

***Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) é capaz de causar a deleção de parasitoides nativos?**

Diachasmimorpha longicaudata may cause the deletion
of native parasitoids?

Rafael Narciso **MEIRELLES**^{1, 2}; Luiza Rodrigues **REDAELLI**¹; Simone Mundstock **JAHNKE**¹; Cláudia Bernardes **OURIQUE**¹ & Dânia Vieira Branco **OZORIO**¹

RESUMO

Diachasmimorpha longicaudata é um dos mais importantes agentes de controle biológico de moscas-das-frutas em liberações aumentativas. Este trabalho objetivou avaliar a capacidade desse parasitoide em aumentar seu índice de parasitismo de moscas-das-frutas e a pressão que ocasiona em outras espécies nativas de parasitoides. Coletaram-se pitangas, araçás, goiabas, goiabas-serranas, caquis, nêspas, pêssegos e guabirobas em Porto Alegre e Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul (RS). No laboratório, os frutos foram divididos em dois lotes iguais e colocados em duas gaiolas. O grupo tratamento foi exposto a *D. longicaudata* por 24 horas, enquanto o testemunha não. Após o período de exposição, os frutos foram retirados das gaiolas e armazenados até a formação de pupários, que foram mantidos até a emergência de insetos. *Anastrepha fraterculus* foi o tefritídeo mais abundante. No lote tratamento, obteve-se o maior índice de parasitismo em araçás (68,4%), e o menor, em nêspas (14,75%). Não se registrou parasitismo em caquis. Identificaram-se os himenópteros nativos: *Doryctobracon areolatus* (Braconidae), *Utetes anastrephae* (Braconidae) e *Aganaspis pelleranoi* (Figitidae), em ambos os lotes. Os resultados indicam que *D. longicaudata* tem potencial para aumentar os índices de parasitismo no RS sem causar a deleção de espécies nativas.

Palavras-chave: *Anastrepha*; Braconidae; controle biológico; Figitidae; Tephritidae.

ABSTRACT

Diachasmimorpha longicaudata is one of the most important biological control agents of fruit flies (Diptera: Tephritidae) for augmentative releases. This work aimed to evaluate the ability of this parasitoid to increase the rates of parasitism of fruit flies and the pressure it causes on other native species of parasitoids. Surinam cherries, aracas, guavas, feijoas, persimmons, loquats, peaches and guabirobas were collected in Porto Alegre and Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul (RS). In the laboratory, the fruits were separated and placed in two groups in two cages. The treatment group was exposed to *D. longicaudata* for 24 hours, while the control one was not. After the exposure period, the fruits were removed from the cages and stored until pupation was formed, which was kept until the insects appeared. *Anastrepha fraterculus* was the most abundant fruit fly. In the treatment group, the higher parasitism rate was obtained in aracas (68.4%) and the lowest in loquats (14.75%). In persimmons, parasitism was not registered. The native Hymenoptera *Doryctobracon areolatus* (Braconidae), *Utetes anastrephae* (Braconidae) and *Aganaspis pelleranoi* (Figitidae) were identified in both lots. The results indicate that *D. longicaudata* has the potential to increase the parasitism rates in RS without causing the deletion of native species.

Keywords: *Anastrepha*; biological control; Braconidae; Figitidae; Tephritidae.

Recebido em: 17 abr. 2019

Aceito em: 2 jul. 2019

¹ Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Rua Marechal Floriano Peixoto, 4.557, Agrícola – CEP 97800-000, São Luiz Gonzaga, RS, Brasil.

² Autor para correspondência: rafael-meirelles@uergs.edu.br.

INTRODUÇÃO

Entre os insetos que causam prejuízos às frutíferas no Rio Grande do Sul (RS), destacam-se a mosca-das-frutas-sul-americana, *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830), nativa e com maior importância econômica, e a mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae), exótica (GATTELLI *et al.*, 2008; DIAS *et al.*, 2013). O controle desses insetos é realizado, normalmente, com inseticidas aplicados como iscas tóxicas ou em cobertura (BOTTON *et al.*, 2012), todavia as novas tendências de mercado, que têm provocado a busca por produtos livres de resíduos, além da proibição de uso de alguns princípios ativos (OLIVEIRA & LUCCHESI, 2013), diminuem as alternativas para o controle de moscas-das-frutas.

Uma importante ferramenta nessa realidade é o controle biológico, que pode ser utilizado em conjunto com outros métodos, visando diminuir as populações de moscas-das-frutas. Nesse foco, até o momento, no Rio Grande do Sul foram registradas oito espécies nativas de himenópteros parasitoides, distribuídos em quatro famílias: Diapriidae, com apenas um representante, *Trichopria anastrephae* Lima 1940; Pteromalidae, com *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani, 1875); Figitidae, com duas espécies, *Odontosema albinerve* Kieffer, 1909 e *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes, 1924); e Braconidae, com mais representantes – *Opius bellus* Gahan, 1930, *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti, 1911), *Doryctobracon brasiliensis* (Szépligeti, 1911) e *Utetes anastrephae* (Viereck, 1913) (SALLES, 1996; CRUZ *et al.*, 2011; NUNES *et al.*, 2012; PEREIRA-RÊGO *et al.*, 2013). Apesar de essas espécies ocorrerem naturalmente no estado, é comum os índices de parasitismo registrados serem baixos, raramente superando os 10%.

No esforço de aumentar os índices de parasitismo nas moscas-das-frutas no Brasil, no ano de 1994 a espécie *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) (Hymenoptera: Braconidae) foi introduzida no país, visando à implantação de um programa de controle biológico de moscas-das-frutas (GARCIA & RICALDE, 2012). No entanto, desde tal introdução, as liberações restringiram-se às regiões Nordeste e Sudeste.

As liberações realizadas na Bahia, em Minas Gerais e em São Paulo evidenciaram a facilidade de adaptação desse parasitoide a diferentes hospedeiros e ambientes, sem comprometimento das espécies nativas (ALVARENGA *et al.*, 2005; CARVALHO, 2005; GARCIA & RICALDE, 2012). No Rio Grande do Sul, entretanto, não existem informações sobre a relação de *D. longicaudata* com os parasitoides nativos, assim como seu potencial de parasitismo de moscas em frutos nativos e exóticos mais comuns no estado. Assim, este trabalho objetivou avaliar a capacidade do referido parasitoide em aumentar seus índices de parasitismo nas moscas-das-frutas, reduzindo a infestação de moscas-das-frutas em frutos trazidos do campo e a pressão que ocasiona em outras espécies nativas de parasitoides.

MATERIAL E MÉTODOS

Os indivíduos de *D. longicaudata* utilizados no experimento foram criados seguindo a metodologia descrita por Meirelles *et al.* (2013). Entre agosto de 2011 e maio de 2012, coletaram-se frutos íntegros, no solo, sob a copa de frutíferas em três locais: Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) (30°06'16" S; 51°39'58" W), em Eldorado do Sul, com nêperas (*Eriobotrya japonica* Lind.), pêssegos (*Prunus persica* L.) (Rosaceae), caquis (*Diospyros kaki* L. F.) (Ebenaceae) e araçás (*Psidium cattleianum* Sabine) (Myrtaceae); Centro Agrícola Demonstrativo (CAD) (30°07'14" S e 51°05'11" O), em Porto Alegre, com guabirobas (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) (Myrtaceae); e na Faculdade de Agronomia da UFRGS (30°06'98" S; long 51°14'19" W), com goiabas (*Psidium guajava* L.), goiabas-serranas (*Acca sellowiana* O. Berg) e pitangas (*Eugenia uniflora* L.) (Myrtaceae).

A única frutífera que recebeu tratamento fitossanitário foi o pessegueiro, para controle de *Grapholita molesta* (Busck 1916) (Lepidoptera: Tortricidae), com uma aplicação de Fosmete (Imidan 500 WP®) e o produto à base de feromônio Splat Grafo®. Para mosca-das-frutas, foi utilizada

isca tóxica [50 g de dimetoato (Nortox® 500 EC) + 100 L de água + 5 kg de açúcar], pulverizada, semanalmente, em plantas da bordadura do pomar.

Todos os frutos levados para o laboratório foram pesados, contados e lavados com hipoclorito a 1%. Após secarem ao ambiente, foram divididos em dois grupos com o mesmo número de frutos, sendo um exposto a casais de *D. longicaudata* e o outro não (testemunha). Para a exposição, mantiveram-se os frutos no chão de gaiolas de madeira (50 x 50 x 60 cm) (150 L), revestidas com tecido *voile*, onde foram liberados casais de *D. longicaudata*, com idade entre cinco e dez dias, na proporção de um casal para cada dez frutos, por 24 horas. Após, os frutos foram individualizados em potes plásticos de 140 mL, para guabiroba, araçá, pitanga, nêspira e goiaba-serrana, e de 2 L, para goiaba, caqui e pêsego, todos contendo vermiculita no fundo e mantidos em câmara climatizada ($25 \pm 2^\circ\text{C}$; $65 \pm 10\%$ UR; 14 horas de fotofase). O mesmo procedimento foi realizado com o lote testemunha, mas sem contato com *D. longicaudata*. Após sete dias, a vermiculita foi peneirada, e os pupários, separados. A partir daí, diariamente, repetiu-se tal procedimento até que nenhum pupário fosse recuperado.

Os pupários obtidos de ambos os lotes de frutos foram individualizados em potes plásticos (140 mL), identificados e mantidos em câmara climatizada ($25 \pm 1^\circ\text{C}$; $60 \pm 10\%$ UR; sem fotofase), até a emergência de moscas ou parasitoides. Os insetos foram mortos e acondicionados em tubos tipo Eppendorf (1,5 mL) com álcool 70%, para posterior identificação. Todos os pupários dos quais não se registrou emergência foram dissecados após 20 dias, buscando observar a presença de moscas ou parasitoides. Identificaram-se os insetos com auxílio de chaves dicotômicas (ZUCCHI, 2000) e da coleção de referência do Laboratório de Biologia, Ecologia e Controle Biológico da UFRGS. A confirmação das identificações dos parasitoides foi feita por especialistas (ver em Agradecimentos).

Registraram-se as intensidades de infestação (pupários/fruto), os índices de parasitismo, a abundância e a riqueza de espécies, tanto de moscas quanto de parasitoides antes e após a exposição a *D. longicaudata*. O índice de parasitismo aparente, ou sucesso de parasitismo, levou em conta somente os insetos emergidos e foi calculado da seguinte forma: parasitismo aparente = $[\text{n.}^\circ \text{ parasitoides} / (\text{n.}^\circ \text{ parasitoides} + \text{n.}^\circ \text{ moscas})] \times 100$. O número médio de moscas e pupários calculado foi submetido ao teste de homocedasticidade de Shapiro-Wilk. As diferenças nos números médios de moscas-das-frutas e pupários entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Mann-Whitney. Para a análise estatística, utilizou-se o programa BioEstat 5.0®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

INFESTAÇÃO E ESPÉCIES DE MOSCA-DAS-FRUTAS

Anastrepha fraterculus foi o único tefritídeo presente em araçás, guabirobas, pitangas, pêsegos e goiabas-serranas e o mais abundante em nêspiras e goiabas, tanto nos lotes de frutos testemunhas quanto nos expostos a *D. longicaudata*. Um espécime de *C. capitata* foi encontrado no grupo testemunha de nêspiras e um no de goiabas. Em caquis, por outro lado, a mosca-do-mediterrâneo foi a única espécie registrada (tabela 1).

Tabela 1 – Infestação média (\pm erro padrão – EP), número médio de moscas por fruto (\pm EP) e índice de parasitismo em grupos de frutos não expostos a *Diachasmimorpha longicaudata* (testemunha) (T) e nos expostos (E), coletados em Eldorado do Sul e em Porto Alegre (RS) – agosto/2011 a abril/2012 (valor entre parênteses corresponde ao número de frutos coletados)

Eldorado do Sul				
	Nêsperas		Pêssegos	
	T (100)	E (100)	T (50)	E (50)
Pupários/fruto	4,7 \pm 0,39 a*	2,4 \pm 0,26 b	0,6 \pm 0,10 a	0,4 \pm 0,07 a
Moscas/fruto	3,4 \pm 0,30 a	1,0 \pm 0,158 b	0,44 \pm 0,092 a	0,14 \pm 0,049 b
Índice de parasitismo (%)	0,28	14,75	0	30
	Caquis		Araçás	
	T (50)	E (50)	T (300)	E (300)
Pupários/fruto	0,30 \pm 0,07 a	0,1 \pm 0,05 a	2,4 \pm 0,10 a	2,1 \pm 0,11 b
Moscas/fruto	0,16 \pm 0,053 a	0,06 \pm 0,034 a	1,4 \pm 0,08 a	0,44 \pm 0,047 b
Índice de parasitismo (%)	0	0	6,25	68,4
Porto Alegre				
	Guabiobas		Goiabas-serranas	
	T (200)	E (200)	T (100)	E (100)
Pupários/fruto	0,9 \pm 0,08 a	0,7 \pm 0,07 a	2,6 \pm 0,18 a	2,2 \pm 0,21 a
Moscas/fruto	0,49 \pm 0,55 a	0,27 \pm 0,039 b	1,72 \pm 0,138 a	0,71 \pm 0,099 b
Índice de parasitismo (%)	8,4	36,8	7,4	59,5
	Pitangas		Goiabas	
	T (200)	E (200)	T (100)	E (100)
Pupários/fruto	0,4 \pm 0,03 a	0,2 \pm 0,03 b	2,6 \pm 0,12 a	2,3 \pm 0,15 a
Moscas/fruto	0,32 \pm 0,034 a	0,27 \pm 0,089 b	1,8 \pm 0,11 a	0,86 \pm 0,084 b
Índice de parasitismo (%)	0	25,5	9	59,5

* Valores seguidos por letras distintas, entre grupos de frutos testemunhas (T) e expostos (E) ao parasitoide, diferem significativamente pelo teste de Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$).

A prevalência da mosca-das-frutas-sul-americana era esperada, pois registros semelhantes já haviam sido feitos por Silva *et al.* (2006) e Gattelli *et al.* (2008) no Vale do Rio Caí, por Cruz *et al.* (2011) e Nunes *et al.* (2012) em Pelotas e por Pereira-Rêgo *et al.* (2013) em Porto Alegre e Bento Gonçalves (RS).

Indivíduos de Lonchaeidae (Diptera) foram encontrados em goiabas, goiabas-serranas e nêsperas, nos dois grupos de frutos (exposto e testemunha). Nos araçás, registraram-se apenas dois indivíduos dessa família de Diptera no grupo testemunha. Há registros de lonqueídeos no estado do Rio Grande do Sul em araçás, goiabas e goiabas-serranas (GATTELLI *et al.*, 2008) e em pitangas (NUNES *et al.*, 2012).

A intensidade de infestação (pupários/fruto) foi menor no grupo exposto a *D. longicaudata* em nêsperas, araçás e pitangas, indicando que algumas moscas morreram ainda na fase larval, provavelmente por ação do parasitoide (tabela 1). Esse fato foi também assinalado por Ashley *et al.* (1976), que registraram mortalidade até 33% maior em lotes de larvas de mosca-das-frutas expostos a *D. longicaudata*. Em trabalho com os braconídeos *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) e *Psytalia fletcheri* (Silvestri, 1916), Harris *et al.* (2010) alertaram para o fato de que o parasitismo pode, eventualmente, ser subestimado se não se levar em consideração a mortalidade dos hospedeiros na fase jovem. A mortalidade da mosca, sem que o parasitoide complete o ciclo de vida, diminui as chances de o

agente de controle biológico se estabelecer no ambiente. Por outro lado, as moscas morrem sem alcançar a fase adulta e causar danos; além disso, o fato de não deixarem descendentes contribui para a sua redução populacional. Tal fato foi observado no presente estudo, pois nos frutos como pêssago, guabiroba, goiaba-serrana e goiaba, em que o número de pupários/fruto não diferiu entre os dois tratamentos (tabela 1), constatou-se um menor número de moscas/fruto no grupo exposto a *D. longicaudata*.

PARASITISMO E ESPÉCIES DE PARASITOIDES

Nos caquis, não foi constatado parasitismo em ambos os grupos de frutos (testemunha e exposto), assim como no grupo testemunha dos pêssagos (tabela 1). Por serem espécies exóticas, o caquizeiro e o pessegueiro evolutivamente não estão associados a *A. fraterculus*, assim como aos seus parasitoides, o que explicaria, em parte, os resultados obtidos. No entanto, em pessegueiro, no Rio Grande do Sul, a presença de espécies nativas de parasitoides como *D. areolatus* e *P. vindemmiæ* (SALLES, 1996) e *D. areolatus* e *A. pelleranoi* (NUNES *et al.*, 2012) foi verificada, em índices que ficaram entre 1,1% e 1,26% – portanto, baixos. Dessa forma, a hipótese de que os parasitoides nativos não reconheceriam hospedeiros em pêssagos não sustenta totalmente os resultados do presente estudo. Um maior esforço amostral talvez tivesse permitido visualizar o parasitismo de mosca-das-frutas nessa espécie frutífera, uma vez que 100 pêssagos de cada tratamento foram examinados.

A ausência de parasitoides nos pêssagos pode também estar associada ao fato de ter sido usado inseticida para o controle de mosca-das-frutas, por intermédio da aplicação de isca tóxica. Apesar de esta ter sido pulverizada apenas em plantas sem frutos, os parasitoides podem ter visitado as áreas tratadas em busca de alimento. Além disso, existe a possibilidade de deriva, por meio da qual frutos maduros acabariam recebendo o inseticida. Acrescido a isso, a aplicação de iscas semanalmente pode reduzir a população de mosca-das-frutas no pomar, diminuindo, portanto, a oferta de hospedeiros para os parasitoides.

No caso das pitangas, a ausência de parasitismo no grupo testemunha (tabela 1) pode ser atribuída à incidência de ferrugem (*Puccinia psidii* Winter, 1884), que deixou os frutos mumificados ou com aspecto corticento, com a casca e a polpa duras. Essa doença talvez tenha deixado nas pitangas, que são frutos pequenos, pouca ou nenhuma superfície livre de “feridas”, dificultando tanto a ação das moscas-das-frutas quanto a dos parasitoides. Por outro lado, no lote de pitangas exposto ao parasitoide, os fermentos parecem não ter sido impeditivos para *D. longicaudata*. A alta pressão de parasitismo a que esses frutos foram submetidos – uma fêmea para cada 10 pitangas, durante 24 horas, numa gaiola de 150.000 cm³, e a ausência de outros hospedeiros para realizar a oviposição – fez com que o índice de parasitismo passasse de 0% para 25,5% (tabela 1). No campo, isso possivelmente não teria ocorrido, pois as fêmeas de parasitoides estariam livres para procurar frutos em melhores condições para ovipositar.

Entre as espécies de parasitoides nativas, *D. areolatus* esteve presente em todas as frutíferas cujos lotes testemunhas evidenciaram parasitismo (tabelas 2 e 3), *U. anastrephae* só não foi constatado em nêspas e *A. pelleranoi*, embora não tenha ocorrido na testemunha de guabirobas e goiabas-serranas, foi registrado no grupo exposto ao parasitoide exótico dessas duas frutíferas.

Nêspas foi o único fruto exótico a apresentar parasitismo por espécie nativa, representado por apenas um indivíduo de *D. areolatus*. Nessa mesma frutífera, tal parasitoide já havia sido constatado, na região de Pelotas, por Salles (1996) e Nunes *et al.* (2012). Comparativamente aos índices registrados por Salles (1996) (7,8%) e Nunes *et al.* (2012) (0 a 3,08%), o verificado no presente trabalho, no lote testemunha, foi menor (tabela 1). Entretanto, por frutificar no fim do inverno, trata-se de uma hospedeira-chave no manejo de mosca-das-frutas e também para a multiplicação de parasitoides, que poderiam atuar impedindo as populações de tefritídeos de atingir níveis elevados no fim da primavera e verão, época de amadurecimento e colheita das principais frutíferas no Rio Grande do Sul.

Tabela 2 – Número total de parasitoides (N) e frequência relativa (%) (Fr) registrados nos grupos de frutos não expostos a *Diachasmimorpha longicaudata* (testemunha) (T) e nos expostos (E), em frutos coletados em Eldorado do Sul (agosto/2011 a abril/2012).

Parasitoides	Frutos							
	Nêsperas				Pêssegos			
	T		E		T		E	
	N	Fr	N	Fr	N	Fr	N	Fr
Nativos	1	100	0	0	0	0	0	0
<i>Doryctobracon areolatus</i>	1	100	0	0				
<i>Utetes anastrephae</i>								
<i>Aganaspis pelleranoi</i>								
Exótico								
<i>Diachasmimorpha longicaudata</i>	0	0	18	100	0	0	3	100

	Frutos							
	Araçás				Caquis			
	T		E		T		E	
	N	Fr	N	Fr	N	Fr	N	Fr
Nativos	28	100	22	6.1	0		0	
<i>Doryctobracon areolatus</i>	10	35.7	9	2.5				
<i>Utetes anastrephae</i>	6	21.4	1	0.3				
<i>Aganaspis pelleranoi</i>	12	42.9	12	3.3				
Exótico					0		0	
<i>Diachasmimorpha longicaudata</i>	0	0	338	93.9				

Na guabiroba, *D. areolatus* e *U. anastrephae* foram coletados no lote testemunha, sendo o último o mais frequente (88,9%) (tabela 3). No grupo exposto a *D. longicaudata*, constataram-se *U. anastrephae* e *A. pelleranoi*.

Em goiaba-serrana, verificou-se uma situação semelhante à observada em guabirobas nos frutos testemunhas, com a presença apenas de *D. areolatus* e *U. anastrephae*, sendo o último também o mais frequente (78,5%). Esse é o primeiro registro de *U. anastrephae* em goiaba-serrana no Rio Grande do Sul. No grupo exposto, além dessas duas espécies, verificou-se *A. pelleranoi*. O fato de a goiabeira-serrana frutificar desde março até maio e junho deve ser levado em consideração em programas de controle biológico, pois essa frutífera poderia atuar como um reservatório de parasitoides, numa época em que poucos frutos são encontrados e em que comumente as temperaturas declinam.

Tabela 3 – Número total de parasitoides (N) e frequência relativa (%) (Fr) registrados nos grupos de frutos não expostos a *Diachasmimorpha longicaudata* (testemunha) (T) e nos expostos (E), em frutos coletados em Porto Alegre, RS (agosto/2011 a abril/2012).

Parasitoides	Frutos							
	Guabiobas				Goiabas-serranas			
	T		E		T		E	
	N	Fr	N	Fr	N	Fr	N	Fr
Nativos	9	100	12	23.5	14	100	15	23.4
<i>Doryctobracon areolatus</i>	1	11.1	0	0	3	21.4	4	6.3
<i>Utetes anastrephae</i>	8	88.9	10	19,6	11	78.6	8	12.5
<i>Aganaspis pelleranoi</i>	0	0	2	3.9	0	0	3	4.7
Exótico								
<i>Diachasmimorpha longicaudata</i>	0	0	39	76.5	0	0	49	76.6

Parasitoides	Frutos							
	Pitangas				Goiabas			
	T		E		T		E	
	N	Fr	N	Fr	N	Fr	N	Fr
Nativos	0	0	0	0	18	100	19	14.8
<i>Doryctobracon areolatus</i>					6	33.3	5	3.9
<i>Utetes anastrephae</i>					5	27.8	4	3.1
<i>Aganaspis pelleranoi</i>					7	38.9	10	7.8
Exótico								
<i>Diachasmimorpha longicaudata</i>	0	0	24	100	0	0	109	85.2

Nos araçás e nas goiabas, tanto no grupo testemunha quanto no exposto a *D. longicaudata*, as três espécies de parasitoides nativos foram observadas, sendo *A. pelleranoi* a mais frequente, nos frutos testemunhas (tabelas 2 e 3). Tais espécies já haviam sido relatadas ocorrendo tanto em goiabas quanto em araçás no Rio Grande do Sul (CRUZ *et al.*, 2011). A frutificação dessas duas espécies, entre fevereiro e meados de abril, é propícia ao desenvolvimento das moscas-das-frutas e dos parasitoides, o que garante a manutenção de populações maiores de parasitoides e a redução daquelas de seus hospedeiros, antes da chegada do inverno, especialmente no sul do Brasil.

Com exceção dos caquis, em todos os lotes de frutos expostos a *D. longicaudata* os índices de parasitismo foram superiores aos dos lotes testemunhas (tabela 1).

O fato de *D. longicaudata* ter parasitado moscas-das-frutas em praticamente todas as espécies frutíferas demonstra sua grande plasticidade, sendo capaz de reconhecer um hospedeiro mesmo em um fruto não existente no seu centro de origem. Esse parasitoide ataca larvas de tefritídeos de terceiro ínstar, em frutos já caídos, muitas vezes em decomposição (PURCELL *et al.*, 1994; SIVINSKI *et al.*, 2000). Segundo Stuhl *et al.* (2011), as fêmeas de *D. longicaudata* são atraídas por voláteis liberados pela fermentação de frutos caídos no campo, o que explica a adaptação desse inimigo natural a frutos de diferentes origens.

Embora os resultados deste trabalho sejam promissores, é importante considerar que, ao isolar fatores quando se estuda a interação tritrófica que ocorre entre o parasitoide, a larva de mosca-das-frutas e o fruto hospedeiro, é possível que erros sejam cometidos, subestimando ou superestimando os índices de parasitismo, além da mortalidade de hospedeiros. Nesse tipo de relação, os estímulos visuais, táteis e olfativos complementam-se, não sendo o fruto a única variável no momento da escolha do sítio de oviposição (STUHL *et al.*, 2011). Desse modo, para que o controle biológico com um parasitoide exótico tenha sucesso, é importante que esse parasitoide

possa buscar seu hospedeiro nas frutíferas nativas, uma vez que estas são os principais criadouros de moscas-das-frutas.

Em araçás, goiabas e goiabas-serranas, em ambos os tratamentos, foram verificadas as mesmas espécies nativas de parasitoides (tabelas 2 e 3). A inclusão de *D. longicaudata* alterou a frequência com que essas espécies ocorreram, mas não se constatou deleção. García-Medel *et al.* (2007) registraram resultados semelhantes avaliando a ação conjunta de seis espécies de braconídeos, inclusive *D. longicaudata*, sobre o hospedeiro *Anastrepha ludens* (Loew 1873).

O parasitismo por *D. longicaudata*, sem causar a deleção de espécies nativas, já havia sido relatado em goiabas e pitangas no Havaí (PURCELL *et al.*, 1994), no Recôncavo Baiano (ALVARENGA *et al.*, 2005; CARVALHO, 2005), em Minas Gerais (ALVARENGA *et al.*, 2009) e no Taiti (VARGAS *et al.*, 2012), corroborando os resultados do presente estudo.

Nos lotes testemunhas de nêspersas e guabirobas, apenas um indivíduo de *D. areolatus* foi observado, em cada um. No entanto, no grupo de frutos expostos, esse braconídeo não foi constatado (tabelas 2 e 3). Acredita-se que nesse caso não se trate de deleção, pois *D. longicaudata* e *D. areolatus* não competem pelo mesmo nicho (ALVARENGA *et al.*, 2005). A coexistência dessas duas espécies foi verificada por Sivinski *et al.* (1998): apesar de ambos serem parasitoides de larvas de terceiro ínstar, *D. areolatus* pode atacar indivíduos mais jovens em condições extremas, como baixas temperaturas ou escassez de hospedeiros. Dessa forma, a larva de *D. areolatus* pode já estar em tamanho avançado quando *D. longicaudata* depositar seu ovo no mesmo hospedeiro, sendo capaz de vencer a competição com o exótico.

Um aspecto importante a ser considerado é o fato de que os parasitoides nativos, as moscas do gênero *Anastrepha* e as mirtáceas evoluíram no mesmo ambiente (GUIMARÃES *et al.*, 2004). É provável que essas espécies nativas de parasitoides, por não estarem tão bem adaptadas às frutíferas exóticas, tenham mais dificuldade de buscar e parasitar seus hospedeiros, como nespereiras e pessegueiros. No México, em pêssegos, assim como no presente trabalho, não ocorrem parasitoides nativos, sendo *D. longicaudata* o único que foi verificado após a liberação (SIVINSKI *et al.*, 2000).

A pressão de parasitismo é um fator determinante no incremento dos índices de parasitismo. No presente trabalho, os índices atingiram valores entre 14,75% em nêspersas e 68,4% em araçás, mas, por ser um experimento em gaiolas, é provável que essa pressão seja bem maior do que a encontrada no campo. Incremento de apenas 5% no índice de parasitismo em frutos de umbu-cajá (*Spondias* spp.), no campo, 48 horas após as liberações de *D. longicaudata*, foi registrado na região do Recôncavo Baiano (BOMFIM *et al.*, 2010).

O superparasitismo também é um fator de mortalidade de moscas-das-frutas e ocorre naturalmente com *D. longicaudata*, tanto em campo quanto em laboratório (MEIRELLES *et al.*, 2013; MONTTOYA *et al.*, 2013). Os insetos encontravam-se em um ambiente restrito no estudo de Montoya *et al.* (2013), disputando um número limitado de hospedeiros, o que caracteriza uma situação de alta pressão de parasitismo; e, quanto maior a pressão, maior o número de ocorrências de superparasitismo. O maior número de casos de múltiplos ovos em um mesmo hospedeiro foi observado para indivíduos de *D. longicaudata* com idade entre cinco e dez dias (MEIRELLES *et al.*, 2013), e essa foi a mesma idade utilizada no presente experimento.

Os resultados sugerem que não houve deleção de nativos quando *D. longicaudata* foi introduzido nas gaiolas. Os índices de parasitismo natural, entretanto, podem ter sido subestimados, considerando que os frutos foram colhidos na maturação e que algumas espécies de parasitoides necessitam de frutos em estado avançado de decomposição ou que já não estejam íntegros, como *U. anastrephae* e *A. pelleranoi* (ALVARENGA *et al.*, 2005). No presente trabalho foram coletados, mesmo no solo, apenas frutos íntegros; logo, é possível que o índice de parasitismo real seja maior.

O aumento dos índices de parasitismo sem a deleção de parasitoides nativos pode ser explicado pelo fato de que as espécies que preferem larvas de 3.º ínstar conseguem identificar as já parasitadas, selecionando somente aquelas que garantem o maior sucesso para sua prole. Wang & Messing (2003) verificaram que *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron, 1911), a qual prefere larvas de 3.º ínstar, não competiu com *Fopius arisanus*, que parasita as de 1.º ínstar, concluindo que parasitoides que atacam ínstars diferentes complementam as taxas de parasitismo.

Outro aspecto a destacar é que as espécies de parasitoides possuem diferenças morfológicas relacionadas com as preferências para oviposição, ínstar do hospedeiro, tamanho do fruto e/ou espessura da casca, que podem influenciar a competição pelos sítios de oviposição (SIVINSKI et al., 1997). Dessa forma, a introdução de um parasitoide exótico que tenha requisitos diferentes dos nativos poderá contribuir para aumentar os índices de parasitismo, sem causar uma grande repercussão na comunidade local.

No Rio Grande do Sul, onde as temperaturas mínimas no inverno em geral são inferiores a 12°C (FEPAGRO, 2012), *D. areolatus*, por estar mais adaptado a tais condições, seria competitivo em relação a *D. longicaudata*, cujo limiar térmico inferior é de 12,5°C em *A. fraterculus* (MEIRELLES et al., 2015), que é o hospedeiro mais abundante na região. Esse aspecto reduziria o impacto da liberação de um parasitoide exótico na região.

CONCLUSÃO

Diachasmimorpha longicaudata tem potencial de parasitar moscas-das-frutas em frutos nativos e exóticos no Rio Grande do Sul, aumentando os índices de parasitismo, sem causar deleção das populações de parasitoides nativos, mesmo em situação de intensa pressão de parasitismo.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) a concessão das bolsas de doutorado, iniciação científica e produtividade aos autores. Aos Doutores Miguel Francisco de Souza Filho e Valmir Antônio Costa, do Instituto Biológico de Campinas (SP), a identificação dos parasitoides.

REFERÊNCIAS

- Alvarenga, C. D., C. A. R. Matrangolo, G. N. Lopes, M. A. Silva, E. N. Lopes, D. A. Alves, A. S. Nascimento & R. A. Zucchi. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus parasitoides em plantas hospedeiras de três municípios do norte do estado de Minas Gerais. Arquivos do Instituto Biológico. 2009; 76(2): 195-204. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/v76_2/alvarenga.pdf.
- Alvarenga, C. D., E. S. Brito, E. N. Lopes, M. A. Silva, D. A. Alves, C. A. Matrangolo & R. A. Zucchi. Introdução e recuperação do parasitoide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em pomares comerciais de goiaba no norte de Minas Gerais. Neotropical Entomology. 2005; 34(1): 133-136. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2005000100020>.
- Ashley, T. R., P. D. Greany & D. L. Chambers. Adult emergence in *Biosteres (Opus) longicaudatus* and *Anastrepha suspense* in relation to the temperature end moisture concentration of the pupation medium. The Florida Entomologist. 1976; 59(4): 391-396. Disponível em: <http://journals.fcla.edu/flaent/article/view/74597>.
- Bomfim, Z. V., R. S. Carvalho & C. A. L. Carvalho. Relações interespecíficas entre parasitoides nativos de moscas-das-frutas e o braconídeo exótico *Diachasmimorpha longicaudata* em frutos de umbu-cajá. Ciência Rural. 2010; 40(1): 77-82. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000237>.
- Botton, M., C. J. Arioli, A. Silva & C. A. Baronio. Efeito adverso. Cultivar HF. 2012; 1: 14-15.
- Carvalho, R. S. Avaliação das liberações inoculativas do parasitoide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em pomar diversificado em Conceição do Almeida, BA. Neotropical Entomology. 2005; 34(5): 799-805. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2005000500012>.

- Cruz, P. P., A. S. Neutzling & F. R. M. Garcia. Primeiro registro de *Trichopria anastrephae*, parasitoide de moscas-das-frutas, no Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*. 2011; 41(8): 1297-1299.
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011000800001>.
- Dias, N. P., F. F. Silva, J. A. Abreu, P. J. Bastos & R. A. Botta. Nível de infestação de moscas-das-frutas em faixa de fronteira no Rio Grande do Sul. *Revista Ceres*. 2013; 60(4): 589-593.
doi: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/4024/1854>.
- Fepagro – Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. Boletim Meteorológico do Rio Grande do Sul. 2012. [Acesso em: 12 abr. 2019]. Disponível em: http://www.cemet.rs.gov.br/area/11/Produtos_e_Servi%C3%A7os.
- Garcia, F. R. M. & M. P. Ricalde. Augmentative biological control using parasitoids for fruit fly management in Brazil. *Insects*. 2012; 4: 55-70.
doi: <https://doi.org/10.3390/insects4010055>.
- García-Medel, D., J. Sivinski, F. Díaz-Fleischer, R. Ramirez-Romero & M. Aluja. Foraging behavior by six fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) released as single-or multiple-species cohorts in field cages: influence of fruit location and host density. *Biological Control*. 2007; 43(1): 12-22.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.06.008>.
- Gattelli, T., R. N. Meirelles, L. R. Redaelli & F. K. Dal Soglio. Moscas frugívoras associadas a mirtáceas e laranjeira “Céu” na região do Vale do Rio Caí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Rural*. 2008; 38(1): 236-239.
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000100038>.
- Guimarães, J. A., M. F. Souza-Filho, A. Raga & R. A. Zucchi. Levantamento e interações tritróficas de figítideos (Hymenoptera: Eucilinae) parasitoides de larvas frugívoras (Diptera) no Brasil. *Arquivos do Instituto Biológico*. 2004; 71(1): 51-56. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/V71_1/guimaraes.pdf.
- Harris, E. J., R. C. Bautista, R. I. Vargas, E. B. Jang, A. Eitam & L. Leblanc. Suppression of melon fly (Diptera: Tephritidae) populations with releases of *Fopius arisanus* and *Psytalia fletcheri* (Hymenoptera: Braconidae) in North Shore Oahu, HI, USA. *BioControl*. 2010; 55(5): 593-599.
doi: <https://doi.org/10.1007/s10526-010-9282-1>.
- Meirelles, R. N., L. R. Redaelli & C. B. Ourique. Comparative biology of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) reared on *Anastrepha freterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*. 2013; 96(2): 412-418.
doi: <https://doi.org/10.1653/024.096.0204>.
- Meirelles, R. N., L. R. Redaelli & C. B. Ourique. Thermal requirements and annual number of generations of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) reared in the South American fruit fly and the Mediterranean fruitfly (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*. 2015; 98(4): 1223-1226.
doi: <https://doi.org/10.1653/024.098.0432>.
- Montoya, P., L. Ruiz, G. Pérez-Lachaud, J. Cancino & P. Liedo. Field superparasitism by *Diachasmimorpha longicaudata* attacking *Anastrepha* spp. larvae on mango fruits. *Biological Control*. 2013; 64(2): 160-165.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.10.015>.
- Nunes, A. M., F. A. Müller, R. D. S. Gonçalves, M. S. Garcia, V. A. Costa & D. E. Nava. Moscas frugívoras e seus parasitoides nos municípios de Pelotas e Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Rural*. 2012; 42(1): 6-12.
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000100002>.
- Oliveira, K. M. & G. Lucchese. Controle sanitário de agrotóxicos no Brasil: o caso do Metamidofós. *Tempus Actas de Saúde Coletiva*. 2013; 7(1): 211-224.
doi: <http://dx.doi.org/10.18569/tempus.v7i1.1289>.
- Pereira-Rêgo, D. R. G., S. M. Jahnke, L. R. Redaelli & N. Schaffer. 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*. 2013; 6(2): 141-145.
doi: <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v6i2.259>.
- Purcell, M. F., C. G. Jackson, J. P. Long & M. A. Batchelor. Influence of guava ripening on parasitism of the oriental fruit-fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae), by *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and other parasitoids. *Biological Control*. 1994; 4(4): 396-403.
doi: <https://doi.org/10.1006/bcon.1994.1050>.
- Salles, L. A. B. Parasitismo de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) por Hymenoptera, na região de Pelotas, RS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 1996; 31(11): 769-774. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4547/1833>.

- Silva, F. F., R. N. Meirelles, L. R. Redaelli & F. K. Dal Soglio. Diversity of flies (Diptera: Tephritidae and Lonchaeidae) in organic citrus orchards in the Vale do Rio Caí, Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Neotropical Entomology*. 2006; 35(5): 666-670.
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2006000500015>.
- Sivinski, J., J. Pinero & M. Aluja. The distributions of parasitoids (Hymenoptera) of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae) along an altitudinal gradient in Veracruz, Mexico. *Biological Control*. 2000; 18(3): 258-269.
doi: <https://doi.org/10.1006/bcon.2000.0836>.
- Sivinski, J., M. Aluja & M. Lopez. Spatial and temporal distributions of parasitoids of Mexican *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae) within the canopies of fruit trees. *Annals of the Entomological Society of America*. 1997; 90(5): 604-618.
doi: <https://doi.org/10.1093/aesa/90.5.604>.
- Sivinski, J., M. Aluja, T. Holler & A. Eitam. Phenological comparison of two braconid parasitoids of the caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Environmental Entomology*. 1998; 27(2): 360-365.
doi: <https://doi.org/10.1093/ee/27.2.360>.
- Stuhl, C., J. Sivinski, P. Teal, B. Paranhos & M. Aluja. A compound produced by fruigivorous Tephritidae (Diptera) larvae promotes oviposition behavior by the biological control agent *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). *Environmental Entomology*. 2011; 40(3): 727-736.
doi: <https://doi.org/10.1603/EN10198>.
- Vargas, R. I., L. Leblanc, R. Putoa & J. C. Piñero. Population dynamics of three *Bactrocera* spp. fruits flies (Diptera: Tephritidae) and two introduced natural enemies, *Fopius arisanus* (Sonan) and *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae), after an invasion by *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Tahiti. *Biological Control*. 2012; 60(2): 199-206.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.10.012>.
- Wang, X. & R. H. Messing. Intra- and interspecific competition by *Fopius arisanus* and *Diachasmimorpha tryoni* (Hymenoptera: Braconidae) parasitoids of tephritid fruit flies. *Biological Control*. 2003; 27(3): 251-259.
doi: [https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(03\)00027-6](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(03)00027-6).
- Zucchi, R. A. Taxonomia. In: Malavasi, A. & R. A. Zucchi. *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Holos Brasil; 2000. 325 p.