrados nesse trabalho. Os autores verificaram um tempo de alimentação menor para os neonicotinoides em relação ao espinosade concluindo que tal efeito pode ser referente ao rápido efeito paralisante que tais agentes letais possuem. Nesse trabalho, principalmente com relação a alfa-cipermetrina observou-se que os insetos se aproximavam da gota contendo a isca tóxica, porém dificilmente realizavam qualquer atividade de ingestão diferentemente do observado com os agentes letais espinosade e malationa. Além disso, os insetos deixavam a plataforma poucos minutos após serem posicionados demonstrando possível efeito irritante e/ou repelente do piretróide (Maklakov et al. 2001; Kongmee et al. 2004). Não está claro qual é o principal efeito da molécula já que os insetos deixaram a plataforma após o breve ou nenhum contato com a gota contendo o agente letal. De acordo com Cooperband e Allan (2009), os piretróides são conhecidos por apresentar excito-repelência que resulta em fuga dos insetos da área tratada. Yee e Alston (2012) observaram que adultos de *R. indifferens* permaneceram pelo menor período de tempo sobre cerejas tratadas com zeta-cipermetrina comparados com malationa, espinetoram e água deionizada.

O experimento a campo confirmou a hipótese de que as formulações de atrativos e iscas tóxicas disponíveis para a supressão de *A. fraterculus* possuem um reduzido nível de atração sobre os insetos e o seu efeito ocorre principalmente a curtas distâncias. Além disso, o estágio nutricional das moscas no campo pode influenciar na sua atração pelas formulações já que os insetos podem ingerir nutrientes suficientes a partir de recursos presentes naturalmente no ambiente

(Balagawi et al. 2014). Outro fator que possui influência na atratividade das iscas tóxicas é a sua secagem após aplicação que por sua vez reduz a liberação de amônia, composto responsável pela atração dos insetos (Fabre et al. 2003). Balagawi et al. (2012) verificaram que a eficiência de proteínas hidrolisadas quando as mesmas foram aplicadas com um pulverizador manual sobre folhas de nectarina e goiaba cai drasticamente com relação a sua atração em testes de gaiola e campo. De acordo com os autores, apenas uma pequena proporção de adultos de *B. tryoni* liberados em um pomar de nectarinas de 844 m² foi capturada (2,18%). Yee e Chapman (2005) destacam a perda substancial da atratividade quando experimentos realizados em gaiolas são repetidos em condições de campo e sugerem que a supressão de populações de mosca no campo é causada principalmente pelo encontro da isca aleatoriamente, através da movimentação do inseto pela área. Em função disso, Revis et al. (2004) e Vargas e Prokopy (2006), advertem que para que haja máxima eficácia da aplicação de isca tóxica a mesma necessita ser aplicada frequentemente (intervalos inferiores a 3 dias), o que pode onerar os custos de produção e inviabilizar a utilização de iscas tóxicas. O estágio fisiológico dos insetos no campo também é um fator importante na eficácia de iscas tóxicas (Vargas et al. 2002). Segundo os autores, adultos de *C. capitata* privados de proteína alimentaram-se por tempo cinco vezes superior ao tempo de alimentação de moscas que foram supridas desse alimento, dessa forma, insetos que estejam passando por algum tipo de estresse alimentar podem ser mais afetados pelas iscas tóxicas.

De acordo com os resultados encontrados nesse trabalho, os atrativos alimentares que possuem uma maior percentagem de açúcar em sua constituição favorecem o consumo da isca em relação as proteínas hidrolisadas. Dessa forma, a utilização de agentes letais que possuem ação de ingestão como o espinosade não

seriam indicados para uso em iscas tóxicas que possuem baixo teor de proteína pois podem apresentar menor eficiência. Outra alternativa seria a mistura de melaço de cana-de-açúcar ou açúcar as proteínas hidrolisadas proporcionando as mesmas maior palatabilidade e garantindo um maior consumo do agente letal pelo inseto. Pelo fato das iscas tóxicas testadas apresentarem baixa atratividade, a sua aplicação a campo deve levar em consideração a sua máxima distribuição de forma a aumentar a competição com as fontes de alimento naturalmente presentes no ambiente e também facilitar o seu encontro pelo inseto.

A realização de experimentos a campo buscando avaliar a forma de aplicação das barreiras tóxicas no interior ou nas bordas do pomar bem como a existência de diferença nas formulações disponíveis devem ser realizados a fim de comprovar a sua real contribuição para a redução populacional da mosca-das-frutas nos pomares. Além disso, visto a baixa atratividade das formulações em laboratório o estudo da integração de estímulos visuais aos estímulos olfativos poderiam, em tese, propiciar o aumento da efetividade de tais formulações.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado do primeiro autor e ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento da pesquisa. Às empresas Wisser e Isca Tecnologias pela cedência dos materiais utilizados nos experimentos.

Referências

- Agrofit. 2016.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: fevereiro de 2016.
- Balagawi, S., K. Jackson., E.L Hamacek., and A.R Clarke. 2012.** Spatial and temporal foraging patterns of Queensland fruit fly, *Bactrocera tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae), for protein and implications for management. *Aust J Entomol.* 51:279-288.
- Balagawi, S., K. Jackson., I. Haq., R. Hood-Nowotny., C. Resch., and A.R Clarke. 2014** Nutritional status and foraging behaviour of *Bactrocera tryoni* with particular reference to protein bait spray. *Physiol Entomol.* 39:33-43.
- Barry, J.D., R.I. Vargas., N.W. Miller., and J.G. Morse. 2003.** Feeding and foraging of wild and sterile mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the presence of spinosad bait. *J Econ Entomol.* 96(5):1405-1411.
- Barry, J.D., N.W. Miller., J.C. Piñero., A. Tuttle., R.F.L. Mau., and R.I. Vargas. 2006.** Effectiveness of protein baits in melon fly and oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae): attraction and feeding. *J Econ Entomol.* 99(4):1161-1167.
- Bateman, M.A. 1972.** The Ecology of fruit flies. *Ann Rev Entomol.* 17:493-518.
- Borges, R., R. Machota JR., M.I.C. Boff., and M. Botton. 2015.** Efeito de iscas tóxicas sobre *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). *Bioassay.* 10(3):1-8.
- Botton, M., C.J. Arioli., R. Machota-Junior., M.Z. Nunes., and J.M. Rosa. 2016.** Moscas-das-frutas na fruticultura de clima temperado: situação atual e perspectivas de controle através do emprego de novas formulações de iscas tóxicas e da captura massal. *Agropec Catar.* 29(2):103-108.
- Clarke, A.R., K.S. Powell., C.W. Weldon., and P.W. Taylor. 2011.** The ecology of *Bactrocera tryoni* (Diptera: Tephritidae): what do we know to assist pest management? *Ann Appl Biol.* 158:26-54.
- Cooperband, N.F., and S. Allan. 2009.** Effects of different pyrethroids on landing behaviour of female *Aedes aegypti*, *Anopheles quadrimaculatus*, and *Culex quinquefasciatus* mosquitoes (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol.* 46(2):292-306.
- Duan, J., and R.J. Prokopy. 1993.** Toward developing pesticide-treated spheres for controlling apple maggot: carbohydrates and amino acids as feeding stimulants. *J Appl Entomol.* 115:176-184.
- EPPO. 2005. **EPPO Bulletin.** 35:371-373.

Epsky, N.D., R.R. Heath., J.M. Sivinski., C.O. Calkins., R.M. Baranowski., and A.H. Fritz. 1993. Evaluation of protein bait formulations for the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). Fla Entomol. 76:626-635.

Fabre, F., P. Ryckewaert., P.F. Duyck., F. Chiroleu., and S. Quilici. 2003. Comparison of the efficacy of diferente food attractants and their concentration for melon fly (Diptera: Tephritidae). J Econ Entomol. 96:231-238.

Machota JR., R., L.C. Bortoli., A.E. Loeck., and M. Botton. 2012. Efeito de inseticidas sobre larvas da mosca-das-frutas sul-americana *Anastrepha fraterculus* (Wied., 1830) (Diptera: Tephritidae) em laboratório, pp.1-2. In: XXIV Congresso Brasileiro de Entomologia, 16-20 Setembro 2012, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba, Paraná.

Maklakov, A., I. Ishaaya., A. Freidberg., A. Yawetz., A.R. Horowitz., and I. Yarom. 2001. Toxicological studies of organophosphate and pyrethoid insecticides for controlling the fruit fly *Dacus ciliatus* (Diptera: Tephritidae). J Econ Entomol. 94(5):1059-1066.

Mangan, R.L. 2009. Effects of bait age and prior protein feeding on cumulative time-dependent mortality of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) exposed to GF-120 spinosad baits. J Econ Entomol. 102(3):1157-1163.

Manrakhan, A., and C. Kotze. 2011. Attraction of *Ceratitis capitata*, *C. rosa*, and *C. cosyra* (Diptera: Tephritidae) to proteinaceous baits. J appl Entomol. 135:98-105.

Mafra-Neto, A., L.E. Gomez., R.I. Vargas., L. Stoltman., D. Zeni., and R. Borges. 2010. Development of splat mat controlled release semiochemical bait formulations for long lasting fruit fly management, p.311. In.: 8th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance. **Book of abstracts...** 8th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance, Valencia.

Mazor, M.S., S. Gothilf., and R. Galun. 1987. The role of ammonia in the attraction of females o the Mediterranean fruit fly to protein hydrolysate baits. Entomol Exp Appl. 43:25-29.

Nava, D.E., and M. Botton. 2010. Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* em pessegueiro, pp.1-29. In: Documentos, 315. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Nondillo, A., O.Z. Zanardi., A. Afonso., A. Benedetti., and M. Botton. 2007. Efeito de inseticidas neonicotinóides sobre a mosca-das-frutas sul-americana *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) na cultura da videira. Bioassay. 2:1-9.

Prokopy, R.J., D.R. Papaj., J. Hendrichs., and T.T.Y. Wong. 1992. Behavioural responses of *Ceratitis capitata* flies to bait spray droplets and natural food. Entomol Exp Appl. 64:247-257.

Raga, A., and M.E. Sato. 2016. Controle químico de mosca-das-frutas, pp.1-14. In: Documento técnico 20. Instituto Biológico, Campinas, SP.

Reissig, W.H. 2003. Field and laboratory tests of new insecticides against the apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh) (Diptera: Tephritidae). J Econ Entomol. 96:1463-1472.

Revis, H.C., N.W. Miller., and R.I. Vargas. 2004. Effects of aging and dilution on attraction and toxicity of GF-120 fruit fly bait spray for melon fly control in Hawaii. J Econ Entomol. 97:(5):1659-1665.

Scoz, P.L., M. Botton., and M.S. Garcia. 2004. Controle químico de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) em laboratório. Cienc Rural. 34:1689-1694.

Vargas, R.I., N.W. Miller., and R.J. Prokopy. 2002. Attraction and feeding responses of mediterranean fruit fly and a natural enemy to protein baits laced with two novel toxins, phloxine B and spinosad. Entomol Exp Appl. 102:273-282.

Vargas, R.I., and R. Prokopy. 2006. Attraction and feeding responses of melon flies and oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae) to various protein baits with and without toxicants. Procc Hawaii Entomol Soc. 38:49-60.

Varikou, K., N. Garantonakis., and A. Birouraki. 2014. Response of olive fruit fly *Bactrocera oleae* to various attractant combinations, in orchards of Crete. Bull insectol. 67(1):109-114.

Varikou, K., N. Garantonakis., and A. Birouraki. 2015. Residual attractiveness of various bait spray solutions to *Bactrocera oleae*. Crop Prot. 68:60-66.

Yee, W.L., and P. Chapman. 2005. Effects of GF-120 fruit fly bait concentrations on attraction, feeding, mortality, and control of *Rhagoletis indifferens* (Diptera: Tephritidae). J Econ Entomol. 98(5):1654-1663.

Yee, W.L. 2009. Insecticide, sugar, and diet effects on feeding and mortality in *Rhagoletis indifferens* (Dipt., Tephritidae). J Appl Entomol. 133:297-306.

Yee, W.L., and D.G. Alston. 2012. Behavioural responses, rate of mortality, and oviposition of western cherry fruit fly exposed to malation, zeta-cypermethrin, and spinetoram. J Pest Sci. 85:141-151.

Yee, W.L., and D.G. Alston. 2016. Sucrose mixed with spinosad enhances kill and reduces oviposition of *Rhagoletis indifferens* (Diptera: Tephritidae) under low food availability. J Entomol Sci. 51(2):101-112.

Artigo 4 – Revista Brasileira de Fruticultura

Versão em português

Efeito da aplicação da isca tóxica Gelsura® na supressão populacional de adultos de *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) em pomar de macieira

Nunes MZ, Baronio CA, Machota Jr R, Loeck AE, Botton M.

APLICAÇÃO DA ISCA TÓXICA GELSURA® NA SUPRESSÃO POPULACIONAL DE ADULTOS DE *Anastrepha fraterculus* (DIPTERA: TEPHRITIDAE) EM POMAR DE MACIEIRA

Marcelo Zanelato Nunes¹, Cléber Antonio Baronio¹, Ruben Machota Junior²,
Marcos Botton³

Resumo - A ocorrência de altas populações da mosca-das-frutas sul-americana *Anastrepha fraterculus* em pomares de macieira, aliado a reduzida disponibilidade de inseticidas com ação de profundidade no período de pré-colheita das frutas, tem dificultado o manejo da praga pelos malicultores. Dentre as ferramentas para o manejo da mosca-das-frutas nos pomares, especialmente em épocas onde o uso de inseticidas é restrito, destaca-se o emprego de iscas tóxicas. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação da isca tóxica Gelsura® (alfa-cipermetrina 0,2%) sobre a mosca-das-frutas sul-americana em pomar de macieira no município de Vacaria, RS, nas safras 2015/16 e 2016/17. Foram utilizadas áreas da cultivar ‘Royal Gala’, de 1,2 (manejo convencional com aplicação de inseticidas em cobertura) e 1,6 ha (isca tóxica), com espaçamento de 1,8 m entre plantas e 4,5 m entre linhas. As aplicações de Gelsura® foram iniciadas no dia 10 de janeiro em ambos os anos. Gelsura® (0,2% de alfa-cipermetrina) foi diluído na proporção de uma parte do produto comercial para duas de água, num volume de 3 litros por hectare. As aplicações foram realizadas a cada 10 dias com o auxílio de um pulverizador automático calibrado para distribuir um jato de 12 mL por ponto de aplicação. O monitoramento dos adultos foi realizado com quatro armadilhas McPhail iscadas com o atrativo alimentar CeraTrap®, sem diluição, em cada um dos quadrantes de cada pomar. Adicionalmente, foi realizada a avaliação da presença de injúrias e/ou larvas colhendo-se 500 frutos de cada área na pré-colheita, colheita plena e final da

¹Estudante de Pós-Graduação em Fitossanidade. UFPel – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: znunes.marcelo@gmail.com; cleber.baronio@hotmail.com

²Pós-Doutorando CAPES/Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS, Brasil. E-mail: ruben_soado@yahoo.com.br

³Pesquisador. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS, Brasil. E-mail: marcos.botton@embrapa.br

colheita. Os frutos foram separados em cinco lotes de 100 frutos cada, levados ao laboratório, acondicionados em sala climatizada por 15 dias. Após esse período os frutos foram dissecados para a visualização da presença de larvas da mosca-das-frutas estabelecendo a porcentagem de frutos danificados. Na safra 2015/16, Gelsura[®] manteve a população da mosca-das-frutas abaixo do nível de controle (0,5 moscas por armadilha por dia – MAD), entretanto não foi capaz de manter esse nível de infestação no período da colheita dos frutos. Apesar disso, não houve diferença entre o percentual de frutos danificados entre a área convencional e a tratada com isca tóxica (2,0 e 3,4%, respectivamente). Na safra 2016/17, Gelsura[®] manteve a população do inseto abaixo do nível de controle de 0,5 MAD durante todo o período de frutificação, diferindo da área sob manejo convencional, com o índice MAD superior a 0,5. No entanto, a área tratada com a isca tóxica apresentou dano médio de 6,8%, sendo superior ao observado na área convencional. Conclui-se que, a utilização da isca tóxica Gelsura[®] reduz os níveis populacionais de adultos de mosca-das-frutas sul-americana na cultura da macieira. Entretanto, aliado ao uso de iscas tóxicas, outros métodos de supressão populacional devem ser utilizados a fim de proporcionar níveis equivalentes ao controle obtido no manejo convencional com aplicações de inseticidas em cobertura.

Palavras-Chave: mosca-das-frutas sul-americana; atrai-e-mata; Produção Integrada de Maçã

GELSURA[®] TOXIC BAIT APPLICATION ON THE SUPPRESSION OF ADULTS OF *Anastrepha fraterculus* (DIPTERA: TEPHRITIDAE) POPULATION IN AN APPLE ORCHARD

Abstract - The occurrence of high South American fruit fly *Anastrepha fraterculus* populations in apple orchards combined with the impossibility of using deep-acting insecticides during the pre-harvest period has complicated the management of this insect pest by apple growers. Between the chemical tools used for fruit fly management in the orchards is the use of toxic baits. This work aimed to evaluate the efficacy of Gelsura[®] on the South American fruit fly in an apple in the municipality of Vacaria, RS, during

2015/16 and 2016/17 crop seasons. The areas used in the experiment had 'Royal Gala' plants with 1.2 and 1.6 hectares. Plants were spaced 1.8 m between each other and 4.5 between rows and received conventional treatment with cover sprays of insecticides and application of the toxic bait Gelsura[®] that began in January 10th in both crop seasons. Gelsura[®] was applied diluted in one part of the commercial product to two parts of water, totalizing 0.2% of alpha-cypermethrin in a volume of 3.0 L per ha. The toxic bait was applied every 10 days with an automatic sprayer calibrated to distribute an amount of 12 mL per application point. Evaluations consisted of monitoring the adults with four McPhail traps baited with the food attractant Ceratrap[®] undiluted and distributed in each one of the four quadrants of each orchard. Additionally, 500 apple fruits were collected in each area in three during the pre-harvest, harvest and post-harvest periods. The fruits were separated by five batches of 100 fruits, brought to the laboratory and stored at 25±2°C and for 15 days. After this period, the fruits were dissected to visualize the occurrence of larvae in the pulp and percentage of fruit damage was estimated. On 2015/16 crop season, the application of Gelsura[®] kept fruit fly population under the control level (0.5 flies per trap per day – FTD), however was not capable of maintaining the same efficacy during the harvest period. Although, there was not difference between the percentage of fruits damaged between the areas that receive conventional management and use of Gelsura[®] in each one of the three harvest periods. On 2016/17 crop season, Gelsura[®] kept insect population under the control level during all the fruitification period, while conventional management had a higher population with FTD higher than 0.5. However, the area that received toxic bait application showed mean damage higher than the conventional area. We conclude that the use of the toxic bait Gelsura[®] reduce population levels of adults of the South American fruit fly in the apple orchard. However, other suppression methods must be used together in order to get lower fruit damage levels equivalent to conventional management.

Key-words: South American fruit fly; attract and kill; Integrated Apple production

Introdução

O estado do Rio Grande do Sul se destaca na produção de frutíferas de clima temperado sendo o principal produtor de maçãs do Brasil, com volume de 690,4 mil toneladas anuais (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2016). Dentre os insetos que causam prejuízos à cultura da macieira, a mosca-das-frutas sul-americana *Anastrepha fraterculus* (Wied., 1830) (Diptera: Tephritidae) é uma das mais importantes (NORA; GARCIA CORSEUIL, 1998; HICKEL, 2006; GARCIA; RICALDE, 2013). Os danos decorrem da deformação causada pela inserção do ovipositor da fêmea no período de crescimento dos frutos e pelo desenvolvimento larval na época de maturação, tornando-os inviáveis para o consumo (SUGAYAMA et al., 1997; KOVALESKI et al., 2004). A ocorrência de larvas *A. fraterculus* nos frutos ainda pode provocar prejuízos indiretos relacionados a rejeição de carregamentos destinados à exportação devido a restrições quarentenárias impostas por países importadores (BOTTON et al., 2012). Aliado a esse fator, os inseticidas organofosforados com efeito ovicida e larvicida (dimetoato, metidationa e fenitrotona), tradicionalmente empregados para o controle do inseto, apresentam restrições de uso no período de pré-colheita devido ao elevado período de carência e/ou a restrições quanto ao nível de resíduos no fruto e/ou derivados.

Em decorrência da necessidade de redução dos tratamentos em cobertura no período de pré-colheita dos frutos, a utilização de iscas tóxicas tem sido intensificada em diferentes cultivos de frutíferas (BARRY; POLAVARAPU, 2005; YEE; ALSTON, 2006; LEZA et al., 2008; PIÑERO et al., 2010; VARIKOU et al., 2014). Na cultura da macieira, o emprego dessa tecnologia varia de acordo com a região produtora, sendo a mesma mais utilizada em grandes áreas (acima de 100 hectares) e com alto grau de mecanização (DA ROSA, 2016). A principal formulação utilizada nas propriedades é o melaço de cana-de-açúcar a 7,0% associado a um inseticida organofosforados, com destaque para o fosmete e a malationa (DA ROSA, 2016).

A utilização das iscas tóxicas tem como princípio a criação de uma faixa capaz de atrair os adultos da mosca-das-frutas em um momento que os mesmos necessitam ingerir alimento para a manutenção das reservas energéticas e/ou maturação do aparelho reprodutivo (BATEMAN, 1972). Quando formulada nas propriedades, as mesmas são

aplicadas em volume de 60 a 100 litros por hectare em faixas de aproximadamente um metro quadrado caso a formulação seja líquida (RAGA; SATO, 2016; ROSA et al., 2017) ou 1 a 1,5 kg a cada 400 metros lineares no caso da isca tóxica Anamed[®] (Isca Tecnologias Ltda, Ijuí, RS, Brasil) nesse caso, direcionado às bordas do pomar (BORGES et al., 2011). Em condições de elevada infestação, alguns fruticultores aumentam a área tratada, realizando aplicações também no interior do pomar aplicando a isca em linhas alternadas.

De acordo com Mangan et al. (2009), uma das vantagens da utilização das iscas tóxicas é que as mesmas podem ser aplicadas de forma localizada, reduzindo a quantidade de ingrediente ativo por hectare e evitando a detecção de resíduos nos frutos. Além disso, as iscas tóxicas são menos prejudiciais aos insetos benéficos e inimigos naturais quando comparadas as aplicações em cobertura (STARK et al., 2004; EPPO, 2005; DA ROSA et al., 2017). Entretanto um fator limitante a utilização dessa ferramenta está no baixo efeito residual, especialmente em regiões que apresentam altos índices de pluviosidade, como é o caso das localidades produtoras de maçã do Rio Grande do Sul.

O Gelsura[®] (BASF, Arnhem, Holanda) é uma formulação de isca tóxica composta por uma matriz gelatinosa constituída por atrativos alimentares, paraferomônio trimedlure e o agente letal alfa-cipermetrina na concentração de 0,2%, sendo seu uso recomendado na concentração 1:2 (duas partes do produto comercial para uma de água). Dentre as vantagens dessa formulação estão a maior resistência a lavagem pela chuva (NUNES et al., 2016) em relação as demais formulações líquidas disponíveis no mercado. Além disso é aplicada sobre o tronco das plantas, o que evita o contato do produto com os frutos, reduzindo os riscos da presença de resíduos nos mesmos e da ocorrência de fitotoxicidade.

Esse trabalho teve como objetivo avaliar, durante duas safras, o efeito de aplicações da isca tóxica Gelsura[®] sobre adultos e larvas demosca-das-frutas sul-americana em um pomar de macieira da cv. 'Royal Gala' comparando-as com o manejo convencional caracterizado pela aplicação de inseticidas organofosforados em cobertura.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido em dois pomares de macieira, localizados no município de Vacaria, RS (28°29'59.54" S; 50°43'42.26" O), durante as safras 2015/16 e 2016/17. Os pomares eram compostos por macieiras da cultivar 'Royal Gala' enxertadas sobre porta-enxerto M7, com 17 anos de idade, plantadas no espaçamento 1,8 x 4,5 metros e com histórico de altas infestações por *A. fraterculus*.

Na área de manejo convencional com 1,21 hectares, foram realizadas aplicações de inseticidas permitidos na Produção Integrada de Maçã (PIM) (Tabela 1) utilizando um volume de calda de 1.000 L/ha com auxílio de um turbo atomizador marca Jacto modelo Arbus 1000. Além dos inseticidas em cobertura, no segundo ano, também foi realizada a aplicação em faixa de isca tóxica composta por melaço de cana-de-açúcar e o agente letal fosmete (0,15%) a cada 10 linhas de cultivo, totalizando um volume de 90 L/ha em 10 e 16/01 e 10/02/17.

A segunda área, com 1,6 hectares e distanciada 1.800 metros da primeira, foi manejada apenas com aplicações da isca tóxica Gelsura[®], diluição 1:2, na concentração de 0,2% do agente letal alfa-cipermetrina, totalizando um volume de calda de 3,0 L/ha por aplicação. As aplicações foram realizadas com o auxílio de um aplicador costal automático calibrado a uma pressão de 1 bar (14,5 l/pol²) resultando no volume de 12 mL, aplicado na forma de jato dirigido em um único ponto localizado no terço superior do tronco principal da planta (Figura 1).

As aplicações foram direcionadas às intersecções entre galhos com o objetivo de aumentar a proteção do produto contra a lavagem pela chuva. Levando em consideração o volume de calda (4,8 L), o número de plantas na área (3.511) e o volume fixo por ponto de aplicação (12 mL) foram tratadas 400 plantas que receberem a aplicação da isca, resultando no tratamento de uma em cada oito plantas na linha de plantio.

Em ambas as safras foram realizadas quatro aplicações da isca tóxica, as quais foram iniciadas na primeira semana do mês de janeiro e finalizadas na segunda semana de fevereiro. As aplicações ocorreram em intervalos de 10 dias, sendo transferidas para o dia seguinte em caso de previsão de chuva para o dia da aplicação.

Em cada área foram instaladas quatro armadilhas McPhail iscadas com 500 mL do atrativo alimentar Ceratrap[®]. Cada armadilha foi instalada no terço médio de uma planta de macieira a uma altura de 1,5 m do chão. O monitoramento foi realizado duas vezes por semana, com a contagem do número de adultos de *A. fraterculus* capturados e a reposição do atrativo alimentar quando verificado volume abaixo de 250 mL. Além do monitoramento, foram realizadas coletas de 500 frutos em cada área em três fases do desenvolvimento dos frutos sendo: pré-colheita (26 e 25/01), colheita plena (06 e 05/02) e final da colheita (20/02 e 01/03) nas safras 2015/16 e 2016/17, respectivamente. Os frutos foram colhidos em plantas selecionadas em toda a área dos pomares, divididos em lotes de 100, os quais eram etiquetados e transportados ao laboratório onde permaneciam por 15 dias em ambiente climatizado (23 ± 2 °C) para a ocorrência do desenvolvimento larval. Após esse período, os frutos foram dissecados e avaliados com relação a presença de larvas vivas. Ao longo das duas safras, os dados meteorológicos foram coletados através de uma estação meteorológica automática, situada a 12 km da área experimental.

Os exemplares de tefritídeos capturados em cada armadilha ao longo do tempo foram acondicionados em frascos contendo álcool 70% e levados ao laboratório para sexagem e identificação através da análise do ovipositor conforme Steyskal (1977) e Zucchi (2000). O número de adultos de moscas-das-frutas capturadas foi representado pelo índice MAD (BORTOLI et al., 2016), para verificação da flutuação populacional da praga e indicação do número de vezes em que o nível de controle de 0,5 MAD (KOVALESKI et al., 2000) foi atingido.

Os dados do percentual médio de frutos contendo larvas em cada tratamento e lote de coleta foram comparados através do teste t a 5% de significância com auxílio do programa estatístico SPSS Statistics 22.

Resultados e Discussão

Avaliações de iscas tóxicas em condições de campo oferecem obstáculos metodológicos (dificuldade de obtenção de áreas com condições semelhantes para repetição do experimento, além da variabilidade climática entre as safras que pode

beneficiar ou não o desenvolvimento e multiplicação da *A. fraterculus* nas plantas hospedeiras nativas) que dificultam a realização de tais experimentos. Há a necessidade de utilização de áreas experimentais afastadas entre si, uma vez que espécies do gênero *Anastrepha* sp. são extremamente móveis podendo se deslocar de 4,8 a 8 quilômetros de distância (SHAW et al., 1967) além de ser necessário parcelas grandes (maiores que 1 ha). Outra dificuldade é a disponibilidade de áreas testemunha, onde não é realizado qualquer tipo de tratamento para o controle de *A. fraterculus* devido ao risco de perdas elevadas na produção. Levando-se em consideração uma produção média de 60.000 kg/ha e uma perda de 10% causada pelo inseto, com valor de R\$ 1,20/kg maçã gala pago ao produtor em maio de 2017, esse ataque resultaria em R\$ 7.800,00 por hectare, praticamente inviabilizando a condução de trabalhos. Cumpre ressaltar a importância da realização de experimentos dessa natureza para o aprimoramento do uso desta tecnologia de manejo em condições de campo.

Observa-se que os inseticidas organofosforados ainda são os mais utilizados pelos pomicultores para o controle da mosca-das-frutas, uma vez que dentre os oito produtos registrados, cinco pertencem a esse grupo (AGROFIT, 2017). Além disso, a aplicação do inseticida fosmete realizada no dia 14/01/16 reduziu a população do inseto previamente ao início da colheita mantendo-a abaixo do nível de 0,5 MAD. Em contrapartida, a aplicação do acetamiprido, em duas ocasiões na safra 2016/2017, não reduziu a população de adultos de *A. fraterculus* nas armadilhas. Isso ocorre, em hipótese, pelo baixo efeito de contato desse inseticida sobre adultos da mosca-das-frutas (NONDILLO et al., 2007). Outro fator que merece destaque é a presença de frutos maduros de plantas nativas pertencentes a família Myrtaceae como a pitangueira (*Eugenia uniflora*) e o araçazeiro (*Psidium cattleianum*) (GATELLI et al., 2008), que servem como repositores e multiplicadores da mosca-das-frutas (PEREIRA-RÊGO et al., 2013), durante o período de frutificação da macieira.

De maneira geral, nas duas safras avaliadas, o controle químico do inseto através de aplicações de cobertura de inseticidas e iscas tóxicas à base de melaço de cana-de-açúcar, não mantiveram a população da *A. fraterculus* abaixo do nível de controle no período de avaliação. Na safra 2015/2016, a população de moscas-das-frutas registrada ao longo do período de maturação dos frutos na área convencional apresentou quatro

picos populacionais iguais ou acima do nível de controle (NC) de 0,5 MAD, sendo os mesmos de 0,5; 0,8; 1,6 e 2,1 MAD em 04 e 11/01, 08 e 12/02, respectivamente (Figura 2). Já na área tratada com a isca tóxica Gelsura[®] ocorreram cinco picos populacionais acima do NC sendo os mesmos de 0,7 (04/01), 0,5 (07/01), 0,7 (15/02), 1,2 (18/02) e 1,1 (22/02/2016).

Na safra 2016/17 a ocorrência de picos acima do NC de 0,5 MAD ocorreu em cinco dias diferentes até a última coleta de frutos realizada sendo eles: 0,67 (06/02), 0,56 (09/02), 0,79 (13/02), 1,22 (16/02) e 0,58 (20/02/2017). Já a área que recebeu a aplicação da isca tóxica Gelsura[®] não apresentou nenhum pico acima do NC de 0,5 MAD durante o período de avaliação. Tal diferença no pico populacional da área com a aplicação de Gelsura[®] pode ser devida ao número de chuvas de maior intensidade que ocorreram em 2017. Apesar da pluviosidade registrada na área entre os meses de janeiro e início de março nas safras de nos anos de 2016 e 2017 tenham sido semelhantes, o ano de 2017 apresentou maior número de dias com chuvas acima de 30 mm (cinco) em relação ao ano de 2016 (dois). Esse fato pode ter contribuído para a redução do período residual e eficiência da isca tóxica Gelsura[®]. De acordo com Revis et al., (2004) a pluviosidade, temperatura e umidade são fatores que afetam a toxicidade da isca tóxica GF-120NF[™], sendo a pluviosidade, o fator com maior impacto na eficácia da isca tóxica em condições de campo.

Da mesma forma que na safra 2015/16, a utilização de organofosforados continuou sendo predominante na safra 2016/17, inclusive aumentando em número de aplicações, resultado da maior frequência que o MAD de 0,5 foi atingido em relação a safra 2015/16. No período de pré-colheita foram realizadas duas aplicações de acetamiprido espaçadas 7 dias visando o controle do inseto, porém não foi observada redução populacional do inseto nesse período.

Na safra 2015/16 foram capturados um total de 243 e 79 adultos de *A. fraterculus* nas áreas de manejo convencional e com a aplicação de Gelsura[®], respectivamente. Já no ano de 2017 as capturas em ambas as áreas foram de 404 e 117 indivíduos, respectivamente, demonstrando aumento na pressão populacional da praga no último ano.

Apesar da redução populacional observada nas armadilhas de monitoramento na área que recebeu as aplicações de Gelsura[®], o mesmo não ocorreu com relação a porcentagem de frutos danificados. Na safra 2015/2016, não houve diferença entre o percentual de frutos danificados nas áreas de manejo convencional e Gelsura[®] sendo que o percentual foi de 0 e 0,2% em 26/01/16; 0,5 e 0,6% em 05/02/16 e 3,7 e 2,4% em 01/03/16, respectivamente (Figura 3). Já na safra 2016/17, não foi verificada diferença entre o percentual de frutos injuriados entre manejo convencional (0,0%) e Gelsura[®] (0,2%) na coleta ocorrida em 25/01/17. Entretanto, o percentual de frutos danificados foi superior na área de Gelsura[®] em relação a área convencional nas duas avaliações subsequentes (6 e 20 de fevereiro), as quais apresentaram 4,0 e 16,2% contra 0 e 2%, diferindo significativamente entre si.

Esse fato demonstra que, conforme ocorre a maturação dos frutos, os riscos de perda de produção aumentam. Borges (2011) observou que a aplicação de isca tóxica Anamed[®] acrescida de espinosade a 0,1% não foi capaz de reduzir danos da mosca-das-frutas sul-americana em pomares de macieira, apesar de provocar uma redução no número médio de insetos capturados nas armadilhas de monitoramento. Diversos fatores podem estar relacionados a esse comportamento. Dentre eles, o estágio fisiológico das fêmeas do inseto (MIRANDA et al., 2001) e a sua alta capacidade de infestação de frutos (BORGES, 2011).

Com relação a capacidade de danificar os frutos, Sugayama et al., (1997) observaram que uma única fêmea pode realizar sete posturas em apenas cinco minutos e que fêmeas em forrageamento passam apenas 10% do seu tempo sobre folhas e outras partes das plantas, justificando o comportamento agressivo do inseto. O estágio fisiológico tem mostrado influência significativa na resposta que fêmeas da moscas-das-frutas exibem em relação a iscas tóxicas. Fêmeas adultas de *B. dorsalis* (CORNELIUS et al., 2000) e *B. curcubitae* (MILLER et al., 2004) mostraram maior resposta a odores de frutos em relação a isca tóxica GF-120NF, enquanto moscas privadas de alimentação proteica apresentaram atração semelhante a isca e odores de frutos. Em estudos visando avaliar o efeito da aplicação de iscas tóxicas a base de melaço de cana-de-açúcar sobre a mosca-das-frutas sul-americana e a confusão sexual sobre a mariposa-oriental *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae), Härter et al. (2010)

concluíram que as aplicações de iscas tóxicas foram eficazes no controle de *A. fraterculus* na cultura do pessegueiro sem a necessidade de utilização de inseticidas, uma vez que o número de insetos capturados no tratamento com isca tóxica foi similar ao tratamento convencional. Entretanto, resultados apresentados nesse trabalho apontam que as iscas tóxicas são ferramentas importantes na supressão populacional de adultos da mosca-das-frutas, porém não são capazes de controlar a praga quando utilizadas individualmente, principalmente em períodos onde os níveis populacionais mantêm-se acima do NC por período prolongado e/ou quando os frutos encontram-se aptos para a colheita.

A diferença entre os resultados encontrados por Härter et al. (2010) e os encontrados nesse trabalho podem ser explicados devido a diferenças entre as espécies frutíferas utilizadas. Segundo Darwish (2016), pomares de pessegueiro possuem, em geral, maior nível populacional de moscas-das-frutas, de modo que o número médio de adultos de *Ceratitis capitata* pode ser até quatro vezes maior que nível encontrado em pomares de macieira. Levando isso em consideração, uma redução na população de insetos em pomares de pêsego pode levar a conclusão que a técnica funciona, embora a ocorrência de frutos danificados continue sendo elevada. Além disso, Härter et al. (2010) avaliaram apenas os efeitos dos tratamentos sobre o número de insetos capturados em armadilhas de monitoramento, desconsiderando a avaliação de frutos danificados. Novos estudos em condições de campo devem ser realizados com o objetivo de avaliar eficácia de Gelsura® em doses maiores, intervalos de aplicação mais curtos ou em aplicações na bordadura do pomar com o objetivo de atingir os insetos que deslocam-se de áreas vizinhas para o interior do pomar, comportamento relatado por Kovaleski et al. (1999).

Dessa forma, existe a necessidade de avaliar outras formas de supressão conjuntamente como por exemplo a captura massal, liberações de insetos estéreis e parasitoides ou aplicações de inseticidas com efeito sobre adultos de mosca-das-frutas e baixo efeito residual, especialmente na pré-colheita.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado do primeiro autor e ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento da pesquisa. À Agropecuária Schio Ltda. pela disponibilização das áreas experimentais.

Referências

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Gazeta, Santa Cruz do Sul, 2016, 88p.

BARRY, J. D.; POLAVARAPU, S. Feeding and survivorship of blueberry maggot flies (Diptera: Tephritidae) on protein baits incorporated with insecticides. **Florida Entomologist**, Lake City, v.88, n.3, p.268-277, 2005.

BATEMAN, M. A. The ecology of fruit flies. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.17, p. 493-518. 1972.

BOTTON, M.; MACHOTA JR, R.; NAVA, D. E.; ARIOLI, C. J. Novas alternativas para o monitoramento e controle de *Anastrepha fraterculus* (Wied., 1830) (DIPTERA: TEPHRITIDAE) na fruticultura de clima temperado. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Bento Gonçalves. RS. 2012.

BORGES, R. Avaliação e seleção de novas formulações de iscas tóxicas para *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) em laboratório e em pomares de macieira. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, SC, 2011. 75p.

BORGES, R.; MACHOTA JR, R.; BOFF, M. I.; BOTTON, M. Efeito de iscastóxicas sobre *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). **Bioassay**, Piracicaba, v.10, n.3, p.1-8, 2015.

BORTOLI, L.C.; MACHOTA JUNIOR, R.; GARCIA, F.R.M.; BOTTON, M. Evaluation of Food Lures for Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) Captured in a Citrus Orchard of the Serra Gaúcha. **Florida Entomologist**, Lake City, v.99, n.3, p.381-384, 2016.

CEAGESP – Cotações – Preços no atacado. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/entrepotos/servicos/cotacoes/#cotacao>. Acesso em: 05 Abril de 2017.

CORNELIUS, M. L.; NERGEL, L.; DUAN, J. J.; MESSING, R. H. Responses of female oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae) to protein and fruit odors in field cage and open field tests. **Environmental Entomology**, Oxford, v.29, p.14-19, 2000.

CHUECA, P.; MONTÓN, H.; RIPOLLÉS, J. L.; CASTAÑERA, P.; MOLTÓ, E.; URBANEJA, A. Spinosad bait treatments as alternative to malathion to control the mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in the Mediterranean Basin. **Journal of Pesticide Science**, Tokyo, v.32, p.407-411, 2007.

DA ROSA, J. M. Diagnóstico dos serviços de polinização em pomares macieira e efeito de formulações de iscas tóxicas sobre *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Apidae) em laboratório e campo. 2016. 106p. Tese (Doutorado em Fitossanidade) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

DARWISH, A.A.E. Relative susceptibility of some fruits to the mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) and peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saunders) (Diptera: Tephritidae) in Egypt. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, Bengal, v.4, n.4, p.42-48, 2016.

FAO – 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 16, Mar de 2017.

GATELLI, T.; SILVA, F. F.; MEIRELLES, R. N.; REDAELLI, L. R.; SOGLIO, F. K. Dal. Moscas frugívoras associadas a mirtáceas e laranjeira “Céu” na região do Vale do Rio Caí, Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.1, p.236-239, 2008.

GARCIA, F. R. M. CORSEUIL, E. Lista documentada das moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) do Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Ambiental Catarinense**, Chapecó, v.3, n.1, p.23-32, 2004.

GARCIA, F. R. M.; RICALDE, M. P. Augmentative Biological Control Using Parasitoids for Fruit Fly Management in Brazil. **Insects**, Basel, v.4, p.55-70, 2013.

HÄRTER, W.; GRÜTZMACHER, A. D.; NAVA, D. E.; GONÇALVES, R. S.; BOTTON, M. Isca tóxica e interrupção sexual no controle da mosca-da-fruta sul-americana e da mariposa-oriental em pessegueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.3, p.229-235, 2010.

MANGAN, R.L.; THOMAS, D.B. Comparison of torula yeast and various grape juice products as attractants for mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, Annapolis, v.107, n.2, p.591-600, 2014.

KOVALESKI, A.; SUGAYAMA, R. L.; MALAVASI, A. Controle químico em macieiras. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Org.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: Conhecimento básico e aplicado. 1ed. Ribeirão Preto: Holos, 2000, p.135-142.

KOVALESKI, A.; SUGAYAMA, R. L.; MALAVASI, A. Movement of *Anastrepha fraterculus* from native breeding sites into apple orchards in Southern Brazil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v.91, n.1, p.457-463, 1999.

KOVALESKI, A. Pragas. In: KOVALESKI, A. (Ed.). **Maçã: Fitossanidade**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. 85 p. (Frutas do Brasil, 38).

LEZA, M. M.; JUAN, A.; CAPLLONCH, M.; ALEMANY, A. Female-biased mass trapping vs. Bait application techniques against the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Dipt., Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, Goettingen, v.132, p.753-761, 2008.

MANGAN, R. L. Effects of bait age and prior feeding on cumulative time-dependent mortality of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) exposed to GF-120 spinosad baits. **Journal of Economic Entomology**, Annapolis, v.102, n.3, p.1157-1163, 2009.

MIRANDA, M.A.; ALONSO, R.; ALEMANY, A. Field evaluation of medfly (*Ceratitidis capitata*, Dip. Tephritidae) female attractants in a Mediterranean agrosystem (Balearic Islands, Spain). **Journal of Applied Entomology**, Goettingen, v.125, p.333-339, 2001.

MILLER, N. W.; VARGAS, R. I.; PROKOPY, R. J.; MACKEY, B. E. State-dependent attractiveness of protein bait and host fruit odor to *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) females. **Annals of the Entomological Society of America**, Lexington, v.97, p.1063-1068, 2004.

NONDILLO, A.; ZANARDI, O.; AFONSO, A. P.; BENEDETTI, A.; BOTTON, M. Efeito de inseticidas neonicotinóides sobre a Mosca-das-Frutas Sul-americana *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) na cultura da videira. **Bioassay**, Piracicaba, v.2, n.9, p.1-9, 2007.

NORA, I.; HICKEL, E. Pragas da macieira: dípteros e lepidópteros. In: EPAGRI (Ed.). **A cultura da macieira**. Florianópolis: GMC/Epagri, 2006. p. 463-486.

OEPP/EPPO. Bulletin. **OEPP/EPPO Bulletin**, Paris, v. 35, p.371-373, 2005.

PEREIRA-RÊGO, D. R. G.; JAHNKE, S. M.; REDAELLI, L. R.; SCHAFFER, N. Variação na infestação de mosca-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e parasitismo em diferentes fases de frutificação em mirtáceas nativas no Rio Grande do Sul. **EntomoBrasilis**, Vassouras, v.6, n.2, p.141-145, 2013.

PIÑERO, J. C.; MAU, R. F. L.; VARGAS, R. I. Comparison of rain-fast bait stations versus foliar bait sprays for control of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*, in papaya orchards in Hawaii. **Journal of Insect Science**, Annapolis, v.10, p.1-13, 2010

RAGA, A.; SATO, M. E. Controle Químico de Moscas-das-Frutas. Documento Técnico 20, 14p. 2016.

REVIS, H. C.; MILLER, N. W.; VARGAS, R. I. Effects of aging and dilution on attraction and toxicity of GF-120 fruit fly bait spray for melon fly control in Hawaii. **Horticultural Entomology**, Annapolis, v.97, n.5, p.1659-1665. 2004.

ROSA, J. M.; ARIOLI, C. J.; PADILHA, A. C.; BOTTON, M. Teste de seletividade. **Cultivar HF**, Pelotas, n.103, p. 26-29, 2017.

RUIZ, L.; FLORES, S.; CANCINO, J.; ARREDONDO, VALLE, J. J.; DÍAZ-FLEISCHER, F. WILLIAMS, T. Lethal and sublethal effects of spinosad-based GF-120 bait on the tephritid parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control**, v.44, p.296-304, 2008.

SHAW, J. G.; RIVIELLO-SANCHEZ, M.; SPISHAKOFF, L. M.; TRUJILLI, P.; LOPPEZ, F. Dispersal and migration of tepe-sterilized Mexican fruit flies. **Journal of Economic Entomology**, Annapolis, v.60, p. 992-994, 1967.

STARK, J. D.; VARGAS, R.; MILLER, N. Toxicity of spinosad in protein bait to three economically important tephritid fruit fly species (Diptera: Tephritidae) and their parasitoids (Hymenoptera: Braconidae). **Journal of Economic Entomology**, Annapolis, v.97, n.3, p.911-915, 2004.

SUGAYAMA, R. L.; BRANCO, E. S.; MALAVASI, A.; KOVALESKI, A.; NORA, I. Oviposition behavior and preference of *Anastrepha fraterculus* in apple and diel pattern of activity in an apple orchard in Brazil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Groningen, v. 83, p. 239-245. 1997.

SUGAYAMA, R. L. KOVALESKI, A.; LIEDO, P.; MALAVASI, A. Colonization of a new fruit crop by *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in Brazil: A demographic analysis. **Environmental Entomology**, Oxford, v.27, n.3, p.642-648, 1998.

VARIKOU, K.; GARANTONAKIS, BIROURAKI, A. Comparative field studies of *Bactrocera oleae* baits in olive orchards in Crete. **Crop Protection**, v.65, p.238-243, 2014.

YEE, W. L.; ALSTON, D. G. Effects of spinosad, spinosad bait, and chloronicotinyl insecticides on mortality and control of adult and larval western cherry fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, Annapolis, v.99, n.5, p.1722-1732, 2006.

Tabela 1. Tabela de inseticidas e iscas tóxicas aplicados em cobertura na área de manejo convencional com ação sobre a mosca-das-frutas sul-americana. Vacaria, RS. Safra 2015/16.

Safra	Data	Nome comercial	Agente letal	Dose (pc/100L)
Safra 2015/16	30/12/2015	Suprathion 500EC	Metidationa	100 mL
	08/01/2016	Mospilan 20SP	Acetamiprido	40 mL
	14/01/2016	Imidan 500WP	Fosmete	150 g
Safra 2016/17	10/01/2017	Isca tóxica (melaço 7%)	Fosmete	150 g
	11/01/2017	Suprathion 500EC	Metidationa	100 mL
	16/01/2017	Isca tóxica (melaço 7%)	Fosmete	150 g
	18/01/2017	Imidan 500WP	Fosmete	150 g
	07/02/2017	Mospilan 20SP	Acetamiprido	40 mL
	10/02/2017	Isca tóxica (melaço 7%)	Fosmete	150 g
	15/02/2017	Mospilan 20SP	Acetamiprido	40 mL



Figura 1. Resultado da aplicação de 12 mL da isca tóxica Gelsura® em uma planta de macieira. Vacaria, RS.

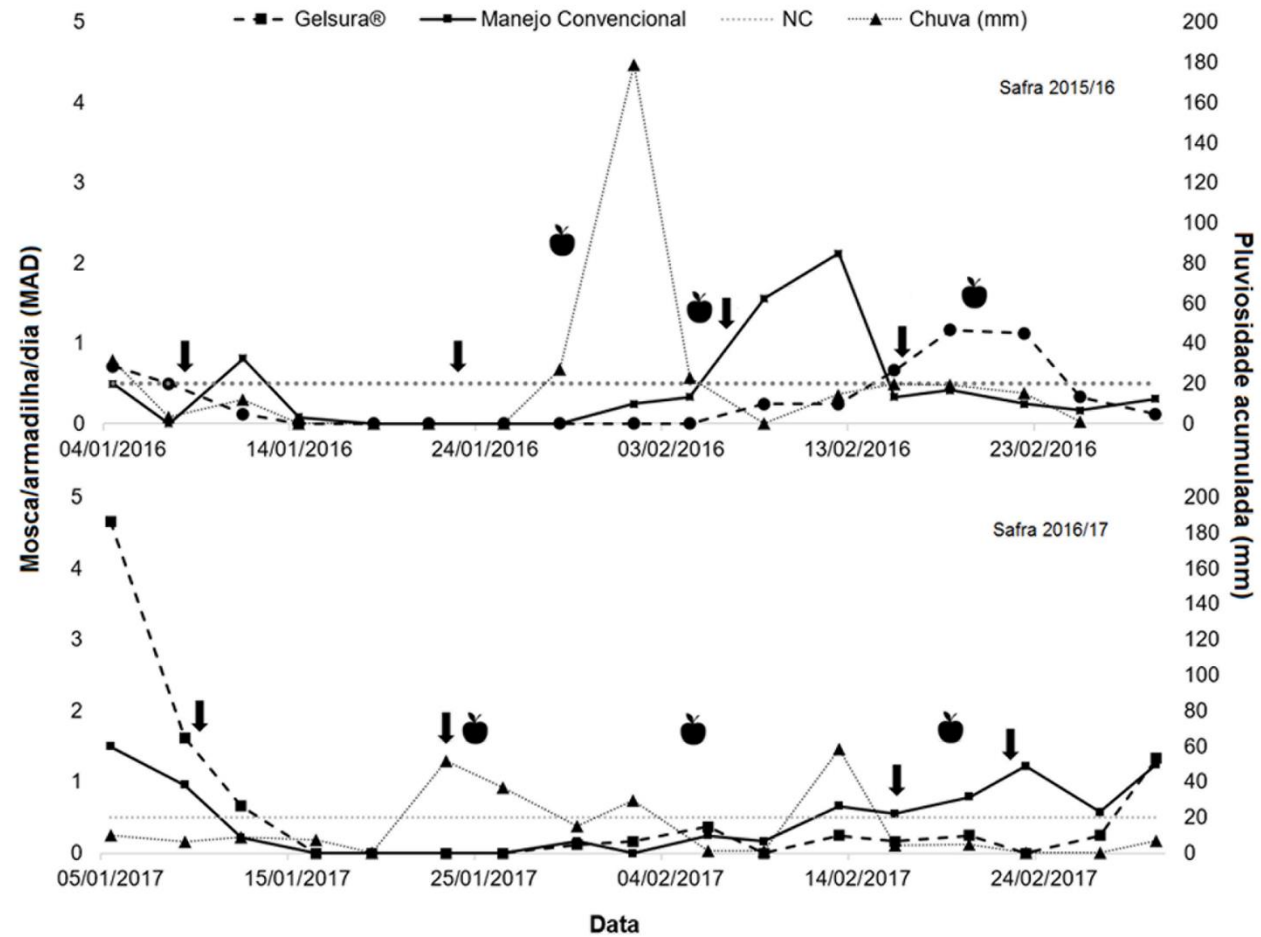


Figura 2. Flutuação populacional de adultos de *Anastrepha fraterculus* em áreas de manejo convencional e com a aplicação Gelsura® (3 L/ha) diluído na proporção de 1:2 (produto comercial: água) na cultivar Royal Gala. Vacaria-RS. Safras 2015/16 e 2016/17.

Legenda: linhas pontilhadas representam o nível de controle (NC) através do índice MAD (mosca/armadilha/dia) igual a 0,5. ↓ Representam a data de aplicação da isca tóxica Gelsura® e 🍏 a data de coleta frutos.

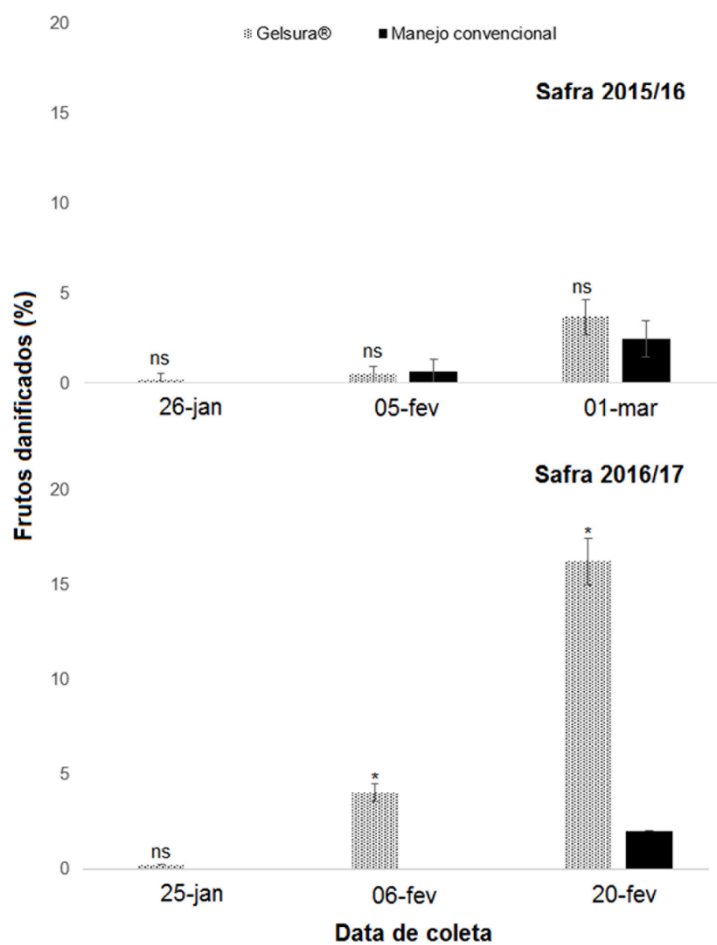


Figura 3. Porcentagem (%) de frutos de maçã da cv. Royal Gala com desenvolvimento larval de *Anastrepha fraterculus* coletados de áreas conduzidas sob manejo convencional ou com a aplicação da isca tóxica de pronto uso Gelsura[®]. Vacaria, RS. Safra 2015/2016.

*Significativamente diferente pelo teste t ($P < 0,05$)

Considerações finais

A moscas-das-frutas Sul-americana tem sido o alvo de diversos trabalhos no Brasil, entretanto há uma carência de trabalhos relacionados a novos métodos de controle.

Experimentos no laboratório para determinação de uma metodologia para avaliação de iscas tóxicas revelaram a influência de todos os fatores testados sobre a eficiência da isca tóxica Success® 0,02CB. Entretanto, testes com agentes letais com ação mais rápida devem ser realizados a fim de confirmar tais resultados.

Através dos dados de eficácia das iscas tóxicas em diferentes condições é possível estabelecer quais as formulações de iscas tóxicas se adequam as necessidades do fruticultor em determinado momento. Iscas tóxicas a base de melação e ou proteínas hidrolisadas podem ser utilizadas em períodos secos. Já quando existe a possibilidade de chuvas as formulações a base de pasta ou gel tornam-se mais adequadas.

Nos estudos de atratividade foi evidenciada a necessidade do desenvolvimento de novos atrativos mais eficazes para utilização em formulações de iscas tóxicas. A utilização de túneis de vento e eletroantenografia podem contribuir significativamente para o desenvolvimento e determinação de novas formulações, mais atrativas ao inseto.

Apesar da baixa atratividade observada, a eficiência de iscas tóxicas pode ser aprimorada através de estudos relacionados a tecnologia de aplicação de modo a definir a melhor forma de disponibilização no ambiente (em borda, linhas alternadas, pontos no interior do pomar, etc.), bem como o desenvolvimento de equipamentos para aplicação de formulações em baixo volume.

As iscas tóxicas são importantes ferramentas para o manejo desse inseto, porém como discutido ao longo desse trabalho a sua eficácia é influenciada por diversos fatores referentes ao clima e estágio fisiológico do inseto. Partindo dessa

perspectiva a utilização de iscas tóxicas deveria ser levada em consideração assim que fossem detectadas as primeiras capturas nas armadilhas de monitoramento. Dessa forma, a utilização de atrativos alimentares eficientes, aliado a utilização precoce de iscas tóxicas e a complementação com inseticidas de menor efeito residual em cobertura pode ser uma estratégia viável para a manutenção da população da mosca-das-frutas sob controle.

Referências

ALMEIDA, C. O. Fruticultura brasileira em análise. **Jornal da fruta**. Ano XVI, n. 203, Lages, SC, 2008.

BACCHI, L.; LUPI, D.; SAVOLDELLI, S.; ROSSARO, B. A review of spinosyns, a derivative of biological acting substances as a class of insecticides with a broad range of action against many insect pests. **Journal of Entomological and Acarological Research**, v.48, n.5653, p.40-52, 2016.

BARRY, J.D.; POLAVARAPU, S. Feeding activity and attraction of blueberry maggot (Diptera: Tephritidae) to protein baits, ammonium acetate, and sucrose. **Journal of Economic Entomology**, v.97, n.4, p.1269-1277.

BATEMAN, M. A. The ecology of fruit flies. **Annual Review of Entomology**, v.17, p. 493-581. 1972.

BITANCOURT, A.; FONSECA, J.P.; AUTUORI, M. Doenças, pragas e tratamentos. In: ANDRADE, E.N. (Ed.) Manual de Citricultura. São Paulo: CHACARAS E QUINTAIS, 1933, 198p.

BÖCKMANN, E.; KÖPPLER, K. HUMMEL, E. VOGT, H. Bait spray for control of european cherry fruit fly: an appraisal based on semi-field and field studies. **Pest Management Science**, v.70, p.502-509. 2014.

BORGES, R.; MACHOTA JR, R.; BOFF, M.I.C.; BOTTON, M. Efeito de iscas tóxicas sobre *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). **Bioassay**, v.10, n.3, 2015.

BOTTON, M.; ARIOLI, C. J.; MACHOTA-JÚNIOR, R.; NUNES, M. Z.; ROSA, J. M. Moscas-das-frutas na fruticultura de clima temperado: situação atual e perspectivas de controle através do emprego de novas formulações de iscas tóxicas e da captura massal. **Agropecuária Catarinense**, v.29, p. 103-107, 2016.

CABRERA-MARÍN, N. V.; LIEDO, P.; VANDAME, R.; SÁNCHEZ, D. Foraging Allocation in the Honey Bee, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), Tuned by the

Presence of the Spinosad-Based Pesticide GF-120. **Neotropical Entomology**, v.44, n.2, p.166-172, 2015.

CARVALHO, R. S. **Biocontrole de mosca-das-frutas**: histórico, conceitos e estratégias. Crus das Almas: Embrapa mandioca e fruticultura tropical. 2006, 5p. (Circular técnica, 83).

CHUECA, P.; MONTÓN, H. RIPOLLÉS, J. L.; CASTAÑERA, P.; MOLTÓ, E.; URBANEJA, A. Spinosad bait treatments as alternative to malathion to control the mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in the Mediterranean Basin. **Journal of Pesticide Science**, v.32, n.1, p.407-411, 2007.

CHRISTENSON, L. D.; FOOT, R. H. Biology of fruit flies. **Annual Review of Entomology**, v.5, p.171-192. 1960.

CLEVELAND, C.D.; MAYES, M.A.; CRYER, S.A. An ecological risk assessment for spinosad use on cotton. **Pest Management Science**, v.58, p.70-84, 2001.

COSTA, L.G. Current issues in organophosphate toxicology. **Clinica Chimica Acta**, v.366, p.1-13, 2006.

FAO. **Faostat Database Agrostat**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat/servlet/>>. Acesso em: 23 de nov. 2016.

HÄRTER, W. R.; GRÜTZMACHER, A. D.; NAVA, D. E.; GONÇALVES, R. S.; BOTTON, M. Isca tóxica e interrupção sexual no controle da mosca-das-frutas sul-americana e da mariposa-oriental em pessegueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.229-235, 2010.

HÄRTER, W. R.; BOTTON, M.; NAVA, D. E.; GRUTZMACHER, A. D.; GONÇALVES, R. S.; JUNIOR, R. M.; BERNARDI, D.; ZANARDI, O. Z. Toxicities and Residual Effects of Toxic Baits Containing Spinosad or Malathion to Control the Adult *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Florida Entomologist**, v. 98, n. 1, p. 202–208, 2015.

HEONG, K.L.; TAN, K.H.; GARCIA, Z.; LU, Z. Insecticide Toxicology. In: HEONG, K.L.; TAN, K.H.; GARCIA, Z.; LU, Z (Eds.). *Research methods in toxicology and insecticide resistance monitoring of rice planthoppers* 2 Ed. International Rice Research Institute, pp.18-37,2013.

HOWARD, L. O. 1898. Danger of importing insect pests. In: Hill GM (ed) *Yearbook*, U.S. Department of Agriculture, 1897. pp 529–552. <http://archive.org/stream/yearbookofagricu1897unit#page/529/mode/2up>

IBGE. 2015. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?t=1&z=t&o=26&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1> (Acessado fev. 2017).

IRAC. Modo de ação dos inseticidas e acaricidas – 2017. <http://www.irac-br.org/modo-de-ao-de-inseticidas-e-acaricidas>. Acesso em 15 de mar de 2017.

ISCA TECNOLOGIAS – MANUAL ANAMED – 2021.
<http://www.isca.com.br/pt/produtos/p/b3f4ed7d-acbb-4048-9c44-31f95dd670e6/anamed-4510-5-litros>. Acesso em 02 de mar de 2017.

KIRST, H.A. The spinosyn Family of insecticides: realizing the potential of natural products research. **The Journal of Antibiotics**, v.63, p.101-111, 2010.

KOVALESKI, A.; SUGAYAMA, R. L.; URAMOTO, K.; MALAVASI, A. Moscas-dasfrutas nos Estados Brasileiros: Rio Grande do Sul. p.285-290. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Eds.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Holos, 2000, 327p.

LEONARD, B.R.; GRAVES, J.B.; BURRIS, E.; MICINSKI, S.; MASCARENHAS, V.; MARTIN, S.H. Evaluation of selected commercial and experimental insecticides against lepidopteran cotton pests in Louisiana. **Proceedings of Beltwide Cotton Conference**, Nashville, TN, p.285-830, 1996.

LORENZATO, D. Controle integrado de mosca-das-frutas em fruteiras rosáceas. *Ipagro Inf*, v.31, p.93-96, 1988.

MCPHAIL, M. Protein lures for fruit flies. **Journal of Economic Entomology**, v.32, p.758-761, 1939.

MALAVASI, A.; MORGANTE, J.S.; PROKOPY, R.J. Distribution and activities of three *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) flies on host and nonhost trees. **Annals of the Entomological Society of America**, v.76, n.2, p.286-292, 1983.

MORGANTE, J.S. **Moscas-das-frutas (Tephritidae):** características biológicas, descrição e controle. Brasília: SENIR, 1991. 19p. (Boletim técnico de recomendações para os perímetros irrigados do vale do São Francisco, 2).

MORENO, D. S.; MANGAN, R. L. Bait matrix for novel toxicants for use in control of fruit flies (Diptera: Tephritidae), In: HALLMAN, G.J.; SCHWALBE, C. Invasive arthropods in agriculture: problems and solutions. (Ed.). Science Publishers, Inc., Enpheld, NH, p.333-362, 2003.

MORGANTE, J.S.; MALAVASI, A.; PROKOPY, A. Mating behaviour of wild *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) on a caged host tree. **Florida Entomologist**, v.66, n.2, p.234-241, 1983.

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

NORA, I.; HICKEL, E. Pragas da macieira: dípteros e lepidópteros. In: EPAGRI (Ed.). **A cultura da macieira**. Florianópolis: GMC/Epagri, 2006. cap.15, p. 463-486.

ORLANDO, A.; SAMPAIO, A. S. "Moscas das frutas": notas sobre conhecimento e combate. **O Biológico**, v.39, p.143-150. 1973.

PROKOPY, R. J.; ROITBERG, B. D. Foraging behaviour of true fruit flies: concepts of foraging can be used to determine how tephritids search for food, mates and egg-laying sites and to help control these pests. **American Scientist**, v.72, n.1, p.41-49, 1984.

RAGA, A.; MACHADO, R. A.; DINARDO, W.; STRIKIS, P.C. Eficácia de atrativos alimentares na captura de moscas-das-frutas em pomar de citros. *Bragantia*, v.65, n.2, p.337-345, 2006.

RAGA, A.; SATO, M.E. Controle Químico de Moscas-das-Frutas. Documento Técnico 20, 14p. 2016.

RUIZ, L.; FLORES, S.; CANCINO, J.; ARREDONDO, J.; VALLE, J.; DÍAZFLEISCHER, F.; WILLIAMS, T. Lethal and sublethal effects of spinosad-based GF- 120 bait on the tephritid parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control**, v.44, p.296-304, 2008.

RUIZ, C. B.; S. L. Experiencias en el control de "Batrocera oleae, Ceratitis capitata" y otras plagas emergentes, en la zona mediterránea, mediante técnicas de "Attract and Kill". **Phytoma España**, n.254, p.50, 2013.

SALGADO, V.L.; SPARKS, T.C. The spinosyns: chemistry, biochemistry, mode of action and resistance. In: Gilbert, L.I.; IATROU, K.; GILL, S. (Eds.). *Comprehensive insect molecular Science*. Elsevier: London, pp.137-173, 2005.

SALLES, L. A. B.; KOVALESKI, A. Moscas-das-frutas em macieira e pessegueiro no Rio Grande do Sul. *Horti Sul*, v.3, p.5-9, 1990.

SALLES, L. A. B. **Biologia e controle da mosca-das-frutas sul-americana**. Pelotas: Embrapa. CPACT, 1995. 58p.

SELIVON, D. Relações com as plantas hospedeiras. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p. 87-91.

SCOZ, P. L.; BOTTON, M.; GARCIA, M. S. Controle químico de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) em laboratório. **Ciência Rural**, v.34, p.1689-1690, 2004.

SHIMOKAWATOKO, Y.; SATO, N.; YAMAGUCHI, Y.; TANAKA, H. Development of the novel insecticide spinetoram (Diana®). – Sumithomo Chemical Co., Ltd., Tokyo.

SPARKS, T.C.; THOMPSON, G.D.; KIRST, H.A.; HERTLEIN, M.B.; LARSON, L.L. WORDEN, T.V.; THIBAUT, S.T. Biological activity of the spinosyns, new fermentation derived insect control agents, on tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. **Journal of Economic Entomology**, v.91, p.1277-1283.

STARK, J. D.; VARGAS, R.; MILLER, N. Toxicity of spinosad in protein bait to three economically important tephritid fruit fly species (Diptera: Tephritidae) and their parasitoids (Hymenoptera: Braconidae). **Journal Economic Entomology**, v.97, p.911-915, 2004.

STEINER, L. F. Fruit fly control in Hawaii with poison-bait sprays containing protein hydrolysates. **Journal of Economic Entomology**, v.50, p.838–843. 1952.

SUGAYAMA, R.; R.L.; BRANCO, E.S.; MALAVASI, A.; KOVALESKI, A.; NORA, I. Oviposition behavior of *Anastrepha fraterculus* in apple and diel pattern of activities in an apple orchard in Brazil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.83, p.239-245, 1997.

TAN, K. H.; NISHIDA, R.; JANG, E. B.; SHELLY, T. E. Pheromones, male lures, and trapping of Tephritid fruit flies. In: SHELLY, T.; EPSKY, N.; JANG, E. B.; REYES-FLORES, J.; VARGAS, R. (Eds.). Trapping and the detection, control, and regulation of Tephritid fruit flies. Springer: Dordrech, 2014. p.15-74.

TOMLIN, C.D.S. The Pesticide Manual: a world compendium 12Ed. Crop Protection Concil: Farnham, 1250p, 2000.

KHAMBAY, B.P.S.; JEWESS, P.J. Pyrethroids. In: GILBERT, L.I.; GILL, S.S. Insect Control. Elsevier: London, pp.1-21, 2010.

VARGAS, R. I.; MILLER, N. W.; PROKOPY, R. J. Attraction and feeding responses of Mediterranean fruit fly and a natural enemy to protein baits laced with two novel toxins, phloxine B and spinosad. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.102, p.273-282, 2002.

VARGAS, R. I.; STARK, J. D.; HERTLEIN, M. MAFRA-NETO, A.; COLER, R.; PIÑERO, J. C. Evaluation of SPLAT with spinosad and methyl eugenol or cue-lure for “attract-and-kill” of Oriental and Melon fruit flies. **Journal of Economic Entomology**, v.101, n.3, p.759-768. 2008.

VELOSO, V. R. S.; FERNANDES, P. M.; ZUCCHI, R. A. Goiás. In: MALAVASI, A.R. (Eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p.247-252.

ZUCOLOTO, F. S. Alimentação e nutrição de mosca-das-frutas. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Mosca-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. P. 67-80.