



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Biociências
Rio Claro



Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas
Área de concentração: Zoologia

Dinâmica populacional de *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera: Drosophilidae) e caracterização de alguns aspectos biológicos.

CRISTIANE MATAVELLI

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas (Zoologia).

Fevereiro
2014

CRISTIANE MATAVELLI

Dinâmica populacional de *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera: Drosophilidae) e caracterização de alguns aspectos biológicos.

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas (Zoologia).

Orientador: Prof. Dr. Claudio José Von Zuben

Rio Claro
2014

CRISTIANE MATAVELLI

Dinâmica populacional de *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera: Drosophilidae) e caracterização de alguns aspectos biológicos.

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas (Zoologia).

Comissão examinadora:

Prof. Dr. Claudio José Von Zuben

Profa. Dra. Daniela Rodrigues (UFRJ)

Profa. Dra. Rosana Tidon (UnB)

Dr. César Pagotto Stein (IAC – Campinas)

Prof. Dr. Wesley Augusto Conde Godoy (Esalq/USP)

Rio Claro, 28 de fevereiro de 2014.

*Ao meu querido avô Armando Bacchini,
que sempre me incentivou a estudar cada vez mais,
Que viu o início dessa trajetória,
e estaria todo orgulhoso com a conclusão de mais esta etapa
"in memoriam"*

Agradeço primeiramente ao Prof. Dr. Claudio Von Zuben, por compreender a importância deste trabalho e por confiá-lo a mim. Sou grata pelos ensinamentos, conversas, discussões, auxílios no laboratório e no campo. E pela amizade que estabelecemos durante estes anos.

Agradeço também...

Aos Profs. Dr. Ariovaldo Pereira da Cruz Neto e Dr. Augusto Shinya Abe pelos empréstimos dos veículos para os trabalhos de campo, bem como ao técnico Luiz Fernando Bonatti pelo auxílio logístico. Aos amigos Ana Kristina Silva, Ricardo Mattos, Claudia Bottcher, Larissa Braz Sousa e Debora Duarte Boaventura pela companhia nos dias de campo. A Casa de Agricultura de Valinhos, na pessoa do Sr. Henrique Conti, pelo auxílio na seleção das chácaras a serem trabalhadas na cidade de Valinhos. Aos produtores Sr. Claudio Von Zuben (Fazenda Tapera), Sra. Eufrásia Lacarine Borin (Chácara Escolástica, Santana, Bela Vista), Sr. Dionísio (Chácara Bom Retiro), Sr. Antônio Pelegrini (Casa do Figo com Chocolate), Sr. Aparecido e D. Maria Floriano (Chácara Tatiana) por permitirem a colocação das armadilhas em suas propriedades, bem como seus meeiros Luzia, Luciana, Adalto (Chácara Santana), Seu Zé e Seu Clemente (Chácara Bom Retiro) e Lucia e João (Chácara Bela Vista) pelo auxílio e manutenção do trabalho nos períodos de coleta. Além das caixas de figo nos períodos de safra!!

Aos técnicos Antonio Teruyoshi Yabuki e Mônica Iamonte (Laboratório de Microscopia Eletrônica – Unesp/RC) por me auxiliarem no laboratório e na preparação do material para a microscopia. Ao Prof. Dr. Fernando José Zara (Unesp/Jaboticabal) pela amizade estabelecida nestes últimos anos.

A Profa. Dra. Rosana Tidon (UnB/Brasília) e a todos os membros da sua equipe (Laboratório de Biologia Evolutiva), em especial a Renata Alves da Mata pelo auxílio no manuseio das armadilhas e a Francisco Roque e Pedro Senseless, pela identificação dos drosofilídeos coletados.

A pesquisadora Dra. Christen Mirth (Instituto Gulbenkian de Ciências, Oeiras/Portugal), por ter me acolhido em seu grupo de pesquisa e por ter compartilhado novas técnicas e conhecimentos sobre drosofilídeos comigo. A Marisa Oliveira, Takashi Koyama, Marta Rivera Alba e, em especial Maria Carvalho e Claudia Mendes, meu muito obrigada. A Maria Adelina Jerônimo, Marta Marialva, Sandra Tavares, Jacques Bourg e Liliana Vieira por ter feito da minha estadia em Portugal algo muito divertido.

A Marcio Uehara-Prado, pelo auxílio e discussões em todas as fases deste trabalho. A Mariana Ligo, por ser essa amiga tão presente em minha vida. A Rosana Paes por me colocar nos eixos em momentos de loucura.

Aos amigos feitos na Unesp/Rio Claro, sejam da Zoologia, Ecologia ou Jacarezário. Em especial a Marina Sartori, Rafael Bovo, Carlinhos, Joniel, Airton e Emídio. Ao grupo “Integrando”: Ives Haifig, Ivan Desuó, Alexandre Castellar, Gabriela Locher e Gleiciani Patricio. E aos amigos feitos fora da Unesp/RC, recentes ou de longa data, sejam da época do “ginásio” ou da faculdade, de Campinas, de Piracicaba ou da região, obrigada por todo apoio!

Aos companheiros do Laboratório de Entomologia I/Unesp-RC, Leonardo Corrêa, Eveline Silva, Gustavo Verna, Richard Moretto, Thiago Lima, Carolina Souza, Fernanda Santos e Rodrigo Guidelli. O que seriam dos “happy hour” no DJ sem vocês?

Aos meus “braços direito e esquerdo”, Larissa Braz Sousa e Débora Duarte Boaventura, e ao amigo Guilherme Gomes, por toda ajuda no campo, no laboratório e fora dele. Obrigada pelas conversas, discussões, almoços, jantares e cafezinhos. A Isabelle Bueno, pela ajuda no fim das triagens e na manutenção do laboratório. Não sei o que seria morar em Rio Claro sem vocês!

A minha Família, que sempre me apoiou em todas as minhas escolhas e me auxilia de todas as formas possíveis. Mãe Amália, pai Mauro e tatá Andréa, vocês são minha base. Sobrinhas lindas, Sofia e Victoria, que me trazem sempre tanta alegria, vocês completam ainda mais nossa Família. Obrigada cunhado, tios, primos, filhos dos primos e avó, por todo carinho que transmitem a mim.

Agradeço aos órgãos de fomento: CNPq pela bolsa de doutorado e a CAPES pela bolsa PDSE.

*"O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza de seus sonhos".
(Eleanor Roosevelt)*

*"Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
mas lutei para que o melhor fosse feito.
Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus
não sou o que era antes".
(Martin Luther King)*

RESUMO

Apesar de ter sido introduzida no Brasil em 1999, estudos envolvendo aspectos biológicos bem como a dinâmica populacional de *Zaprionus indianus* ainda são muito escassos. Este drosofilídeo, considerado praga em monoculturas de figo-roxo, possui uma grande capacidade de dispersão e de estabelecimento em diferentes ambientes. Este fato contribuiu de forma expressiva para sua rápida expansão em todas as regiões do país, atacando tanto frutos de ambientes naturais, quanto os presentes nestas monoculturas. Esses ataques têm causado grandes prejuízos à comercialização desta fruta, tanto no mercado nacional quanto de exportação, fazendo com que alguns produtores abandonem suas plantações. Diante desta problemática, os objetivos desse estudo foram: analisar a dinâmica populacional de *Z. indianus* em plantações de figo-roxo e caracterizar alguns aspectos biológicos que influenciam sua flutuação populacional. Para isso, foram realizadas coletas mensais de set/2010 a ago/2011 em plantações de figo-roxo localizadas na região de Valinhos (SP). Ademais, experimentos voltados à caracterização dos estágios imaturos de *Z. indianus*, como número de instares, processo de pupação e caracterização morfológica destes estágios foram conduzidos no laboratório de Entomologia I e no laboratório de Microscopia Eletrônica da UNESP/RC. Outros, voltados à caracterização de aspectos como sobrevivência, tempo de desenvolvimento, tamanho corporal do adulto, parâmetros nutricionais ótimos para desempenho larval e escolha da fêmea quanto a locais para oviposição foram realizados, via geometria nutricional, no laboratório “Development, Evolution and the Environment” – IGC/Portugal. A nutrição é um fator diretamente relacionado às características de vida dos drosofilídeos, podendo ser usada para se compreender a história de vida destes animais. No método utilizado, a condição nutricional de um animal é representada como um ponto dentro de um espaço nutricional de “n” dimensões. Dependendo da ingestão de macronutrientes e de calorias, os sistemas de regulação deste animal são capazes de alterar seu metabolismo de forma que atinjam um equilíbrio, e as consequências destes ajustes podem ser vistas através de alterações em suas características biológicas, sendo estas analisadas aqui. Como os trabalhos de campo revelaram ser *Drosophila simulans* a segunda espécie mais abundante nos figais, dentre oito espécies exóticas nele instaladas, estes parâmetros foram extrapolados também para esta espécie. Dessa forma, pode-se analisar as exigências de cada uma destas espécies e esclarecer questões importantes quanto ao modo de vida, de atuação nos figais brasileiros, bem como quanto à competição existente entre elas. Dentre os principais resultados aqui encontrados estão: prevalência e

estabelecimento de *Z. indianus* nos figais (77.106 indivíduos coletados em um esforço amostral de 420 armadilhas/ano), bem como sua predominância na assembleia de drosofilídeos ali residentes (71% da amostra); considerando-se os estágios imaturos, observou-se a presença de três instares larvais para a espécie, além de estruturas com características taxonômicas; em relação as exigências nutricionais, diferentemente dos demais drosofilídeos do grupo *melanogaster*, *Z. indianus* desempenha com maior eficiência seus parâmetros vitais quando se desenvolve em substratos que apresentam uma maior quantidade de carboidratos, sendo esta condição encontrada em figos em processo de maturação. Desta forma, os resultados aqui obtidos poderão facilitar futuros estudos sobre a biologia, ecologia e manejo desta espécie-praga, auxiliando na busca de medidas mais eficazes de controle.

Palavras-chave: estágios imaturos; figo-roxo-de-Valinhos; geometria nutricional; história-de-vida; monitoramento populacional; mosca-do-figo; processo de pupação; restrição alimentar.

ABSTRACT

Despite having been introduced in Brazil in 1999, studies involving biological aspects and population dynamics of *Zaprionus indianus* are still very scarce. This drosophilid, considered as a pest in fig-purple crops, has a great capacity of dispersal and establishment in different environments. This fact contributed significantly to its rapid expansion in all regions of the country, attacking fruits of natural environments and in monocultures. These attacks have caused major damage to both national and export markets, causing the fact that some producers have abandoned their plantations. Considering this problem, the objectives of this study were to analyze the population dynamics of *Z. indianus* in fig-purple crops and characterize some biological aspects that influence its population fluctuations. For this, the drosophilids were monthly collected from Sep/2010 until Aug/2011 in fig-purple crops in the region of Valinhos (SP). Furthermore, others experiments aimed at characterize the immature stages of *Z. indianus* were conducted, like number of instars, pupation process and morphological characterization of these stages by scanning electron microscopy. Others, involving the characterization of aspects such as survival, viability, development time, adult body size, nutritional parameters for optimal larval performance and female oviposition site choice were performed by nutritional geometry. The nutrition is a factor directly related to the life history of drosophilids. In this methodology, the nutritional status of an animal is represented as a point within a nutritional space with "n" dimensions. Depending on the intake of calories and macronutrients, the regulatory systems of this animal are able to alter its metabolism in order to achieve a balance, and the consequences of these adjustments can be viewed by changes in its biological characteristics, these being analyzed here. As in field work, the species *Drosophila simulans* revealed to be the second most abundant species in figs crops, among eight exotic species installed on them, these parameters were also extrapolated for this species. Thus, it was possible to understand the requirements of each one of these species and clarify important questions about their ways of life, acting in Brazilian figs crops, as well as the competition existing between *Z. indianus* and *D. simulans*. The main results are: prevalence and establishment of *Z. indianus* in figs crops (77,106 individuals collected in a sampling effort of 420 traps/year) its predominance in the assembly of drosophilids residents there (71% of sample); considering it is immature stages was observed the presence of three larval instars for the species, and structures with taxonomic characteristics, in relation the nutritional exigencies, different other drosophilids of *melanogaster* group, *Z. indianus* performs more efficiently their vital

parameters when developed in substrates with higher amounts of carbohydrates, being this condition found in figs in the start of maturation. Thus, the results obtained here will facilitate future studies on the biology, ecology and management of this pest species, aiding in the search for more effective control measures.

Key-words: immature stages; roxo-de-Valinhos figs; nutritional geometry; life history trade-off; population monitoring; fig-fly; pupation process; dietary restriction.

SUMÁRIO

RESUMO.....	08
ABSTRACT.....	10
INTRODUÇÃO GERAL	
Biologia populacional de <i>Zaprionus indianus</i>	19
<i>Zaprionus indianus</i> como foco de estudo.....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

CAPÍTULO I.

Avaliação da flutuação populacional de *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera: Drosophilidae) em plantações de *Ficus carica* L. (Urticales: Moraceae), variedade roxo-de-Valinhos.

RESUMO	29
INTRODUÇÃO.....	29
MATERIAL E MÉTODOS.....	31
Área de estudo.....	31
Coletas de campo.....	32
Preparação da isca.....	32
Análises estatísticas.....	33
RESULTADOS	33
DISCUSSÃO.....	35
<i>Ficus</i> e sua relação com os drosofilídeos.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

CAPÍTULO II.

Análise faunística dos drosofilídeos residentes nas culturas de figo-roxo *Ficus carica* L. (Moraceae), na região de Valinhos (SP).

RESUMO	50
INTRODUÇÃO.....	51
Materiais e métodos.....	53
Resultados.....	54
Discussão.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

CAPÍTULO III.

Post-Embryonic Development in *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae).

ABSTRACT.....	67
INTRODUCTION.....	67
MATERIALS AND METHODS.....	69
Eggs, Larvae, Pupae and Determining the Number of Instars.....	69
Pupation Process.....	69
Scanning Electron Microscopy.....	70
RESULTS.....	70
Eggs, Larvae, Pupae and Determining the Number of Instars.....	70
Pupation Process.....	71

Morphological Analysis of Stages.....	71
DISCUSSION.....	72
REFERENCES CITED.....	76

CAPÍTULO IV.

Avaliação de componentes da história de vida e preferência de locais para oviposição de *Zaprionus indianus* Gupta 1970 e *Drosophila simulans* Sturtevant 1919, via geometria nutricional.

RESUMO.....	91
INTRODUÇÃO.....	91
MATERIAIS E MÉTODOS.....	94
Cultura estoque.....	94
Geometria nutricional.....	95
Tempo de desenvolvimento.....	95
Tamanho do adulto.....	96
Parâmetros nutricionais ótimos para desempenho larval.....	96
Escolha da fêmea para oviposição.....	96
Análise Estatística.....	97
RESULTADOS.....	98
Geometria nutricional.....	98
Tempo de desenvolvimento.....	98
Tamanho do adulto.....	99
Parâmetros nutricionais ótimos para desempenho larval.....	99
Escolha da fêmea quanto ao local para oviposição.....	99
DISCUSSÃO.....	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	121
----------------------------------	------------

APÊNDICE.

New versions of trap and bait for the collection of the fig-fly *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera: Drosophilidae).

ABSTRACT	123
INTRODUCTION	123
MATERIALS AND METHODS	125
A) Making of traps	125
B) Preparation of the bait to be used in the trap	125
RESULTS.....	126
DISCUSSION	126
Bait preparation	127
Bait utilization	128
The trap.....	128
About its effectiveness	129
CONCLUSIONS	129
REFERENCES.....	130

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I.

Avaliação da flutuação populacional de *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera: Drosophilidae) em plantações de *Ficus carica* L. (Urticales: Moraceae), variedade roxo-de-Valinhos.

Tabela 1. Informações sobre as Unidades Amostrais (UA) e aplicações feitas pelos produtores em cada uma delas durante o período de estudo..... 42

Tabela 2. Flutuação populacional de *Zaprionus indianus*: pico de abundância durante o verão (Teste de Rayleigh z)..... 43

CAPÍTULO II.

Análise faunística dos drosofilídeos residentes nas culturas de figo-roxo *Ficus carica* L. (Moraceae), na região de Valinhos (SP).

Tabela 1. Comunidade de drosofilídeos exóticos coletados em plantações de figo-roxo da região de Valinhos (SP)..... 62

Tabela 2. Comunidade de drosofilídeos neotropicais coletados em plantações de figo-roxo da região de Valinhos (SP)..... 63

CAPÍTULO III.

Post-Embryonic Development in *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae).

Table 1. Cephalic capsule width and growth rate of *Zaprionus indianus* larvae during post-embryonic development..... 80

Table 2. Number of *Zaprionus indianus* pupae formed every 24 h and emerging adults..... 81

Table 3. Proportion of female and male *Zaprionus indianus* that emerged throughout the experiment..... 82

Table 4. Mean values of the length, width, weight and time of emergence of *Zaprionus indianus* pupae by sex..... 83

CAPÍTULO IV.

Avaliação de componentes da história de vida e preferência de locais para oviposição de *Zaprionus indianus* Gupta 1970 e *Drosophila simulans* Sturtevant 1919, via geometria nutricional.

Tabela 1. Valores de sobrevivência para <i>Zaprionus indianus</i> e <i>Drosophila simulans</i> diante de diferentes condições alimentares.....	109
Tabela 2. Valores relacionados ao tempo de desenvolvimento de <i>Zaprionus indianus</i> e <i>Drosophila simulans</i>	110
Tabela 3. Parâmetros encontrados para <i>Zaprionus indianus</i> e <i>Drosophila simulans</i> em relação ao tamanho do adulto.....	111
Tabela 4. Preferência em relação aos locais de oviposição para as fêmeas de <i>Zaprionus indianus</i> e <i>Drosophila simulans</i> . Concentração calórica de 0,72g/L.....	112

APÊNDICE.

New versions of trap and bait for the collection of the fig-fly *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera: Drosophilidae).

Table 1. Characteristics of the traps proposed by Tidon & Sene (1988), Medeiros & Klaczko (1999), and of the present work.....	132
--	-----

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I.

Avaliação da flutuação populacional de *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera: Drosophilidae) em plantações de *Ficus carica* L. (Urticales: Moraceae), variedade roxo-de-Valinhos.

- Figura 1. Figais selecionados para a realização deste estudo (Valinhos/SP)..... 44
- Figura 2. Localização das Unidades Amostrais estabelecidas neste estudo, na região de Valinhos (SP)..... 45
- Figura 3. Armadilha para coleta de drosofilídeos, modelo Matavelli & Von Zuben (2012), utilizada nas plantações de figo durante a realização deste estudo.....46
- Figura 4. Diagrama de rosas para a frequência de *Zaprionus indianus*: flutuação temporal da população durante o período de amostragem. Ângulo médio mostra uma tendência de aumento da abundância para o mês de janeiro. Facetas indicam um pico populacional entre os meses de dezembro e janeiro.....47
- Figure 5. Diagrama de rosas para a frequência de *Zaprionus indianus*: flutuação espacial da população durante o período de amostragem. Ângulos médios mostram uma tendência de aumento da abundância. Facetas indicam um pico populacional da espécie..... 48
- Figura 6. Avaliação temporal entre abundância de *Zaprionus indianus* e dados climáticos para o período de amostragem. Abundância = barras pretas. A = Temperatura máxima: linha cinza escuro, Temperatura mínima: linha cinza clara; B = Umidade relativa máxima: linha cinza escuro, Umidade relativa mínima: linha cinza clara; C = Precipitação: linha cinza..... 49

CAPÍTULO II.

Análise faunística dos drosofilídeos residentes nas culturas de figo-roxo *Ficus carica* L. (Moraceae), na região de Valinhos (SP).

- Figura 1. Plantações de figo, da região de Valinhos (SP), selecionadas para a execução deste estudo..... 64
- Figura 2. Flutuação temporal da abundância dos drosofilídeos coletados nas plantações de figo (Valinhos – SP). Linha vermelha: abundância total de drosofilídeos..... 65
- Figura 3. Dados climáticos registrados para a época das coletas nos figais (triângulos cheios: temperatura máxima média, triângulos vazios: temperatura mínima média; círculos cheios: umidade relativa máxima média, círculos vazios: umidade relativa mínima média)..... 66

CAPÍTULO III.

Post-Embryonic Development in *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae).

- Figure 1. Cephalic capsule width (mm) of *Zaprionus indianus* larvae obtained with the Dyar protocol rule and distributed in size classes following Sturges' rule (1926). Note the presence of three larval instars (arrows)..... 84
- Figure 2. Cephalic capsule width as a function of the larval instars of *Zaprionus indianus*. The growth of the cephalic capsule is a geometric progression..... 85
- Figure 3. Number of *Zaprionus indianus* pupae formed every 24 h of the experiment and the sex of the emerged individuals. Black line: female emergence. Grey line: male emergence..... 86
- Figure 4. (A) General view of a *Zaprionus indianus* egg showing the well-developed respiratory filaments. (B) Detail a *Z. indianus* egg: chorionic cells (cc) in hexagonal and pentagonal shapes with borders lightly projected; (C) presence of 4 respiratory filaments (rf1-4) on the anterior region next to the micropyle (m); (D) filaments with aeropyles along their lengths (arrow); (E) central orifice that is present in the micropyle (arrow); (F) overall appearance (lateral view) of a first instar larvae (segments I-XII); (G) triangular intersegmental spines of varied size (sp); (H) cephalic region composed of a pair of antennae (a1) and a complex maxillary palp (mp); (I) presence of spines next to the mouth (sp), mouth hooks (mh) and sensilla surrounding the head (s); and (J) posterior spiracle (ps) and tuberculum formation, with spines (sp) in the extremities..... 87
- Figure 5. (A) Lateral view of a *Zaprionus indianus* second instar larva: head (h); segments I-XII indicating the absence of new segments from the first to second instar with developed posterior spiracles (ps); (B) antennae development (a1); (C) anterior spiracle formation (as); (D) developed posterior spiracles (ps) formed by an orifice surrounded by grooves (ss) and spiracular hair (sh); and (E) posterior region of the body with the presence of posterior spiracles (ps) and the development of tuberculum (t)..... 88
- Figure 6. *Zaprionus indianus* third instar larva: (A) intersegmental spines of shorter length and distinct size and direction; cephalic region with fully developed (B) mouth hooks (mh) and (C) maxillary palp (mp), and (D) a head (h) and anterior spiracles (as); (E) detail of the anterior spiracle interior; (F) presence of tubercles distributed in sets of three in the posterior region (t1-3) covered with spines; (G) detail of the spines on a tubercle; and (H) posterior spiracle (ps) with an orifice surrounded by six slits (ss) and three papillae (p1-3)..... 89
- Figure 7. *Zaprionus indianus* pupa: (A) the anterior region (ar) is wider than the posterior region (pr); (B) the respiratory filaments consist of 9 spiracular ramifications each (f1-9); (C) detail of the rounded ends of the filaments (f); (D) the posterior spiracles are located at the narrower end of the pupa (arrow); (E) the presence of spines on the tegument, with a triangular shape consisting of a wide base and narrow end; and (F) detail of the spines (sp) that are present on the tegument..... 90

CAPÍTULO IV.

Avaliação de componentes da história de vida e preferência de locais para oviposição de *Zaprionus indianus* Gupta 1970 e *Drosophila simulans* Sturtevant 1919, via geometria nutricional.

- Figura 1. Quadro nutricional com diferentes quantidades de Proteína:Carboidrato preparado para a realização dos testes com *Zaprionus indianus* e *Drosophila simulans*. Proporções de 1:1; 1:2; 1:4; 1:8 e 1:16..... 113
- Figura 2. Placas de oviposição: drosofilídeos deixados “overnight” para postura dos ovos..... 114
- Figura 3. Arenas com três diferentes dietas, com proporções de P:C de 1:1; 1:4 e 1:16 para a escolha das fêmeas de *Zaprionus indianus* e de *Drosophila simulans* quanto aos locais para oviposição..... 115
- Figura 4. Arena para a escolha das fêmeas de *Zaprionus indianus* e de *Drosophila simulans* quanto à oviposição..... 116
- Figura 5. Avaliação das escolhas das fêmeas de *Zaprionus indianus* e *Drosophila simulans* quanto aos locais para oviposição: contagem dos ovos..... 117
- Figura 6. Geometria nutricional para (A) *Zaprionus indianus* e (B) *Drosophila simulans*. Polígonos e linhas representam o ponto de ingestão de nutrientes que maximizam o desempenho do animal em relação à sobrevivência e o tempo de desenvolvimento. (C) Linhas roxas: *Z. indianus*. Linhas verdes: *D. simulans*..... 118
- Figura 7. Geometria nutricional para (A) *Zaprionus indianus* e (B) *Drosophila simulans*. Polígonos e linhas representam o ponto de ingestão de nutrientes que maximizam o desempenho do animal em relação ao tamanho do adulto e a performance larval. (C) Linhas roxas: *Z. indianus*. Linhas verdes: *D. simulans*..... 119
- Figura 8. Preferência das fêmeas de *Zaprionus indianus* (A) e *Drosophila simulans* (B) quanto a diferentes locais para oviposição. (A e B) Espécies analisadas separadamente. Linha pontilhada separa os substratos que diferem significativamente entre as escolhas. (C) Análise das espécies em competição. (**Diferença significativa)..... 120

APÊNDICE.

New versions of trap and bait for the collection of the fig-fly *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera: Drosophilidae).

- Figure 1. New version of the trap for the capture of the fig-fly *Zaprionus indianus* proposed by Matavelli and Von Zuben (2012): measurements and illustrations..... 133

INTRODUÇÃO GERAL

Estudos envolvendo a Família Drosophilidae começaram a ser desenvolvidos no Brasil em 1910, com a formação das primeiras coleções, e foram intensificados a partir de 1940 (CHAVES & TIDON, 2008), com a descrição de algumas espécies, bem como com a realização de inventários em diferentes regiões do país (PAVAN & CUNHA, 1947). Por serem numerosos, fáceis de coletar e possuem um ciclo de vida curto (POWELL, 1997) os drosofilídeos, particularmente os pertencentes ao gênero *Drosophila*, passaram a ser extensamente usados em estudos de genética e, posteriormente, em outras áreas como ecologia (POWELL 1997; TIDON 2006; CHAVES & TIDON, 2008). Estima-se que existam aproximadamente 304 espécies de drosofilídeos no Brasil, distribuídos em 18 gêneros, entre os quais predominam *Drosophila* e *Zygothrica*, sendo desse montante 13 espécies exóticas, dentre elas *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (GOTTSCHALK et al., 2008).

O gênero *Zaprionus* Coquillett, 1901, composto por dois sub-gêneros e 56 espécies (KATO et al., 2004) é caracterizado pela habilidade de colonizar novos territórios e, para *Z. indianus*, essa capacidade é favorecida pelo comércio global de frutas (VILELA et al., 1999; DE TONI et al., 2001). Essa espécie se caracteriza por medir de 2,5 a 3,0 mm, possuir coloração marrom-avermelhada e, diferentemente das outras espécies de Drosophilidae sul americanas, apresenta faixas longitudinais branco-prateadas com margens pretas na região dorsal da cabeça e do tórax (VILELA, 1999; DE TONI et al., 2001).

Essa espécie invasora é originária da região Afrotropical, porém se expandiu rapidamente habitando as regiões Paleártica, Oriental, Australiana e, de modo recente, as Américas (TIDON et al., 2003). No Brasil, sua introdução ocorreu de forma acidental, sendo coletada pela primeira vez em 1999, em frutos de caqui, no município de Santa Isabel/SP (VILELA, 1999). O fato desta espécie ser polífaga, com registros em mais de 74 espécies hospedeiras pertencentes a 31 Famílias (VILELA et al., 1999), de infestar frutos ainda em fase de maturação e de exibir adaptações que permitem viver em condições climáticas adversas (TIDON et al., 2003; FERREIRA & TIDON, 2005), contribuiu para a sua rápida expansão no país, estando atualmente presente em todas as suas regiões (KATO et al., 2004).

Biologia populacional de *Zaprionus indianus*

Estudos envolvendo a dinâmica populacional de drosofilídeos já vêm sendo realizados por várias décadas. No entanto, foi a partir dos estudos de PEARL & PARKER

(1922), sobre a influência da densidade populacional na taxa reprodutiva de *Drosophila melanogaster* e, de PEARL (1925), sobre o crescimento da população de adultos de *Drosophila* em um universo limitado, que essa linha de pesquisa aumentou drasticamente suas investigações (CHIANG & HODSON, 1950). O estudo de populações se refere à descrição do equilíbrio, das interações e da dinâmica a que estão submetidos os indivíduos de uma espécie (CHIANG & HODSON, 1950). Além de se conhecer com maior clareza a biologia e as habilidades de seus indivíduos nos seus diferentes estágios de desenvolvimento, estudos populacionais se tornam ainda mais importantes quando são integrados à biologia da invasão, uma vez que eles permitem compreender como as espécies invasoras se comportam diante de novos fatores bióticos e abióticos a que estão submetidas, bem como verificar como as espécies endêmicas reagem à invasão (SILVA et al., 2005a).

As informações disponíveis sobre a biologia de *Z. indianus* são insuficientes e dispersas, com os mais variados enfoques: (1) estudos sobre suas características morfológicas, os quais auxiliam a descrever a espécie e a compreender a variabilidade existente entre seus indivíduos, (2) sobre invasões biológicas, que permitem analisar sua capacidade de dispersão e (3) genéticos (TIDON et al., 2003; DAVID et al., 2006; CHAVES & TIDON, 2008; YASSIN et al., 2008). Quanto à biologia populacional poucos foram os trabalhos realizados. Alguns, realizados em campo, indicam que *Z. indianus* apresenta uma maior frequência nos sítios de alimentação e oviposição que os demais drosofilídeos (SILVA et al., 2005b), mostrando sua capacidade de estabelecimento em novas áreas e de competir com as demais espécies existentes. Outros, laboratoriais, têm revelado algumas características do seu ciclo de vida (SETTA & CARARETO, 2005), bem como a influência da temperatura sobre o mesmo (AMOUND et al., 1991). Dentre as informações conhecidas sobre a espécie estão: tempo de desenvolvimento da fase de ovo de 1,0 a 1,5 dias, tempo de desenvolvimento larval de 8 a 13 dias, tempo de desenvolvimento pupal de 4 a 9 dias, longevidade dos adultos acasalados de 21 a 91 dias, número médio de adultos provenientes de casais de 69,08 e razão sexual de 0,56 (STEIN et al., 2003). No entanto, a descrição morfológica destes estágios imaturos, bem como a caracterização do número de instares desta espécie eram desconhecidos até recentemente.

Para que fosse possível avaliar estas características, foram utilizados vários métodos, dentre elas: (a) microscopia eletrônica de varredura, a qual tem sido amplamente utilizada por apresentar uma alta resolução e profundidade de campo, dados estes fundamentais em trabalhos que necessitam de uma alta riqueza de detalhes

(MENDONÇA et al., 2010); (b) determinação do número de instares por medições da cápsula cefálica, a qual tem sido aplicada a diversas Ordens como Lepidoptera, Hymenoptera e Coleoptera (PARRA & HADDAD, 1989), bem como em Diptera com resultados satisfatórios (PETITT, 1990; ALVAN-AGUILAR & HAMADA, 2003); e (c) descrição do processo de pupação, já tendo sido empregados a outros drosofilídeos como *Drosophila melanogaster* e *Drosophila pseudoobscura* (HARKER, 1965; SKOPIK & PITTENDRIGH, 1967).

Contudo, um fator que tem se mostrado importante e capaz de interferir na biologia populacional dos drosofilídeos é a competição, tanto intra como interespecífica. A competição pode ser definida como uma interação, decorrente da exploração de recursos, entre indivíduos de mesma ou de diferentes espécies, que apresenta como resultado uma redução na fecundidade, no crescimento ou na sobrevivência de um dos competidores (BEGON et al., 2006). Para *Z. indianus*, análises laboratoriais têm verificado a ação da competição intra e interespecífica na espécie (GALEGO & CARARETO, 2005). Análises de campo têm revelado que *Z. indianus*, juntamente com *Drosophila simulans*, são as espécies mais abundantes de Drosophilidae em plantações de frutíferas no estado de São Paulo, bem como em áreas do Cerrado (PIRES & BÉLO, 2005; CHAVES & TIDON, 2008), além de *Z. indianus* causar uma redução da viabilidade e do tempo de desenvolvimento de *D. simulans* e de outras competidoras (GALEGO & CARARETO, 2005).

Diante dessas informações, eram claras as necessidades de se aprimorar o conhecimento sobre alguns aspectos biológicos e sobre a dinâmica populacional de *Z. indianus*, já que a espécie invade e permanece em locais com condições tão adversas quanto as apresentadas aqui. Adicionalmente, compreender como ocorre a interação entre as espécies que competem pelos mesmos recursos que *Z. indianus* poderia favorecer, além de um conhecimento sobre seus aspectos ecológicos, um embasamento para futuras iniciativas de controle.

***Zaprionus indianus* como foco de estudo**

Desde o seu primeiro registro no Brasil, *Z. indianus* se mostrou como um potencial inseto-praga para a fruticultura brasileira, sendo que essa estimativa veio a ser confirmada em 2004 (KATO et al., 2004) após a perda de 40% na produção de figo *Ficus carica* L. (Moraceae), da variedade roxo-de-valinhos “in natura” e uma redução de 80% nas suas exportações em 1999 (STEIN et al., 2003). A inutilização dos figos por esta

espécie tem ocorrido diante da oviposição das fêmeas nos ostíolos dos sicônios e ao redor deles, ainda no início do seu amadurecimento (STEIN et al., 2003).

Apesar de ser conhecida popularmente como a “mosca-do-figo”, a utilização dessa cultura por seus indivíduos é facultativa e sua ocorrência já foi registrada, além do caqui e figo, em outras culturas como de mamão (CULIK et al., 2005) e carambola (KATO et al., 2004; BÉLO et al., 2009). Outros estudos indicam ainda a possibilidade de várias outras frutas serem usadas por seus adultos como sítios de alimentação e oviposição, dentre elas, acerola, banana, caju, citros, goiaba, jabuticaba, manga, pêsego e tomate (SOUZA FILHO et al., 2000).

No entanto, a área de atuação de *Z. indianus* não se limita somente à plantações de frutas, uma vez que já foram encontrados indivíduos em áreas dos Pampas (POPPE et al., 2012), Mata Atlântica (DE TONI et al., 2001), Mangues (SCHMITZ et al., 2007), Cerrado (LEÃO & TIDON, 2004), Caatinga (ROHDE et al., 2010), Floresta Amazônica (AMADOR et al., 2011), e em centros urbanos (FERREIRA & TIDON, 2005). Este fato é preocupante, pois além dessa espécie estar se tornando comum nessas regiões, ela interfere nas estratégias de sobrevivência das espécies nativas, alterando a riqueza e a abundância local (SILVA et al., 2005a), além de ameaçar a estabilidade das comunidades nativas de *Drosophila*. Um exemplo disso é a sua capacidade de explorar, com sucesso, frutos nativos usados por espécies endêmicas como *Solanum lycocarpum* no Cerrado central (LEÃO & TIDON, 2004) e *Syagrus romanzoffiana* na Mata Atlântica (DE TONI et al., 2001).

A escolha de *Z. indianus* como foco de estudo vem da sua potencialidade de invasão e da sua grande capacidade de estabelecimento em diferentes regiões (MATA et al., 2010), bem como da falta de informações básicas sobre sua biologia (STEIN et al., 2003; NAVA et al., 2007) e possíveis medidas de manejo (RAGA et al., 2003). O conhecimento da sua flutuação populacional, das épocas do ano em que aumenta sua ocorrência, são requisitos indispensáveis para que se consiga fazer um controle mais efetivo dessa espécie-praga, além de servir como base para futuros estudos que envolvam controle. Alguns trabalhos têm demonstrado como ocorre a flutuação populacional de *Z. indianus* para algumas regiões do Brasil. Dentre eles, encontram-se o de CASTRO & VALENTE (2001), que monitoraram a ocorrência desta espécie na cidade de Porto Alegre (RS). No entanto, estudos envolvendo a flutuação populacional dessa espécie invasora nos figais eram ainda ausentes.

Estudos populacionais geralmente ocorrem no campo, mas devido à complexidade da integração de uma população com o ambiente, alguns aspectos acabam sendo

analisados em laboratório, onde se consegue controlar com maior precisão as condições ambientais (CHIANG & HODSON, 1950). Com isso, observou-se a necessidade de se avaliar *Z. indianus* nessas duas condições. Em campo, além da sua flutuação populacional, uma análise faunística dos drosofilídeos residentes nas plantações de figo foi realizada. Em laboratório, técnicas como a Geometria Nutricional puderam ser aplicadas para se compreender parâmetros como: sobrevivência, tempo de desenvolvimento, tamanho corporal do adulto, condições nutricionais ótimas para desempenho larval e escolha da fêmea quanto ao local para oviposição. Uma vez submetidos a uma matriz nutricional com diferentes proporções de proteínas e carboidratos, bem como a diferentes concentrações de calorias (CHENG et al., 2008), estes drosofilídeos demonstraram serem capazes de alterar estes parâmetros citados anteriormente, a fim de se buscar um equilíbrio do seu metabolismo.

Por fim, tendo-se trabalhado em várias frentes, sejam via estudos de campo ou de laboratório, este estudo buscou de forma complementar abranger questões ecológicas e biológicas envolvendo *Z. indianus* e a cultura de figo. Ademais, os resultados aqui obtidos foram capazes de preencher uma lacuna existente quanto a informações básicas envolvendo esta espécie, bem como de fornecer dados que possibilitarão o desenvolvimento de estudos promissores quanto ao manejo deste drosofilídeo-praga. Desta forma, o presente trabalho será aqui apresentado em quatro capítulos, sendo eles:

1. Avaliação da flutuação populacional de *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera: Drosophilidae) em plantações de *Ficus carica* L. (Urticales: Moraceae), variedade roxo-de-Valinhos.
2. Análise faunística dos drosofilídeos residentes nas culturas de figo-roxo *Ficus carica* L. (Moraceae), na região de Valinhos (SP).
3. Post-Embryonic Development in *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae).
4. Avaliação de componentes da história de vida e preferência de locais para oviposição de *Zaprionus indianus* Gupta 1970 e *Drosophila simulans* Sturtevant 1919, via geometria nutricional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAN-AGUILAR, M. A. & N. HAMADA. 2003. Larval biometry of *Simulium rubrithorax* (Diptera: Simuliidae) and size comparison between populations in the states of Minas Gerais and Roraima, Brazil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 98: 507-511.

- AMADOR, R.B.; MARTINS, M.B. & FURTADO, I.S.** 2011. Is *Zaprionus indianus* invading a preserved Amazon forest? *Dros. Inf. Serv.* 94: 73.
- AMOUND, M.A.; DIAB, F.M. & ABOU-FANNAH, S.S.M.** 1991. *Zaprionus indiana* (Diptera: Drosophilidae) in Saudi Arabia and effect of temperature on life cycle. *J. King. Saud. Univ.* 3: 111-121.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L.** 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. 4th ed. Oxford, Blackwell Publishing.
- BÉLO, M.; BARBOSA, J.C.; PEREIRA, P.S.; BERTONI, B.W.; ZINGARETTI, S.M. & BELEBONI, R.O.** 2009. Avaliação do efeito bioinseticida dos extratos de *Tabernaemontana catharinensis* A.DC. (Apocynaceae) e *Zeyheria montana* Mart. (Bignoniaceae) sobre a mosca *Zaprionus indianus* (Díptera: Drosophilidae) (Gupta, 1970). *Rev. Bras. Bioc.* 7: 235-239.
- CASTRO, F.L. & VALENTE, V.L.S.** 2001. *Zaprionus indianus* invading communities in the southern Brazilian city of Porto Alegre. *Dros. Inf. Serv.* 84: 15-17.
- CHAVES, N.B. & TIDON, R.** 2008. Biogeographical aspects of drosophilids (Diptera, Drosophilidae) of the Brazilian savanna. *Rev. Bras. Entomol.* 52: 340-348.
- CHENG, K.; SIMPSON, S.J. & RAUBENHEIMER, D.** 2008. A Geometry of Regulatory Scaling. *Am. Nat.* 172: 681-693.
- CHIANG, H.C. & HODSON, A.C.** 1950. An Analytical Study of Population Growth in *Drosophila melanogaster*. *Ecol. Monogr.* 20: 173-206.
- CULIK, M.P.; MARTINS, D.S. & VENTURA, J.A.** 2005. Uma nova praga potencial para o mamão e outros registros de pragas no Espírito Santo. *Papaya Brasil.* 518-521.

- DAVID, J.R.; ARARIPE, L.O.; BITNER-MATHÉ, B.C.; CAPY, P.; GOÑI, B.; KLACZKO, L.B.; LEGOUT, H.; MARTINS, M.B.; VOUIDIBIO, J.; YASSIN, A. & MORETEAU, B.** 2006. Sexual dimorphism of body size and sternopleural bristle number: a comparison of geographic populations of an invasive cosmopolitan drosophilid. *Genética*. 128: 109-122
- DE TONI, D.C.; HOFMANN, P.R.P. & VALENTE, V.L.S.** 2001. First record of *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in the State of Santa Catarina, Brazil. *Biotemas*. 14: 71-85.
- FERREIRA, L.B. & TIDON, R.** 2005. Colonizing potential of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in environments with different grades of urbanization. *Biol. Conserv.* 14: 1809-1821.
- GALEGO, L.G.C & CARARETO, C.M.A.** 2005. Intraspecific and interspecific pre-adult competition on the Neotropical region colonizer *Zaprionus Indianus* (Diptera: Drosophilidae) under laboratory conditions. *Bragantia*. 64: 249-255.
- GOTTSCHALK, M.S.; HOFMANN, P.R.P. & VALENTE, V.L.S.** 2008. Diptera, Drosophilidae: historical occurrence in Brazil. *Check List* 4: 485-518.
- HARKER, J. E. 1965.** The effect of a biological clock on the developmental rate of *Drosophila* pupae. *J. Exp. Biol.* 43: 323-337.
- KATO, C.M.; FOUREAUX, L.V.; CÉSAR, R.A. & TORRES, M.P.** 2004. Ocorrência de *Zaprionus indianus*, Gupta, 1970, (Díptera: Drosophilidae) no Estado de Minas Gerais. *Ciênc. Agrotéc.* 28: 454-455.
- LEÃO, B.F.D. & TIDON, R.** 2004. Newly invading species exploiting native host-plants: the case of the African *Zaprionus indianus* (Gupta) in the Brazilian Cerrado (Diptera, Drosophilidae). *Ann. Soc. entomol. Fr.* 40: 285-290.
- MATA, R.A.; TIDON, R.; CORTES, L.G.; DE MARCO, P. & DINIZ FILHO, J.A.F.** 2010. Invasive and flexible: niche shift in the drosophilid *Zaprionus indianus* (Insecta, Diptera). *Biol. Invas.* v. online: 1-19.

- MENDONÇA, P. M., J. R. DOS SANTOS-MALLET, & QUEIROZ, M.M. 2010.** Ultramorphological characteristics of immature stages of *Chrysomya albiceps* (Wiedemann 1819) (Diptera: Calliphoridae), a fly specie of forensic importance. *Microsc. Res. Tech.* 73: 779-784.
- NAVA, D.E.; NASCIMENTO, A.M.; STEIN, C.P.; HADDAD, M.L.; BENTO, J.M.S. & PARRA, J.R.P. 2007.** Biology, thermal requirements, and estimation of the number of generations of *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) for the main producing regions of Brazil. *The Flor. Entomol.* 90: 495-501.
- PARRA, R.P.P., & HADDAD, M.L. 1989.** Determinação do número de ínstaes de insetos. FEALQ, Piracicaba, Brazil.
- PAVAN, C. & CUNHA, A.B. 1947.** Espécies brasileiras de *Drosophila*. *Bol. Fac. Filos. Ciênc. Letras USP.* 86: 3-46.
- PEARL, R. 1925.** *Biology of population growth*, N. Y. 1-260.
- PEARL, R. & PARKER, S.L. 1922.** Experimental studies on the duration of life. IV. Data on the influence of density of population on duration of life in *Drosophila*. *Am. Nat.*, 56: 312-321.
- PETITT, F. L. 1990.** Distinguishing larval Instars of the Vegetable Leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). *Fla. Entomol.* 73: 280-286.
- PIRES, D.J. & BÉLO, M. 2005.** Flies collected in orchards. *Dros. Inf. Serv.* 88: 69-72.
- POPPE, J.L.; VALENTE, V.L.S. & SCHMITZ, H.J. 2012.** Structure of Drosophilidae Assemblage (Insecta, Diptera) in Pampa Biome (São Luiz Gonzaga, RS). *Papéis Avulsos de Zoologia*, 52: 185-195.
- POWELL, J.R. 1997.** *Progress and Prospects in Evolutionary Biology: the Drosophila Model*. Oxford University Press, New York.

- RAGA, A.; SOUZA FILHO, M.F. & SATO, M.E.** 2003. Eficiência de protetores de ostíolo do figo sobre a infestação da mosca *Zaprionus indianus* (Gupta) (Diptera: Drosophilidae) no campo. Arq. Inst. Biol. 70: 287-289.
- ROHDE, C.; SILVA, D.M.I.O.; JUCÁ, J.C.L.A; MONTES, M.A. & GARCIA, A.C.L.** 2010. Espécies invasoras da Família Drosophilidae (Diptera, Insecta) em ambientes da caatinga de Pernambuco. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, 7:227-240.
- SCHMITZ, H.J.; VALENTE, V.L.S. & HOFMANN, P.R.P.** 2007. Taxonomic Survey of Drosophilidae (Diptera) from Mangrove Forests of Santa Catarina Island, Southern Brazil. Neotrop. Entomol. 36: 53-64.
- SETTA, N. & CARARETO, C.M.A.** 2005. Fitness components of a recently-established population of *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in Brazil. Iheringia, Sér. Zool. 95: 47-51.
- SILVA, N.M.; FANTINEL, C.C.; VALENTE, V.L.S. & VALIATI, V.H.** 2005a. Ecology of colonizing populations of the fig fly *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in Porto Alegre, Southern Brazil. Iheringia, Sér. Zool. 95: 233-240.
- SILVA, N.M.; FANTINEL, C.C.; VALENTE, V.L.S. & VALIATI, V.H.** 2005b. Population Dynamics of the Invasive Species *Zaprionus indianus* (Gupta) (Diptera: Drosophilidae) in Communities of Drosophilids of Porto Alegre City, Southern of Brazil. Neotrop. Entomol. 34: 363-374.
- SKOPIK, S.D., & PITTENDRIGH, C.S.** 1967. Circadian systems II. The oscillation in the individual *Drosophila* pupa; its independence of developmental stage. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 58: 1862-1869.
- SOUZA FILHO, M.F.; PRESTES, D.A.O.; SATO, M.E. & RAGA, A.** 2000. Host plants of *Zaprionus indianus* in the state of São Paulo, Brazil, p. 294 *In* International Congress of Entomology.

- STEIN, C.P.; TEIXEIRA, E.P. & NOVO, J.P.S.** 2003. Aspectos biológicos da mosca do figo, *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera: Drosophilidae). *Entomotropica*. 18: 219-221.
- TIDON, R.** 2006. Relationships between drosophilids (Diptera, Drosophilidae) and the environment in two contrasting tropical vegetations. *Biol. J. Linn. Soc.* 87: 233-247.
- TIDON, R.; LEITE, D.F. & LEÃO, B.F.D.** 2003. Impact of colonization of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the Neotropical Region: 2 years after the invasion. *Biol. Conserv.* 112: 299-305.
- VILELA, C.R.** 1999. Is *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Díptera, Drosophilidae) currently colonizing the Neotropical Region? *Dros. Inf. Serv.* 82: 37-39.
- VILELA, C.R.; TEIXEIRA, E.P. & STEIN, C.P.** 1999. Nova praga nos figos: *Zaprionus indianus* Gupta, 1970. *Info. Soc. Entomol. Bras.* 4: 1-5.
- YASSIN, A.; ARARIPE, L.O.; CAPY, P.; DA LAGE, J.-L.; KLACZKO, L.B.; MAISONHAUTE, C.; OGÉREAU, D. & DAVID, J.R.** 2008. Grafting the molecular phylogenetic tree with morphological branches to reconstruct the evolutionary history of the genus *Zaprionus* (Diptera: Drosophilidae). *Mol. Phylogenet. Evol.* 47: 903-915.

CAPÍTULO I.

Avaliação da flutuação populacional de *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera: Drosophilidae) em plantações de *Ficus carica* L. (Urticales: Moraceae), variedade roxo-de-Valinhos.

Cristiane Matavelli¹ & Claudio José Von Zuben²

¹Programa de Pós Graduação em Zoologia, Instituto de Biociências, Departamento de Zoologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), CEP 13506-900, Rio Claro, São Paulo, Brazil.

²Instituto de Biociências, Departamento de Zoologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), CEP 13506-900, Rio Claro, São Paulo, Brazil.

RESUMO

Conhecidos por sua diversidade quanto às escolhas para sítios de alimentação e oviposição, os drosofilídeos vêm desenvolvendo habilidades que lhes proporcionaram serem bons invasores, expandindo assim seus nichos ecológicos. Dentre eles, encontra-se a espécie *Zaprionus indianus*. Diagnosticada no Brasil no fim dos anos 90, esta espécie está presente hoje em todas as regiões do país, sendo mais abundante em plantações de figo-roxo, local onde melhor se adaptou e tornou-se um inseto-praga de grande importância. No entanto, estudos envolvendo a flutuação populacional desta espécie nos figais ainda são ausentes, gerando lacunas no entendimento sobre as melhores estratégias para seu controle. Diante disso, este estudo teve como objetivo analisar a flutuação populacional de *Z. indianus*, pelo período de um ano, em diferentes plantações de figo-roxo (UAs) na região de Valinhos (SP). Um total de 77.106 indivíduos foram coletados, estando estes presentes em todos os meses do ano. Entre as UAs, a maior abundância coletada foi de 19.623 indivíduos e a menor de 2.775, sendo essa diferenciação um reflexo dos manejos nelas realizados, bem como da paisagem no entorno de cada plantação, dentre outros fatores. Quanto aos picos populacionais, um foi observado durante o verão, mês em que se registraram umidades e temperaturas mais elevadas, bem como uma maior precipitação atmosférica. Em relação à produção do figo, mesmo antes da sua fase de amadurecimento dos frutos, esta espécie já se fazia presente, infestando os sicônios ainda pequenos e verdes. Pode-se constatar que a abundância de *Z. indianus* foi maior para o período de maior produção de sicônios, declinando após a poda dos figais. Acredita-se que os resultados aqui observados permitem uma melhor compreensão de como essa espécie se comporta temporalmente nos figais, bem como podem vir a auxiliar novos estudos que busquem medidas de combate a essa espécie praga.

Palavras-chave: figo-roxo-de-Valinhos; monitoramento populacional; mosca-do-figo.

1. INTRODUÇÃO

A Família Drosophilidae é conhecida pela grande diversidade nas suas escolhas quanto aos sítios de alimentação e oviposição, sendo essa diversidade um reflexo das espécies biologicamente bem-sucedidas, as quais foram se adaptando a nichos artificiais (como os formados a partir das atividades humanas) ou desenvolvendo habilidades que

lhes proporcionaram serem boas invasoras (BURUGA & OLEMBO, 1971). Essas habilidades, obtidas ao longo da evolução, contribuíram para que algumas espécies conseguissem expandir seus nichos ecológicos (BURUGA & OLEMBO, 1971). Um exemplo da aquisição e de invasão bem sucedida é dada pelo gênero *Zaprionus*. Estudos de aproximadamente 40 anos atrás indicavam *Zaprionus* como sendo um gênero endêmico e restrito ao continente Africano; no entanto, com o passar do tempo, esse gênero foi desenvolvendo capacidades invasoras notáveis, as quais lhes permitiram se alimentar e reproduzir em uma grande variedade de sítios, sendo considerado atualmente tão cosmopolita quanto diversas espécies de *Drosophila* (BURUGA & OLEMBO, 1971; TIDON et al., 2003).

No Brasil, a presença do gênero *Zaprionus* foi diagnosticada ao final dos anos 1990, com a ocorrência da espécie *Zaprionus indianus* em frutos de caqui, no município de Santa Isabel/SP (VILELA, 1999). Segundo TIDON et al. (2003), *Z. indianus* é uma das espécies mais bem sucedidas do gênero em relação a novas colonizações, devido ao seu grande nicho de atuação, que abrange uma grande variedade de recursos alimentares e uma capacidade de adaptação a condições climáticas diversas. Esta espécie invasora, a qual tem sua dispersão favorecida pelo comércio global de frutas (VILELA et al., 1999; DE TONI et al., 2001), é originária da região Afrotropical; no entanto tem se expandido para as regiões Paleártica, Oriental, Australiana e Neotropical (TIDON et al., 2003). Por ser polífaga (VILELA et al., 1999) *Z. indianus* conseguiu se expandir por todo o Brasil (KATO et al., 2004). Contudo, foram nas plantações de figo-roxo *Ficus carica* L. (Moraceae) que esta espécie melhor se adaptou.

Com isso, *Z. indianus* foi considerada como um potencial inseto-praga para a ficicultura brasileira, por ter causado severos prejuízos a sua produção (STEIN et al., 2003). Este potencial foi confirmado por KATO et al. (2004), contrariando sua condição em relação a sua região de origem (TIDON et al., 2003). A inutilização dos figos por esta espécie tem ocorrido diante da oviposição das fêmeas nos ostíolos dos sicônios e ao redor deles, ainda no início do seu amadurecimento (STEIN et al., 2003). O mesmo fato já havia sido relatado para o gênero *Lissocephala*, considerado como o mais primitivo dentro de Drosophilidae (THROCKMORTON, 1975 *apud* LACHAISE, 1977), em *Ficus* (LACHAISE, 1977). Essa relação entre drosofilídeos e figueiras tem sido pesquisada há várias décadas e estudos mostram que seus sicônios atuam como importantes microhabitats para esses animais, os quais podem se apresentar como figo-dependentes obrigatórios ou facultativos (LACHAISE, 1977; LACHAISE et al., 1982). Segundo LACHAISE et al. (1982), não há evidências de que existam espécies figo-obrigatórias fora

da África, sendo os gêneros *Zaprionus* e *Drosophila* exemplos de figo-facultativos no Brasil.

Apesar de ser considerada praga nas plantações de figo brasileiras, a presença de *Z. indianus* em outras culturas e, até mesmo em diferentes ecossistemas (TIDON et al., 2003), é algo preocupante, já que esta espécie ameaça a estabilidade das comunidades brasileiras de *Drosophila*, ricas em número de espécies e com interações delicadas entre seus membros (CASTRO & VALENTE, 2001). Em decorrência disso, alguns estudos de monitoramento envolvendo *Z. indianus* têm sido feitos no Brasil e sua dinâmica populacional tem sido avaliada. CASTRO & VALENTE (2001) monitoraram a ocorrência desta espécie na cidade de Porto Alegre (RS), onde *Z. indianus* teve representantes coletados durante o outono (março, abril, maio/2000) e o verão (dezembro/2000, janeiro, fevereiro/2001), mas foi ausente durante o inverno (junho, julho, agosto/2000) e a primavera (setembro, outubro, novembro/2000). Outros trabalhos chamam a atenção para uma correlação positiva entre uma maior abundância dessa espécie e algumas condições climáticas específicas, como meses mais úmidos (TIDON et al., 2003) e quentes do ano (SILVA et al., 2005a).

No entanto, estudos envolvendo a flutuação populacional dessa espécie invasora nos figais ainda são ausentes, gerando lacunas no entendimento das estratégias adaptativas utilizadas por este drosofilídeo para novas colonizações, bem como nas possibilidades de medidas de controle a serem utilizadas, uma vez que se desconhecem maiores detalhes do efeito dessas medidas em suas populações (SILVA et al., 2005b). Diante disso, este estudo teve como objetivo analisar a flutuação populacional de *Z. indianus*, pelo período de um ano, em diferentes plantações de figo-roxo na região de Valinhos (SP). Acredita-se que os resultados aqui observados podem permitir uma maior compreensão de como essa espécie se comporta temporalmente nos figais, bem como auxiliar em estudos que busquem medidas de combate a essa praga.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido em sete plantações de figo localizadas na região de Valinhos (SP). Segundo a classificação de Koeppen, o clima dessa região é caracterizado como subtropical úmido (CEPAGRI; SANTIN, 1999), com temperatura máxima média anual e temperatura mínima média anual de 28,0 °C e 16,8 °C respectivamente, pluviosidade média de 1.424,5 mm e umidade relativa do ar média de 47% (ESTAÇÃO

METEOROLÓGICA FEAGRI/UNICAMP). A vegetação dessa região é composta por (1) floresta estacional semidecidual, (2) vegetação rupestre dos lajedos rochosos, (3) matas brejosas e (4) cerrados (SANTIN, 1999). No entanto, esses tipos de vegetação se encontram em processo de extinção, sendo transformados em plantações de monoculturas, entre elas o figo-roxo.

Cada uma das sete plantações selecionadas foi considerada como uma Unidade Amostral (UA) (Figura 1), as quais são localizadas dentro de um circuito de aproximadamente 60 Km, sendo que uma se encontra na cidade de Campinas (UA A) e as demais no município de Valinhos-SP (UAs B, C, D, E, F e G) (Figura 2). Informações sobre cada UA, os tratamentos desenvolvidos por cada produtor e as aplicações realizadas nos figais foram registradas durante todo o período de estudo (Tabela 1).

2.2. Coletas de campo

Coletas mensais foram realizadas de setembro de 2010 a agosto de 2011. Os drosofilídeos residentes nessas UAs foram capturados com o auxílio de armadilhas (modelo MATAVELLI & VON ZUBEN, 2012) (Figura 3). Nelas, os indivíduos eram atraídos pelo odor liberado por uma isca e, por contraste de luz, ficavam presos em câmaras de retenção. Em cada UA, foi instalado um transecto linear de 80 m de extensão, composto por cinco armadilhas distantes em 20 m uma das outras, das quais a primeira era instalada na borda e a quinta no interior da plantação. Em cada armadilha, utilizou-se 150 ml de isca e todas elas foram instaladas de forma a ficarem de 50 a 70 cm do solo. As armadilhas ficaram expostas no campo por 72 horas e os indivíduos coletados foram transportados para o Laboratório de Entomologia I – UNESP/Rio Claro, triados e a abundância de *Z. indianus* registrada. Variações ambientais como temperatura ambiental (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluviométrica (mm) também foram registradas, através da Estação Meteorológica Feagri/Unicamp durante todo o período de estudo. Uma avaliação mensal sobre o desenvolvimento dos pés e dos sicônios foi feita através da caracterização morfológica e de registros fotográficos, a fim de se comparar com os dados de abundância de *Z. indianus*

2.3. Preparação da isca

A isca utilizada nas coletas foi desenvolvida na proporção de 2:1 de banana nanica madura e água, acrescida de fermento biológico *Saccharomyces cerevisiae* em 1% em relação à quantidade de banana utilizada. Essa mistura era batida em liquidificador e

transferida para garrafas PET, onde fermentavam por 36 h antes de sua utilização no campo.

2.4. Análises estatísticas

Comparações de abundância entre UAs foram feitas através de análise de variância de dois critérios (considerando UAs como tratamentos e meses como blocos). Quando diferenças significativas foram encontradas, o Teste t foi usado como teste post-hoc. Análise de distribuição circular via Teste de Rayleigh (z) foi utilizada para verificar a flutuação da população ao longo dos meses. Uma vez detectada sazonalidade, o teste de Watson-Williams (F) foi aplicado para avaliar se havia diferenças significativas entre as UAs. A influência das variáveis ambientais sobre a abundância de *Z. indianus* foi testada através do teste de correlação de Spearman. Para visualização dos picos populacionais, diagramas de rosas foram desenvolvidos. Contudo, para sua realização, a abundância absoluta de *Z. indianus* coletada foi transformada em dados angulares, seguindo ZAR (1999).

3. RESULTADOS

Um total de 77.106 indivíduos de *Z. indianus* foram coletados durante o estudo (Tabela 1). Estes estiveram presentes em todos os meses do ano, sendo os meses mais e menos abundantes, janeiro/11 ($N = 29.895$) e setembro/10 ($N = 8$), respectivamente. Diferenças foram observadas em relação às UAs, sendo a maior abundância observada na UA B ($N = 19.623$) e a menor na UA A ($N = 2.775$). Acredita-se que essa diferenciação se dê em função dos manejos realizados em cada uma delas, bem como em função da paisagem no entorno de cada plantação.

Com o intuito de verificar a legitimidade das UAs como réplicas e, indiretamente, a flutuação populacional observada para a espécie, comparações de abundância foram feitas. Nelas, pode-se verificar que as UAs diferem significativamente entre si (ANOVA: dois critérios; F (tratamentos) = 5.1504, p (tratamentos) = 0.0004; F (blocos) = 73.1248, p (blocos) < 0.0001). Comparações post-hoc indicaram diferenças mais acentuadas entre as UAs “A e B” (Teste t (LSD); $t = 4.991$; $p < 0.001$), “A e D” (Teste t (LSD); $t = 4.991$; $p < 0.001$) e “A e G” (Teste t (LSD); $t = 3.798$; $p < 0.001$). Comparando-se especialmente estas UAs “em pares”, pode-se verificar que a abundância coletada em cada uma delas foi de: A = 2.775; B = 19.623; D = 11.656 e G = 12.271. Dentre elas, é possível verificar a formação de dois grupos (ver Tabela 1): aquelas que mantiveram sobre o solo sua vegetação natural rasteira (A e D) vs. aquelas que adicionaram bagaço de cana moído (B

e G). Somando-se a abundância coletada em cada grupo, pode-se verificar que aquele com vegetação rasteira apresentou um número de indivíduos ($N = 14.431$) inferior ao que utilizou cana ($N = 31.894$). Além da cobertura vegetal, estes dois grupos apresentam UAs que sofreram maior (D e B) e menor (A e G) interferência de manejos, sendo que, em ambos os grupos, aquelas UAs com menos interferência apresentaram um menor número de indivíduos coletados.

Em relação à flutuação populacional de *Z. indianus*, o Teste de Rayleigh (z) apontou que a espécie apresenta temporalmente um pico populacional durante o verão, sendo este próximo a janeiro (Figura 4), mês em que se registraram umidades e temperaturas mais elevadas, bem como uma maior precipitação. Analisando-se espacialmente, um padrão similar foi observado entre as UAs (Figura 5), sendo a exceção a esta afirmação a UA D, que apresentou um pico no mês de abril; no entanto, registros de campo apontam a utilização de produtos repelentes para aves neste período, sendo que estes exalavam um forte odor adocicado, provavelmente atuando como um atrativo para a espécie. Detectada esta sazonalidade no verão para *Z. indianus* (Tabela 2), o teste de Watson-Williams (F) revelou que não há diferenças significativas entre as UAs, exceto entre as UAs “A e B” ($F = 4.446$; $p = 0.047$); ou seja, apesar das individualidades encontradas entre as UAs, todas elas se assemelham quanto à sazonalidade, sendo este um reflexo direto do comportamento da espécie ao longo do ano.

Dados médios mensais oriundos da Estação Meteorológica Feagri/Unicamp revelam que, para o período de coleta, a temperatura máxima e temperatura mínima foram de $29,34\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $16,89\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente, enquanto a precipitação foi de $4,02\text{ mm}$, com umidade relativa máxima de $86,76\%$ e umidade relativa mínima de $45,80\%$. Analisando estes dados (Figura 6), pode-se constatar que a temperatura mínima ($p = 0,0026$), umidade mínima ($p = 0,0006$) e precipitação ($p = 0,0039$) se correlacionam com a abundância, diferentemente da temperatura máxima ($p = 0,0708$) e umidade do ar máxima ($p = 0,1005$). Dessa forma, épocas em que há temperatura amena, umidade baixa e pouca precipitação são desfavoráveis a esta espécie.

Em relação à produção do figo, pode-se constatar que a abundância de *Z. indianus* foi maior para o período de maior produção de sicônios (novembro a maio), declinando após a poda dos figais (julho a agosto) (PIO et al., 2007; DALASTRA et al., 2009). Desta informação, destaca-se o fato de, mesmo antes da fase de amadurecimento dos sicônios, *Z. indianus* já estava presente nos figais, contaminando os frutos pequenos e verdes.

4. DISCUSSÃO

Nas últimas décadas, poucos foram os trabalhos desenvolvidos sobre ecologia e dinâmica populacional, bem como aspectos biológicos de *Z. indianus* (TIDON et al., 2003; SILVA et al., 2005 a,b) e, dentre eles, nenhum havia sido realizado no ambiente em que esta espécie recebeu o status de praga: as plantações de figo-roxo. No total, 420 armadilhas foram instaladas em sete figais ao longo de um ano, capturando 77.106 indivíduos; Esse valor é muito expressivo, por se tratar de um ambiente que produz frutos para comercialização e onde os impactos com pragas agrícolas deveriam ser mínimos. Deste montante, destaca-se o fato de *Z. indianus* ter sido coletada durante todos os meses do ano, mesmo naqueles mais frios e secos, ou ainda, quando a poda drástica já havia sido realizada. Na tentativa de se compreender estes fenômenos, algumas observações foram destacadas.

Fatores como intensidade da luz, temperatura e umidade relativa do ar exercem certo controle sobre o período de atividades dos drosofilídeos (SPIETH & HEED, 1972), assim como a disponibilidade de recursos, sendo estas características espécie-específicas. Apesar dos drosofilídeos apresentarem hábitos diurnos, com períodos de atividades relativamente curtos, aquelas espécies que foram capazes de se tornar cosmopolitas, como o caso do gênero *Zaprionus*, tendem a ter um prolongamento desse período, persistindo por mais tempo no ambiente, especialmente quando estes são pomares (SPIETH & HEED, 1972). Esse prolongamento, associado à adaptabilidade às condições ambientais adversas (TIDON et al., 2003), pode ter contribuído para a persistência de *Z. indianus* nos figais ao longo dos meses, além de fazer desta espécie, um bom exemplo de invasora bem sucedida.

Este sucesso também é reconhecido quando analisam-se os níveis populacionais ao longo deste estudo: *Z. indianus* apresentava baixos níveis logo após a realização da poda drástica, conseguindo aumentar sua população em 99,97% em apenas 4 meses. Segundo SILVA et al. (2005a), essa capacidade de recuperação pode estar associada a fatores como: estratégias de colonização, coexistência com seres humanos, os quais lhes proporcionam refúgios e alimentos, além da ampla capacidade de expansão e de reintrodução em áreas.

Além da variação temporal observada na abundância de *Z. indianus*, outra variação, a espacial, pode ser constatada. Entre as UAs que apresentaram maior e menor abundância, coletou-se um número de indivíduos com diferença da ordem de sete vezes. Vários fatores podem ter influenciado esta diferenciação, dentre eles: (a) disponibilidade

de recursos; (b) associação entre substratos e leveduras, envolvidas no processo de fermentação e capazes de atrair os drosofilídeos; (b) diferenças na composição de espécies que possam atuar como competidoras; (c) diferenças ambientais entre os locais de coleta, como proximidade com fragmentos, pomares ou centros urbanos; (d) variações nas condições microclimáticas, (e) presença de predadores e (f) ação humana (SILVA et al., 2005a).

Comparando-se especialmente os grupos de UAs formados em relação à cobertura vegetal, observa-se que: aquele com vegetação rasteira apresentou um número de indivíduos (N = 14.431) inferior ao que utilizou cana (N = 31.894). Esta diferença pode ter ocorrido devido a dois fatores: (1) o fato de se manter a vegetação natural, além de ser algo sustentável, faz com que uma maior diversidade de insetos habitem aquele local, os quais podem competir com ou preda *Z. indianus* e diminuir sua abundância; (2) o fato do bagaço de cana moído, quando em contato com o ambiente, iniciar seu processo de fermentação e liberar odores que são atrativos a *Z. indianus*, pode ter aumentado sua abundância. Em relação aos manejos, aquelas UAs com menos interferência humana apresentaram um menor número de indivíduos coletados. A utilização de uma vasta gama de defensivos agrícolas faz com que insetos que poderiam atuar como predadores e/ou competidores de *Z. indianus* sejam erradicados das plantações. Acredita-se que, em função disso, a UA A difere de todas as demais quanto à abundância de *Z. indianus*, que é menor.

Com relação ao entorno dessas UAs, é possível estabelecer um gradiente de perturbação: (UA B) inserida em bairro residencial arborizado; (UA A) entre residências e outras monoculturas; (UA D) entre outras monoculturas e estas envoltas por casas e, finalmente, (UA G) com outras plantações de figo e fragmentos de mata (zona rural). Uma vez que *Z. indianus* vive em ambientes associados aos humanos, esse gradiente pode proporcionar uma quantidade diferente de refúgios, o que reflete diretamente na sua capacidade de recuperação populacional após períodos desfavoráveis (SILVA et al., 2005), como observado para as UAs B e D. Apesar da UA G ser exceção a essa condição, já que apresenta requisitos que favoreceriam uma baixa abundância, outros fatores atuantes devem ser destacados: registros de campo revelam ser esta a UA com maior índice de abandono de sicônios na plantação, tanto nas plantas quanto no solo, o que atrai demasiadamente esta espécie de drosofilídeo. Este fato, portanto, justifica sua alta abundância, bem como revela a importância de um manejo adequado dos sicônios descartados (STEIN et al., 2003).

Contudo, pode-se observar que a abundância de *Z. indianus* reflete uma somatória de fatores. Assim, plantações mais distantes de centros urbanos e próximas de vegetação natural, capazes de beneficiar suas plantas com manejos sustentáveis ou com materiais que não sejam tão fermentáveis e, utilizando-se de defensivos agrícolas de forma moderada, aparentam ter uma diminuição no número de indivíduos dessa praga. Contudo, testes mais específicos, associados aos laboratoriais, são necessários para confirmar essa suposição.

Com relação a variáveis ambientais, este estudo constatou uma correlação positiva entre a temperatura mínima, umidade mínima, precipitação e a abundância da espécie. Outros trabalhos já haviam destacado essa relação (GARCIA et al., 2008; SILVA et al., 2005a). No entanto, a sobrevivência de *Z. indianus* para os meses mais frios e secos do ano não havia sido até então registrada. SILVA et al. (2005a) apresentam algumas possibilidades para este fato, como presença de diapausa e capacidade de reintrodução das populações via ilhas de calor associadas à urbanização, utilizadas como refúgios. O fato de *Z. indianus* ser polífaga e de existir uma diversidade de ambientes e substratos no entorno das plantações estudadas no presente estudo, os quais provavelmente foram utilizados por esta espécie quando em condições desfavoráveis, pode ter contribuído para sua sobrevivência.

Além disso, CUNHA & MAGALHÃES (1965) *apud* SILVA et al. (2005a) sugerem que, quando alteradas as variáveis ambientais, alguns parâmetros vitais dos drosofilídeos também podem ser afetados, dentre eles, fertilidade, tempo de desenvolvimento e tempo de vida, tendo reflexos diretos na abundância de suas populações. Em contrapartida, essa relação pode explicar o fato do pico populacional de *Z. indianus* ter ocorrido na época mais quente e úmida do ano (Janeiro/2011): o calor e a umidade alteram as condições vitais destes animais, fazendo com que estes apresentem um número maior de gerações quando nessas condições (AMOUND et al., 1991), tendo conseqüentemente um maior número de indivíduos liberados na população em relação aos meses mais frios.

***Ficus* e sua relação com os drosofilídeos**

O sicônio apresenta-se, morfológicamente, como sendo um receptáculo oco que contém centenas de flores sobre sua superfície interna e, estudos prévios indicam esta inflorescência como sendo derivada da simbiose entre figos e vespas, sendo estas suas polinizadoras (LACHAISE et al., 1982). No entanto, além dos polinizadores, os figos são visitados por outros insetos frugívoros, dentre eles os drosofilídeos.

Como forma de defesa, evoluíram nos figos adaptações morfológicas (como pericarpo duro e grosso; exocarpo piloso) e químicas (como alcalóides, taninos, glicosídeos flavonóides, triterpenóides e polifenóis) (LACHAISE et al., 1982). Durante sua fase imatura, a proteção química tem se mostrado mais eficiente, uma vez que é produzido um látex que contém ficina (protease), atuante contra os frugívoros (LACHAISE et al., 1982). Uma das regiões mais vulneráveis do sicônio é o ostíolo, o qual apresenta como medida paliativa, fortes brácteas entrelaçadas, as quais atuam como um “filtro seletivo”, admitindo polinizadores e expulsando organismos prejudiciais (LACHAISE et al., 1982). No entanto, as brácteas não têm sido suficientes para evitar a invasão dos drosofilídeos no interior da fruta.

Segundo LACHAISE (1977), conforme o sicônio vai amadurecendo, provavelmente este libera substâncias que são atrativas para diferentes espécies de drosofilídeos que, por sua vez, acabam por ovipositar e contaminar o sicônio nas suas diferentes fases de maturação. Uma vez no seu interior, as larvas se desenvolvem e somente deixam o sicônio, via ostíolo, quando buscam o solo para empupar.

Apesar de *Z. indianus* não ser figo-dependente obrigatória, no presente trabalho, observou-se sua condição de estabelecimento nos figais da região de Valinhos (SP) e o seu poder de infestação. Um estudo feito nas principais regiões produtoras de figo do Brasil demonstrou que *Z. indianus* necessita de uma constante térmica de 262,2GD (graus dia) para completar seu ciclo biológico. Adicionalmente, em função das condições climáticas encontradas na cidade de Valinhos, esta foi apontada como sendo a região onde esta espécie conseguiria ter um maior número de gerações ao ano, totalizando 16,6 (NAVA et al., 2007). Diante disso, medidas de controle se fazem extremamente necessárias, não somente na região de Valinhos, mas em todas aquelas que são produtoras de figo no país, para diminuir drasticamente a população deste drosofilídeo e, conseqüentemente, diminuir seus danos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Profs. Dr. Ariovaldo Pereira da Cruz Neto e Dr. Augusto Shinya Abe pelo empréstimo dos veículos de campo, e a Luiz Fernando Bonatti pelo auxílio na logística das coletas; à Larissa B. Sousa e Débora D. Boaventura pelo auxílio nos trabalhos de campo e na triagem do material e à Isabelle Bueno pelo manuseio do material no laboratório. Ao Sr. Henrique Conti (Casa de Agricultura de Valinhos) pelo auxílio na seleção das chácaras a serem trabalhadas. Aos produtores Claudio Von Zuben, Eufrásia Lacarine Borin, Dionísio, Antônio Pelegrini, Aparecido e Maria Floriano por

permitirem a colocação das armadilhas em suas propriedades. CM agradece ao CNPq pela bolsa de Doutorado (proc. #140903/2010-0) e ao SISBio/ICMBio pela autorização de coleta dos animais (proc. #24413-3). CJVZ também agradece ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Pesquisa (proc. #304797/2009-0).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMOUND, M.A.; DIAB, F.M. & ABOU-FANNAH, S.S.M.** 1991. *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) in Saudi Arabia and effect of temperature on life cycle. J. King. Saud. Univ. 3: 111-121.
- BURUGA, J.H. & OLEMBO, R.J.** 1971. Plant Food Preferences of Some Sympatric Drosophilids of Tropical Africa. Biotropica. 3: 151-158.
- CASTRO, F.L. & VALENTE, V.L.S.** 2001. *Zaprionus indianus* invading communities in the southern Brazilian city of Porto Alegre. Dros. Inf. Serv. 84: 15-17.
- CEPAGRI.** Clima dos Municípios Paulistas. Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_109.html
- DALASTRA, I.M.; PIO, R.; CAMPAGNOLO, M.A.; DALASTRA, G.M.; CHAGAS, E.A. & GUIMARÃES, F.V.** 2009. Épocas de poda na produção de figos verdes 'roxo de valinhos' em sistema orgânico Na região oeste do Paraná. Rev. Bras. Frutic. 31: 447-453
- DE TONI, D.C., HOFMANN, P.R.P. & VALENTE, V.L.S.** 2001. First record of *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in the State of Santa Catarina, Brazil. Biotemas 14: 71-85.
- ESTAÇÃO METEOROLÓGICA FEAGRI/UNICAMP.** Clima de Campinas. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-de-campinas.html>.
- GARCIA, A.C.L.; VALIATI, V.H.; GOTTSCHALK, M.S., ROHDE, C. & VALENTE, V.L.S.** 2008. Two decades of colonization of the urban environment of Porto Alegre, southern

Brazil, by *Drosophila paulistorum* (Diptera, Drosophilidae). Iheringia, Sér. Zool., Porto Alegre, 98:329-338

KATO, C.M.; FOUREAUX, L.V.; CÉSAR, R.A. & TORRES, M.P. 2004. Ocorrência de *Zaprionus indianus*, Gupta, 1970, (Díptera: Drosophilidae) no Estado de Minas Gerais. Ciênc. Agrotéc. 28: 454-455.

LACHAISE, D. 1977. Niche Separation of African *Lissocephala* within the *Ficus* Drosophilid Community. Oecologia. 31: 201-214.

LACHAISE, D.; TSACAS, L. & COUTURIER, G. 1982. The Drosophilidae Associated with Tropical African Figs. Evolution. 36: 141-151.

MATAVELLI, C & VON ZUBEN, C.J. 2012. New versions of trap and bait for the collection of the fig-fly *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera: Drosophilidae). Dros. Inf. Serv. 95: 122-128.

NAVA, D.E.; NASCIMENTO, A.M.; STEIN, C.P.; HADDAD, M.L.; BENTO, J.M.S. & PARRA, J.R.P. 2007. Biology, Thermal Requirements, and Estimation of the Number of Generations of *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) for the Main Fig Producing Regions of Brazil. Fla.. Entomol. 90: 495-501.

PIO, R.; CHAGAS, E.A.; BARBOSA, W. & DALLORTO, F.A.C.. 2007. Aspectos técnicos do cultivo da figueira. http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/figueira/index.htm

SANTIN, D.A. 1999. A vegetação remanescente do município de Campinas (SP): mapeamento, caracterização fisionômica e florística visando à conservação. Tese de Doutorado em Biologia Vegetal. Universidade Estadual de Campinas.

SILVA, N.M.; FANTINEL, C.C.; VALENTE, V.L.S. & VALIATI, V.H. 2005a. Population dynamics of the invasive species *Zaprionus indianus* (Gupta) (Diptera: Drosophilidae) in communities of drosophilids of Porto Alegre City, Southern of Brazil. Neotrop. Entomol. 34: 363-374.

- SILVA, N.M.; FANTINEL, C.C.; VALENTE, V.L.S. & VALIATI, V.H.** 2005b. Ecology of colonizing populations of the figfly *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in Porto Alegre, Southern Brazil. *Iheringia, Sér. Zool.* 95: 233-240.
- SPIETH, H.T. & HEED, W.B.** 1972. Experimental Systematics and Ecology of *Drosophila*. *Annual Rev.Ecol.System.* 3: 269-288.
- STEIN, C.P.; TEIXEIRA, E.P. & NOVO, J.P.S.** 2003. Aspectos biológicos da mosca do figo, *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera: Drosophilidae). *Entomotropica.* 18: 219-221.
- TIDON, R.; LEITE, D.F. & LEÃO, B.F.D.** 2003. Impact of colonization of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the Neotropical Region: 2 years after the invasion. *Biol. Conserv.* 112: 299-305.
- VILELA, C.R.** 1999. Is *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Díptera, Drosophilidae) currently colonizing the Neotropical Region? *Drosoph. Inf. Serv.* 82: 37-39.
- VILELA, C.R., TEIXEIRA, E.P. & STEIN, C.P.** 1999. Nova praga nos figos: *Zaprionus indianus* Gupta, 1970. *Info. Soc. Entomol. Bras.* 4: 1-5.
- ZAR, J.H.** 1999. *Biostatistical Analysis*, 4th ed., New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Tabela 1. Informações sobre as Unidades Amostrais (UA) e aplicações feitas pelos produtores (manejos) em cada uma delas durante o período de estudo.

U.A.	Coordenada geográfica	Plantações					Manejos									
		Bairro	Entorno	Poda	Pés plantados	N coletado	Solo	Irrigação	Adubação	Calda Bordalessa	Nutrientes	Ethrel	Fungicida	Herbicida	Inseticida	Repelente
A	47W 01' 44" 22S 57' 09"	Jd. Von Zuben	Casas e Plantação de Goiaba	Junho	6000	2775	Vegetação rasteira	-	-	X	X	X	X	-	-	-
B	47W 00' 06" 23S 00' 07"	Jd. Morada do Sol	Condomínio arborizado e Fragmento de mata	Junho	8000	19623	Bagaço de Cana	-	-	X	X	X	X	-	X	-
C	46W 59' 47" 22S 59' 55"	Jd. Maracanã	Casas e Fragmento de mata	Junho	3000	10795	Bagaço de Cana	-	X	X	-	X	X	-	X	-
D	46W 58' 43" 22S 58' 36"	Pinheiro	Plantações de lichia, goiaba, pêssego e Fragmento de mata	Julho	2000	11656	Vegetação rasteira	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E	46W 58' 18" 22S 58' 12"	Veneza	Plantação de figo e Fragmento de mata	Julho	2000	12885	Bagaço de Cana	-	X	X	-	X	-	-	-	-
F	46W 57' 48" 22S 56' 38"	Frutal	Plantação de figo	Julho	3000	7101	Bagaço de Cana	-	X	X	-	X	X	-	X	-
G	46W 57' 47" 22S 56' 00"	Frutal	Plantação de figo e Fragmento de mata	Junho	4000	12271	Bagaço de Cana	-	-	X	-	X	-	-	X	-
N total coletado:						77.106										

Informações: Repelente = usado contra aves; Adubação = esterco; Nutrientes = NPK e farelo de mamona.

Tabela 2. Flutuação populacional de *Zaprionus indianus*: pico de abundância durante o verão (Teste de Rayleigh z).

UAs	A	B	C	D	E	F	G
Ângulo Médio (μ)*	24,31°	33,314°	38,962°	48,117°	16,849°	44,349°	41,895°
Mês	janeiro	janeiro	janeiro	fevereiro	janeiro	janeiro	janeiro
Rayleigh Test (Z)	40.889	105.265	95.971	79.682	104.532	52.383	79.846
Rayleigh Test (p)**	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12

*Ângulo Médio: tendência de aumento populacional e seus respectivos meses de ocorrência.

** Rayleigh Test: valores significativos de p – sazonalidade observada para todas as UAs.

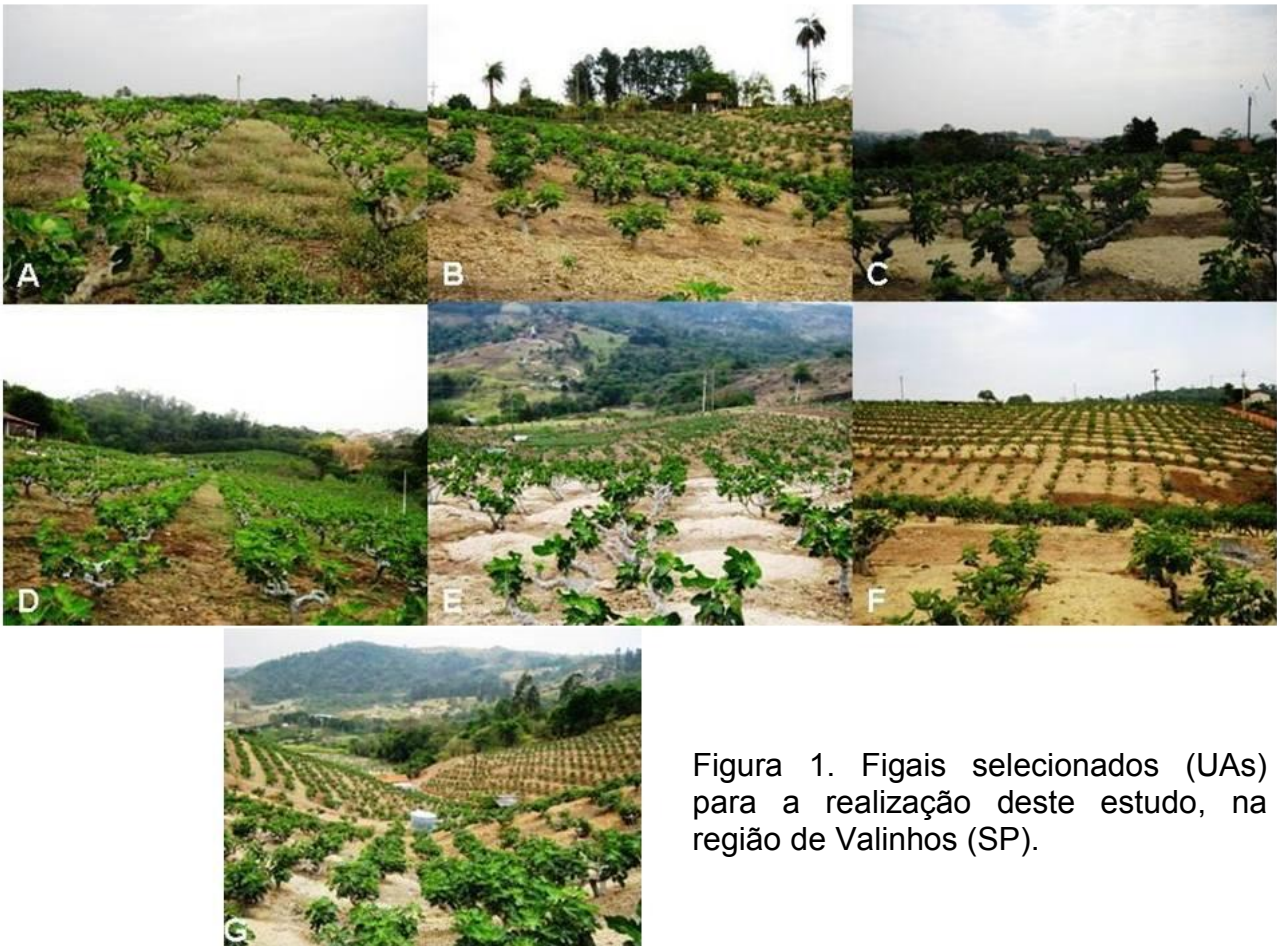


Figura 1. Figais selecionados (UAs) para a realização deste estudo, na região de Valinhos (SP).



Figura 2. Localização geográfica das Unidades Amostrais (de A a F) utilizadas neste estudo.



Figura 3. Armadilha para coleta de drosofilídeos, modelo Matavelli & Von Zuben (2012), utilizada nas plantações de figo durante a realização deste estudo.

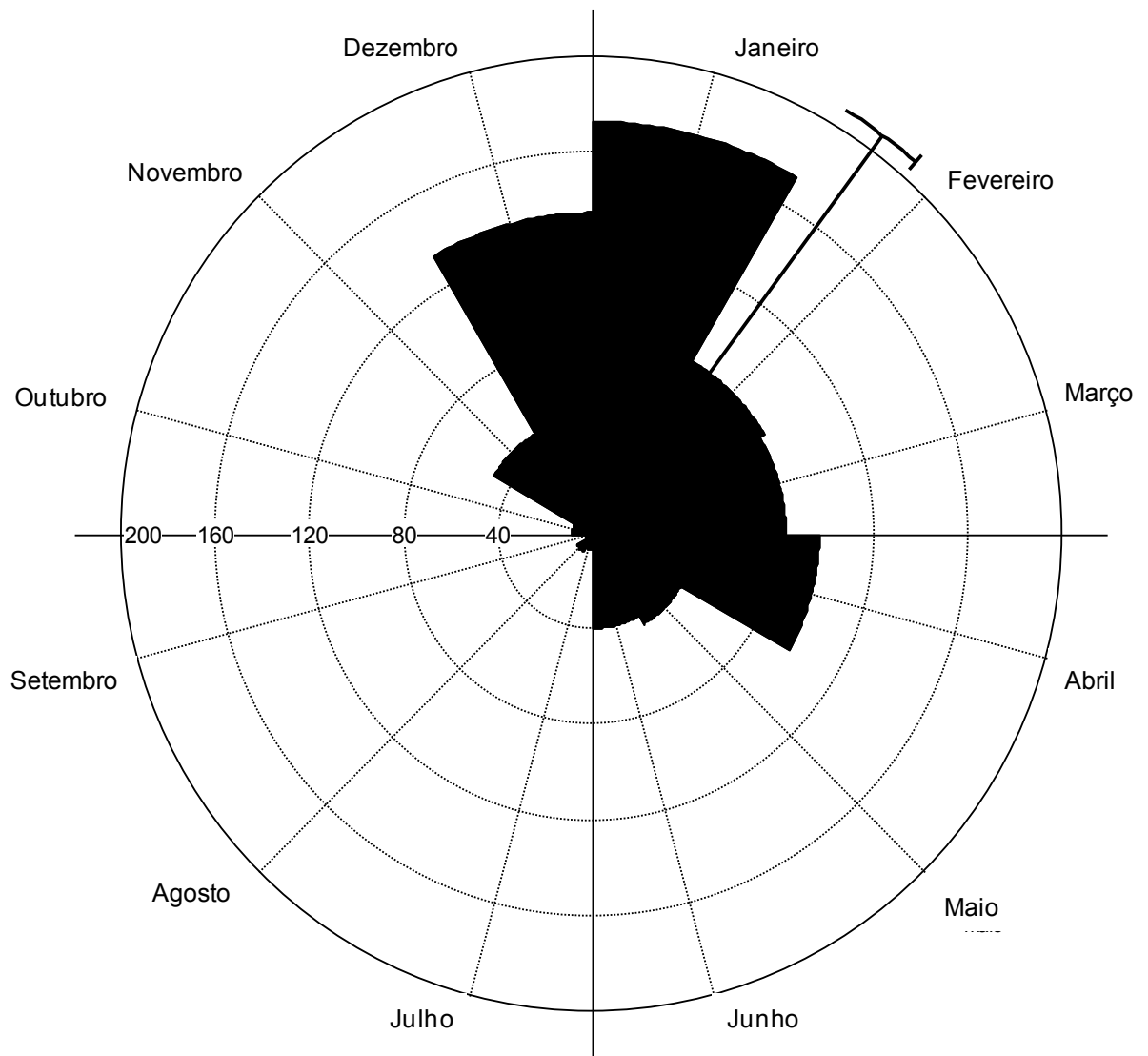


Figura 4. Diagrama de rosas para a abundância de *Zaprionus indianus* entre os anos de 2010 e 2011: flutuação temporal da população durante o período de amostragem. Ângulo médio mostra uma tendência de aumento da abundância para o mês de janeiro. Facetas pretas indicam um pico populacional entre os meses de dezembro e janeiro.

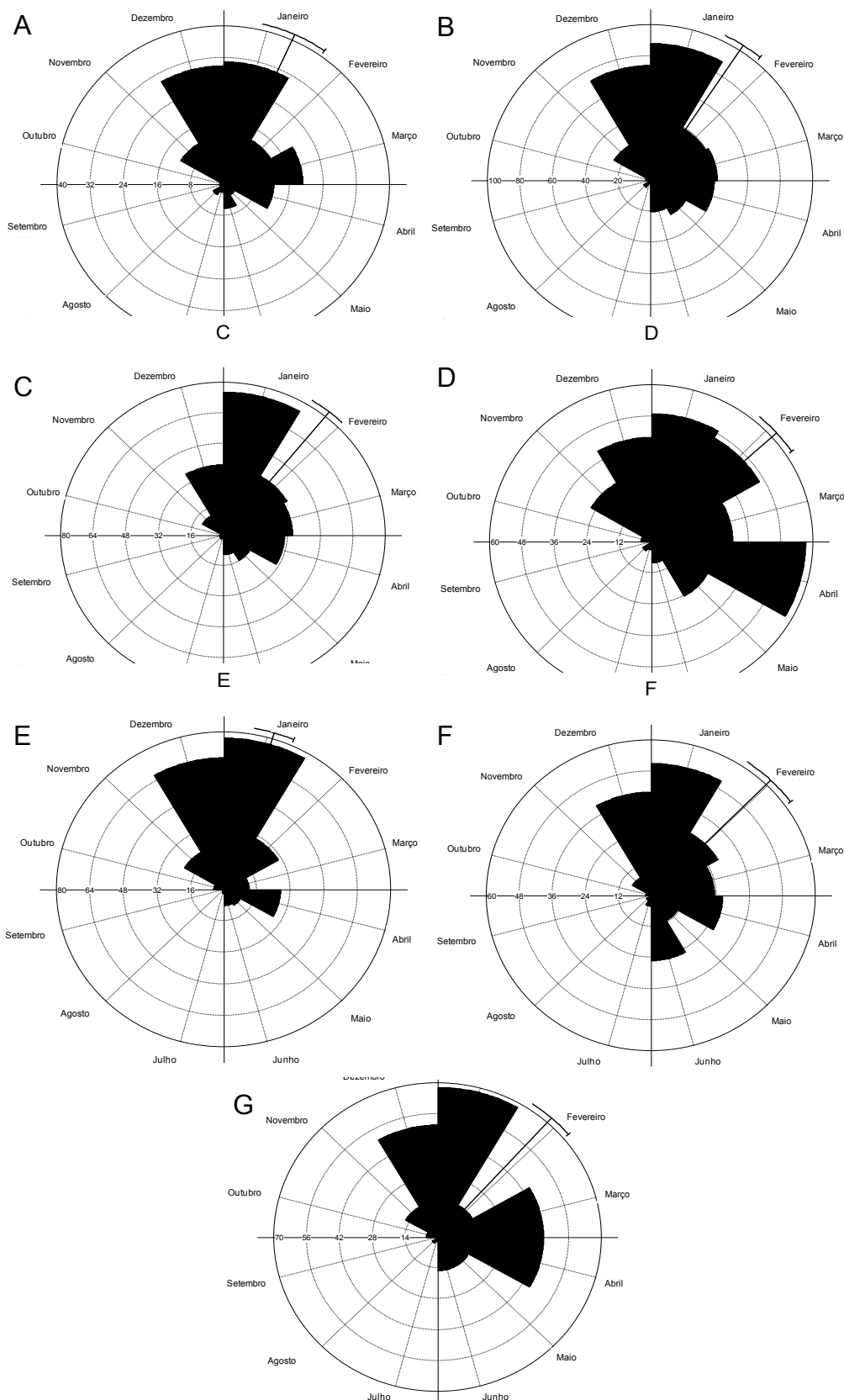


Figura 5. Diagrama de rosas para a abundância de *Zaprionus indianus*: flutuação espacial da população durante o período de amostragem para cada Unidade Amostral (de A a G). Ângulos médios mostram uma tendência de aumento da abundância. Facetas pretas indicam os picos populacionais da espécie.

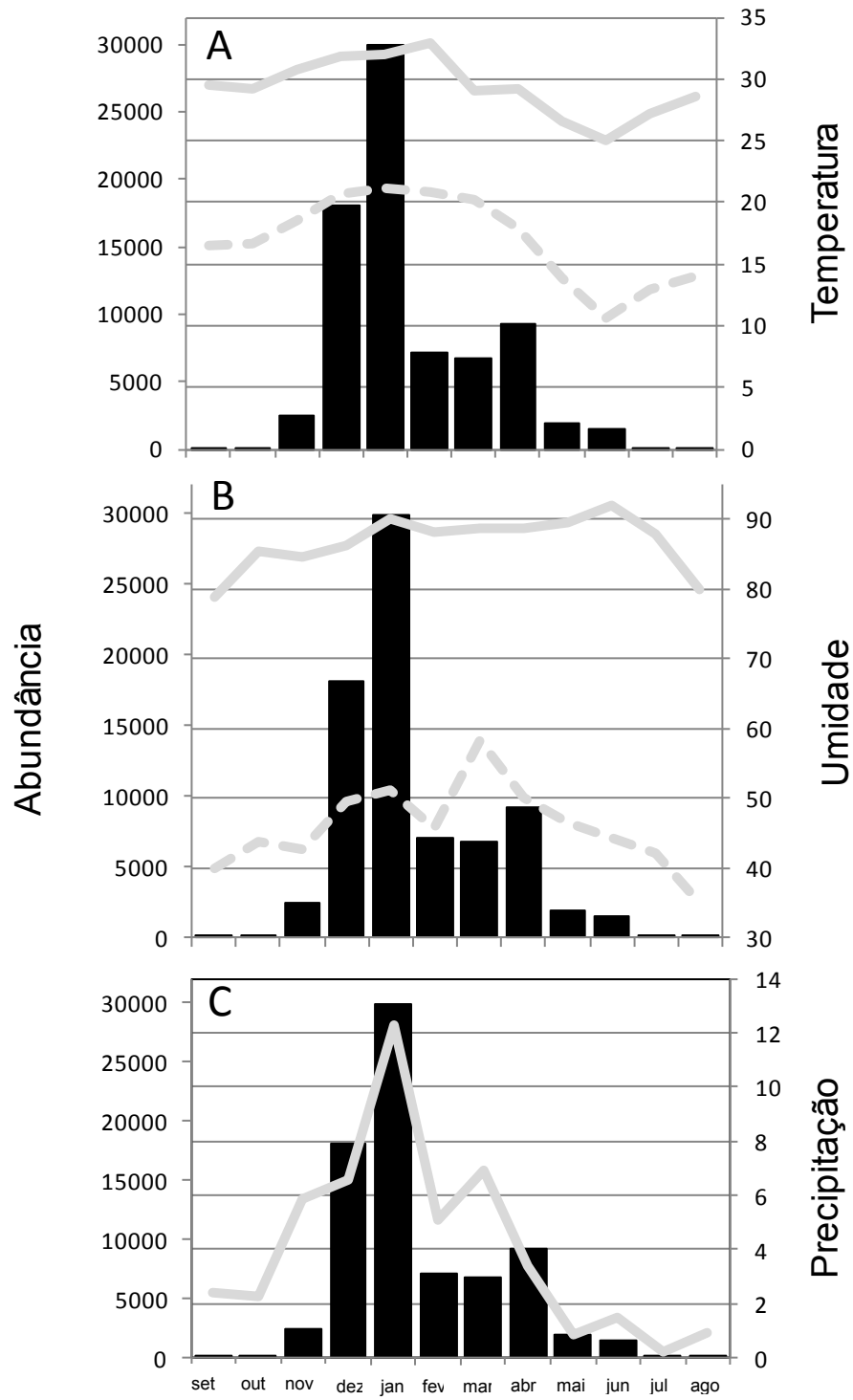


Figura 6. Avaliação temporal entre abundância de *Zaprionus indianus* e dados climáticos para o período de amostragem. Abundância = barras pretas. A = Temperatura máxima: linha contínua, Temperatura mínima: linha pontilhada; B = Umidade relativa máxima: linha contínua, Umidade relativa mínima: linha pontilhada; C = Precipitação: linha contínua.

CAPÍTULO II.

Análise faunística dos drosofilídeos residentes nas culturas de figo-roxo *Ficus carica* L. (Moraceae), na região de Valinhos (SP).

**Cristiane Matavelli¹, Pedro H.S. Lopes², Francisco Roque²,
Renata Alves da Mata², Claudio J. Von Zuben³ & Rosana Tidon²**

¹PPG-Zoologia, Departamento de Zoologia/IB, Univ. Estadual Paulista, UNESP, Brasil.

²Departamento de Genética e Morfologia da Universidade de Brasília, UnB, Brasil.

³Departamento de Zoologia/IB, Univ. Estadual Paulista, UNESP, Brasil.

RESUMO

Alguns estudos tem mostrado a importância dos figos para os drosofilídeos, sendo estes usados como sítios de alimentação e oviposição. Uma vez que as fêmeas depositam seus ovos na região do ostíolo e suas larvas se desenvolvem no seu interior, estes frutos se tornam impróprios para venda e consumo, causando severos prejuízos econômicos aos seus produtores. Dentre as espécies residentes nas plantações de figo encontra-se *Zaprionus indianus*, conhecida popularmente como a mosca-do-figo e considerada um inseto-praga nesta cultura desde 2004. Apesar dos severos problemas que as infestações causam nestas plantações, nenhum trabalho de monitoramento de drosofilídeos havia sido feito até o momento. Com isso, o objetivo deste trabalho foi analisar a fauna de drosofilídeos residentes nas plantações de figo-roxo na região de Valinhos (SP), bem como suas flutuações populacionais. Após um ano de coletas, em oito plantações diferentes (cada qual designada como uma Unidade Amostral), um total de 117.489 drosofilídeos foram coletados. Dentre eles, foram encontrados exemplares de 33 espécies, sendo oito exóticas (*Drosophila buskii*, *D. hydei*, *D. immigrans*, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster*, *D. simulans*, *Scaptodrosophila latifasciaeformis* e *Zaprionus indianus*). Estas exóticas representaram 95% dos drosofilídeos coletados, sendo *Z. indianus* a espécie predominante com 71% da amostra. Entre as neotropicais identificadas, encontram-se os gêneros *Rhinoleucophenga*, *Leucophenga*, *Diathoneura* e *Drosophila*. As flutuações temporais nesta comunidade foram intensas, variando de 145 (Set/2010) a 40.796 (Jan/2011) indivíduos coletados. Não houve diferença entre o número de drosofilídeos exóticos e neotropicais coletados nas diferentes Unidades Amostrais. Os resultados aqui obtidos permitiram reconhecer os membros pertencentes à assembleia comunidade de drosofilídeos associados ao figo-roxo, bem como compreender como se deram as interações entre as espécies ao longo das invasões nos figais.

Palavras-chave: ecologia de comunidades, espécies exóticas, invasão biológica, mosca-do-figo.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Zaprionus indianus*, introduzida acidentalmente no Brasil em 1999 (VILELA et al., 1999), tem causado severos problemas ecológicos e econômicos ao país. Por ser uma das espécies com maior capacidade de colonização desse gênero (CHASSAGNARD & TSACAS, 1993), *Z. indianus* já foi registrada em centros urbanos (FERREIRA & TIDON, 2005) e nos diferentes biomas brasileiros (DE TONI et al., 2001; LEÃO & TIDON, 2004; ROHDE et al., 2010; AMADOR et al., 2011; POPPE et al., 2012) sendo que, atualmente, sua distribuição já abrange todas as regiões do país (AMADOR et al., 2011). Estudos envolvendo a relação desta espécie invasora com as comunidades de drosofilídeos têm revelado que *Z. indianus* é capaz de interferir nas estratégias de sobrevivência das espécies de drosofilídeos nativos, além de alterar aspectos como riqueza, abundância e estabilidade destas comunidades (CASTRO & VALENTE, 2001; SILVA et al., 2005).

Contudo, foram nas monoculturas de figo-roxo *Ficus carica* L. (Moraceae) que esta espécie-praga melhor se adaptou, causando severos prejuízos econômicos aos produtores brasileiros e recebendo o status de espécie-praga cinco anos após sua introdução (RAGA et al., 2003; STEIN et al., 2003; KATO et al., 2004). Estudos prévios mostram que, de forma geral, os sicônios das figueiras são utilizados pelos drosofilídeos como microhabitats importantes para sítios de alimentação e oviposição (LACHAISE, 1977; LACHAISE et al., 1982). Neles, as fêmeas depositam seus ovos na região do ostíolo e suas larvas se desenvolvem no seu interior, tornando-os impróprios para venda e consumo.

Com a presença de *Z. indianus* esta infestação se torna ainda mais prejudicial, já que suas fêmeas depositam os ovos em sicônios ainda no início da sua fase de maturação (STEIN et al., 2003). Uma situação semelhante também foi registrada no bioma Cerrado, em frutos verdes de *Solanum lycocarpum* St. - Hil. (Solanaceae), nos quais *Z. indianus* foi a espécie predominantemente coletada (LEÃO & TIDON, 2004). Esta capacidade de infestar frutos imaturos já havia sido relatada por LACHAISE et al. (1982) em figos afrotropicais. Segundo este autor e seus colaboradores, independentemente da espécie de figueira, existe um padrão sucessional de infestação entre as espécies de drosofilídeos e a fase de amadurecimento

destes sicônios. Assim, estes seriam atacados inicialmente por espécies do gênero *Zaprionus*, ainda imaturos (verdes), e posteriormente pelas espécies do gênero *Drosophila*, grupo *melanogaster*, quando os frutos estariam maduros e iniciando seu processo de apodrecimento. Com isso, figais que são invadidos por *Zaprionus* tendem a perder boa parte da sua produção, uma vez que as frutas são infestadas antes mesmo de iniciarem seu período de amadurecimento e colheita. Na safra de 1999 em Valinhos (SP), por exemplo, houve um prejuízo de 40% das frutas voltadas ao mercado interno e 80% das exportações tiveram de ser descartadas (STEIN et al., 2003).

Apesar dos severos problemas que as infestações destes drosofilídeos causam nestas plantações, nenhum trabalho sobre variação temporal da assembleia residente nos figais havia sido feito até o momento. Outros, nesta linha, já foram realizados em outras regiões do país e em outros ambientes (GOTTSCHALK et al., 2003; TIDON, 2006; POPPE et al., 2012), vários deles revelando serem as espécies exóticas, como *Z. indianus* e *Drosophila simulans*, as mais abundantes (CASTRO & VALENTE, 2001; GOTTSCHALK et al., 2003). Porém a abundância das espécies de drosofilídeos varia fortemente entre as estações do ano, ocorrendo desta forma uma alternância na dominância das espécies na assembleia ao longo dos meses. A espécie *Z. indianus*, por exemplo, tende a ser mais abundante nos meses iniciais da estação chuvosa, diminuindo gradativamente, à medida que os meses de seca se aproximam (CASTRO & VALENTE, 2001; SILVA et al., 2005).

Alguns estudos demonstram que esta dominância de drosofilídeos exóticos invasores pode estar relacionada a fatores como flexibilidade na adaptação a novos ambientes (TIDON et al., 2003) e associação com ambientes mais antropizados (CASTRO & VALENTE, 2001; GOTTSCHALK et al., 2003). Estes fatores justificam a maior abundância de *Z. indianus* e de *D. simulans* nas plantações de frutíferas no estado de São Paulo, ambientes fortemente antropizados (PIRES & BELO, 2005). Avaliações feitas nestas plantações, as quais abrangiam as culturas de abacate, laranja, manga, goiaba, figo, pêssigo e ameixa, indicaram que *Z. indianus* compunha 39,28% da assembleia de drosofilídeos ali presentes, seguida por *D. simulans*, com 38,24%. Coletas pontuais em plantações de figo, realizadas em 2001 em Valinhos (SP), apontaram *Scaptodrosophila latifasciaeformis*, uma espécie

exótica, como a mais abundante (52,49% da amostra), acompanhada por *Z. indianus* (43,90%).

Desta forma, acredita-se que conhecer como flutua a assembleia de drosofilídeos residentes nas plantações de figo ao longo dos meses seria um primeiro passo para se entender a dinâmica das populações ali inseridas. Em especial, investigar a relação entre a flutuação populacional de *Z. indianus* e dos demais drosofilídeos, pode ser um fator que contribua para futuros trabalhos de gestão contra esta espécie-praga nessas plantações. Com isso, o objetivo desse trabalho foi realizar uma análise faunística da assembleia de drosofilídeos residentes nas plantações de figo-roxo na região de Valinhos (SP), uma tradicional e importante produtora do país, e analisar a flutuação populacional ao longo de 12 meses das principais espécies nela existentes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em plantações de figo-roxo (N = 8) da região de Valinhos (SP). Segundo a classificação de Koeppen, o clima dessa região é caracterizado como subtropical úmido (CEPAGRI; SANTIN, 1999). A vegetação da região era composta por um mosaico de fitofisionomias, abrangendo floresta estacional semidecidual, vegetação rupestre dos lajedos rochosos, matas brejosas e cerrados (SANTIN, 1999). Porém, nas últimas décadas, estes foram sendo transformados em plantações de monoculturas, estando atualmente em processo de extinção. Dentre estas plantações destaca-se a cultura do figo-roxo, variedade roxo-de-Valinhos. Dentre as oito plantações selecionadas (Figura 1), uma se encontra no limite com a cidade Campinas (A) e as demais em Valinhos (B, C, D, E, F, G e H). Cada uma destas plantações foi considerada como sendo uma Unidade Amostral (UA).

Coletas foram realizadas mensalmente, de setembro de 2010 a agosto de 2011, com o uso de armadilhas (modelo MATAVELLI & VON ZUBEN, 2012). Cada UA recebeu um transecto linear (80 m de extensão), composto por cinco armadilhas (distantes 20 m uma das outras). Padronizou-se a instalação da primeira armadilha na borda da plantação, ficando a quinta no seu interior. Foram utilizados 150 ml de isca em cada armadilha, as quais foram presas nos galhos das árvores a uma altura de 50 a 70 cm do solo. A isca utilizada era preparada a base de banana nanica e água (proporção de 2:1), acrescida de

fermento biológico *Saccharomyces cerevisiae* (1% em relação ao peso da banana utilizada), preparada em liquidificador e fermentada por no mínimo 36 h antes do início das atividades no campo.

As armadilhas ficaram expostas no campo por 72 horas. Após este período, os indivíduos adultos coletados foram transportados para o Laboratório de Entomologia I – UNESP/Rio Claro para triagem. Nele, os drosofilídeos foram separados dos demais insetos coletados e, os indivíduos de *Z. indianus* foram identificados e tiveram sua abundância registrada. Os drosofilídeos restantes foram enviados ao Laboratório de Biologia Evolutiva da Universidade de Brasília (UnB) para identificação e quantificação.

Durante todo o período de estudo, condições como temperatura ambiental, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica foram registradas através da Estação Meteorológica Feagri/Unicamp, sendo estas informações contrastadas com a abundância dos drosofilídeos coletados.

3. RESULTADOS

Um total de 117.489 drosofilídeos foram coletados, distribuídos em 33 espécies. Destas, oito são exóticas para a região Neotropical: *Drosophila buskii*, *D. hydei*, *D. immigrans*, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster*, *D. simulans*, *Scaptodrosophila latifasciaeformis* e *Zaprionus indianus* (Tabela 1). A somatória da abundância destas espécies representa 95% dos drosofilídeos coletados, sendo *Z. indianus* a espécie predominante, com 71% da amostra (Figura 2). Entre as neotropicais identificadas, encontram-se os gêneros *Rhinoleucophenga*, *Leucophenga*, *Diathoneura* e *Drosophila* (Tabela 2).

As flutuações temporais nesta comunidade de drosofilídeos foram intensas. Abundâncias mensais variaram de 145 (Set/2010) a 40.796 (Jan/2011), sendo deste montante 79% e 98% referentes a espécies exóticas, respectivamente. Não constatou-se uma diferença discrepante entre o número de drosofilídeos exóticos e neotropicais coletados nas diferentes UAs.

A abundância relativa das espécies exóticas foi maior do que a das neotropicais durante todo o ano, com predominância de *Z. indianus* durante o período mais quente e úmido e de *D. simulans* durante nas épocas mais frias e

secas do ano (Figura 3). Nestas últimas, a proporção de espécies neotropicais também atingiu seus níveis mais elevados.

4. DISCUSSÃO

Estudos envolvendo invasões biológicas são de extrema importância, uma vez que estas tem causado uma grande redução da biodiversidade endêmica dos locais invadidos, ameaçando a funcionalidade dos ecossistemas receptores. Dentre as causas destas invasões encontram-se as atividades humanas, como a agricultura, promovendo introduções intencionais e acidentais. Embora muitos não sobrevivam, os indivíduos persistentes são capazes de causar graves prejuízos (KOLAR & LODGE, 2001).

Dentre as espécies coletadas no presente estudo, constatou-se que 95% da amostra eram referentes a espécies exóticas. Dentre elas, espécies cosmopolitas como *Drosophila buskii*, *D. hydei*, *D. immigrans*, *D. melanogaster* e *D. simulans*. Todas elas já foram registradas nos seis reinos zoogeográficos (Paleártica, Neoartica, Neotropical, Etíope, Oriental, e Australiano) (PARSONS & BOCK, 1979). A eficiente dispersão destas espécies ocorreu por suas associações com ambientes antropizados, uma vez que estes proporcionam aos drosofilídeos a possibilidade de serem transportados pelos humanos para novos ambientes (PARSONS & BOCK, 1979). O mesmo fato aconteceu com *Z. indianus*. Por ser uma espécie polífaga e exibir adaptações que lhe permitem viver em condições climáticas adversas (PARKASH & YADAV, 1993; VILELA et al., 1999), *Z. indianus* teve sua dispersão associada ao comércio global de frutas (VILELA et al., 1999).

O número total de drosofilídeos coletados neste estudo foi de 2,5 a 9 vezes maior que nas áreas de vegetação natural e centros urbanos (GOTTSCALK et al. 2003; TIDON, 2006; POPPE et al., 2012), dado o seu poder de infestação em monoculturas. Em especial, destaca-se a predominância de *Z. indianus* e *D. simulans*. Este fato corrobora as informações apresentadas por PIRES & BELO (2005), as quais indicavam serem estas duas espécies as mais abundantes das plantações de frutíferas do estado de São Paulo.

Contudo, avaliações pontuais feitas em plantações de figo da cidade de Valinhos, no ano de 2001 (PIRES & BELO, 2005), ou seja, aproximadamente dois anos após a invasão de *Z. indianus*, apontavam as espécies *D. latifasciaeformis* (52,49%), *Zaprionus indianus* (43,90%), *D. simulans* (1,37%), *D. sturtevantii* (1,06%), *grupo willistoni* (0,74%), *D. paranaensis* (0,31%), e *D. nebulosa* (0,10% da amostra), como sendo a assembleia presente nesta região. Contudo, após 10 anos deste estudo, foi possível constatar a inversão de espécies e no número de indivíduos coletados, sendo hoje *Z. indianus* e *D. simulans* as predominantes. Independente das diferenças nas metodologias utilizadas, acredita-se que em 2001 *Z. indianus* já se encontrava em processo de predominância entre os drosofilídeos ali presentes, não sendo a de maior abundância na época em função do seu pouco tempo de introdução, fato este totalmente revertido nos dias atuais e que reforça o status adquirido por ela ao longo do tempo: o de espécie-praga.

Dentre as flutuações temporais ocorridas neste estudo, destacam-se a predominância de *Z. indianus* e *D. simulans* sobre as demais espécies durante todo o estudo. De forma mais específica, destaca-se o fato da abundância relativa das espécies exóticas terem sido maior do que a das neotropicais durante todo o ano, variando entre 70 e 90% (proporções mínima e máxima, respectivamente). *Z. indianus* foi dominante (variação de 28 a 75%) em períodos mais quentes e úmidos do ano (verão e o outono), encontrando-se nele as estações caracterizadas por temperatura, umidade e precipitação mais elevadas. Nos períodos mais frios e secos (inverno e primavera), com a diminuição da temperatura, umidade e da precipitação, a abundância de *Z. indianus* também regrediu, fato que corrobora as informações divulgadas por CASTRO & VALENTE (2001). Por outro lado, foram nestes períodos mais frios e secos que *D. simulans* passou a predominar na assembleia (variação de 62 a 86%) e a proporção de neotropicais atingiu seus níveis mais elevados (variando entre 20 e 30%).

Acredita-se que este aumento na abundância de *Z. indianus* nas épocas mais quentes possa ser explicado em função dos dados climáticos característicos da região de Valinhos: segundo NAVA et al. (2007), *Z. indianus* necessita de uma constante térmica de 262,2GD (graus dia) para completar seu ciclo biológico e, diante das condições térmicas encontradas em Valinhos,

esta região seria onde esta espécie conseguiria ter um maior número de gerações ao ano. Desta forma, para as épocas mais quentes do ano, tem-se um aumento do número de novos indivíduos liberados no ambiente.

Por fim, os resultados aqui apresentados apontam serem duas as espécies exóticas dominantes nas assembleias de drosofilídeos nos figais: *Z. indianus* e *D. simulans*. A predominância dessas espécies se alterna durante as estações, sendo que *Z. indianus* é dominante no verão e outono e *D. simulans*, no inverno e primavera. Entender os fatores determinantes da retração e expansão das populações destas espécies, bem como a forma como interagem entre si e com o ambiente, podem ser informações adicionais que auxiliem futuros trabalhos de gestão e manejo voltados a elas. Ademais, os resultados aqui apresentados possibilitaram reconhecer os membros pertencentes à assembleia de drosofilídeos nos figais, além de permitirem compreender como novas interações entre estas espécies foram ocorrendo, conforme estas foram se estabelecendo nos locais invadidos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Profs. Dr. Ariovaldo Pereira da Cruz Neto, Dr. Augusto Shinya Abe ao técnico Luiz Fernando Bonatti pelo auxílio logístico durante os trabalhos de campo. A Larissa Braz Sousa e Debora Duarte Boaventura, bem como Isabelle Bueno pelo auxílio no campo e nas triagens. Ao Sr. Henrique Conti (Casa de Agricultura de Valinhos), pelo auxílio na seleção das chácaras a serem trabalhadas. Aos produtores Claudio Von Zuben, Eufrasia Lacarine Borin, Dionísio, Antônio Pelegrini e Aparecido e Maria Floriano por permitirem a colocação das armadilhas em suas propriedades. Aos membros da equipe do Laboratório de Biologia Evolutiva (UnB), pela identificação dos drosofilídeos coletados. CM agradece ao CNPq pela bolsa de Doutorado (proc. #140903/2010-0) e ao SISBio/ICMBio pela autorização de coleta dos animais (proc. #24413-3). CJVZ também agradece ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Pesquisa (proc. #304797/2009-0).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADOR, R.B.; MARTINS, M.B. & FURTADO, I.S.** 2011. Is *Zaprionus indianus* invading a preserved Amazon forest? Dros. Inf. Serv. 94: 73.
- CASTRO, F.L. & VALENTE, V.L.S.** 2001. *Zaprionus indianus* invading communities in the southern Brazilian city of Porto Alegre. Dros. Inf. Serv. 84: 15-17.
- CEPAGRI.** Clima dos Municípios Paulistas. Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_109.html
- CHASSAGNARD, M.T. & TSACAS, L.** 1993. Le sous-genre *Zaprionus* S. Str. Définition de groupes d'espèces et révision du sous-groupe vittiger (Diptera: Drosophilidae). Ann. Soc. Entomol. Fr. 29: 173–194.
- DE TONI, D.C., HOFMANN, P.R.P. & VALENTE, V.L.S.** 2001. First record of *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in the State of Santa Catarina, Brazil. Biotemas 14: 71-85.
- ESTAÇÃO METEOROLÓGICA FEAGRI/UNICAMP.** Clima de Campinas. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-de-campinas.html>.
- FERREIRA, L.B. & TIDON, R.** 2005. Colonizing potential of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in environments with different grades of urbanization. Biol. Conserv. 14: 1809-1821.
- GOTTSCHALK, M.S.; DÖGE, J.S.; BIZZO, L.E.M.; OLIVEIRA, S.C.E.; SCBMITZ, H.J.; DE TONI, D.C. & HOFMANN, P.R.P.** 2003. Estudo comparativo entre assembleias de drosofilídeos em diferentes ecossistemas no Estado de Santa Catarina. Anais completos do VI Congresso de Ecologia do Brasil, Fortaleza. Biodiversidade, Unidades de Conservação, Indicadores Ambientais. 204 – 206.

- KATO, C.M.; FOUREAUX, L.V.; CÉSAR, R.A. & TORRES, M.P.** 2004. Ocorrência de *Zaprionus indianus*, Gupta, 1970, (Diptera: Drosophilidae) no Estado de Minas Gerais. *Ciênc. Agrotéc.* 28: 454-455.
- KOLAR, C.S. & LODGE, D.M.** 2001. Progress in invasion biology: predicting invaders. *TRENDS in Ecol. Evol.* 16: 199-204.
- LACHAISE, D.** 1977. Niche Separation of African *Lissocephala* within the *Ficus* Drosophilid Community. *Oecologia.* 31: 201-214.
- LACHAISE, D.; TSACAS, L. & COUTURIER, G.** 1982. The Drosophilidae Associated with Tropical African Figs. *Evolution.* 36: 141-151.
- LEÃO, B.F.D. & TIDON, R.** 2004. Newly invading species exploiting native host-plants: the case of the African *Zaprionus indianus* (Gupta) in the Brazilian Cerrado (Diptera, Drosophilidae). *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 40: 285-290.
- MATAVELLI, C & VON ZUBEN, C.J.** 2012. New versions of trap and bait for the collection of the fig-fly *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera: Drosophilidae). *Dros. Inf. Serv.* 95: 122-128.
- NAVA, D.E.; NASCIMENTO, A.M.; STEIN, C.P.; HADDAD, M.L.; BENTO, J.M.S. & PARRA, J.R.P.** 2007. Biology, Thermal Requirements, and Estimation of the Number of Generations of *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) for the Main Fig Producing Regions of Brazil. *Fla. Entomol.* 90: 495-501.
- PARKASH, R. & YADAV, J.P.** 1993. Geographical clinal variation at seven esterase-coding loci in Indian populations of *Zaprionus indianus*. *Hereditas* 119: 161-170.

- PARSONS, P.A. & BOCK, R.** 1979. The Population Biology of Australian *Drosophila*. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1979. 10: 229-245.
- PIRES, D.J. & BÉLO, M.** 2005. Flies collected in orchards. *Dros. Inf. Serv.* 88: 69-72.
- POPPE, J.L.; VALENTE, V.L.S. & SCHMITZ, H.J.** 2012. Structure of Drosophilidae Assemblage (Insecta, Diptera) in Pampa Biome (São Luiz Gonzaga, RS). *Papéis Avulsos de Zoologia.* 52: 185-195.
- RAGA, A.; SOUZA FILHO, M.F. & SATO, M.E.** 2003. Eficiência de protetores de ostíolo do figo sobre a infestação da mosca *Zaprionus indianus* (Gupta) (Diptera: Drosophilidae) no campo. *Arq. Inst. Biol.* 70: 287-289.
- ROHDE, C.; SILVA, D.M.I.O.; JUCÁ, J.C.L.A.; MONTES, M.A. & GARCIA, A.C.L.** 2010. Espécies invasoras da Família Drosophilidae (Diptera, Insecta) em ambientes da caatinga de Pernambuco. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica.* 7: 227-240.
- SANTIN, D.A.** 1999. A vegetação remanescente do município de Campinas (SP): mapeamento, caracterização fisionômica e florística visando à conservação. Tese de Doutorado em Biologia Vegetal. Universidade Estadual de Campinas.
- SILVA, N.M.; FANTINEL, C.C.; VALENTE, V.L.S. & VALIATI, V.H.** 2005. Population dynamics of the invasive species *Zaprionus indianus* (Gupta) (Diptera: Drosophilidae) in communities of drosophilids of Porto Alegre City, Southern of Brazil. *Neotrop. Entomol.* 34: 363-374.
- STEIN, C.P.; TEIXEIRA, E.P. & NOVO, J.P.S.** 2003. Aspectos biológicos da mosca do figo, *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera: Drosophilidae). *Entomotropica.* 18: 219-221.

TIDON, R.; LEITE, D.F. & LEÃO, B.F.D. 2003. Impact of colonization of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the Neotropical Region: 2 years after the invasion. *Biol. Conserv.* 112: 299-305.

TIDON, R. 2006. Relationships between drosophilids (Diptera, Drosophilidae) and the environment in two contrasting tropical vegetations. *Biol. J. Linnean Soc.* 87: 233–247.

VILELA, C.R.; TEIXEIRA, E.P. & STEIN, C.P. 1999. Nova praga nos figos: *Zaprionus indianus* Gupta, 1970. *Info. Soc. Entomol. Bras.* 4: 1-5.

Tabela 1. Assembleia de drosofilídeos exóticos coletados em plantações de figo-roxo (Valinhos/SP) e sua relação com a produção de figo.

Coleta/táxon	set-10	out-10	nov-10	dez-10	jan-11	fev-11	mar-11	abr-11	mai-11	jun-11	jul-11	ago-11	total
<i>Zaprionus indianus</i> Gupta, 1970:63	8	105	2667	21057	32446	7159	6834	9371	1914	1529	60	93	83243
<i>Drosophila simulans</i> Sturtevant, 1919:153	100	1026	1204	1808	6187	921	1291	2040	454	310	578	1502	17421
<i>Scaptodrosophila latifasciaeformis</i> Duda 1940:22	0	2	9	291	1186	849	2378	1920	3458	748	30	11	10882
<i>Drosophila malerkotliana</i> Parshad and Paika, 1964:235	0	0	2	2	17	23	41	218	0	1	0	0	304
<i>Drosophila buskii</i> Coquillett, 1901:18	1	14	5	1	8	0	1	1	3	4	5	39	82
<i>Drosophila immigrans</i> Sturtevant, 1921:83	0	0	0	8	3	1	3	7	1	6	1	7	37
<i>Drosophila melanogaster</i> Meigen, 1830:85	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<i>Drosophila hydei</i> Sturtevant, 1921:101	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Total: 111.980													
Meses de produção de figo			X	X	X	X	X	X	X	X			

Tabela 2. Assembleia de drosofilídeos neotropicais coletados em plantações de figo-roxo (Valinhos/SP) e sua relação com a produção de figo.

Coleta/táxon	set-10	out-10	nov-10	dez-10	jan-11	fev-11	mar-10	abr-11	mai-11	jun-11	jul-11	ago-11	total
<i>Drosophila mercatorum</i> Patterson and Wheeler, 1942:93	15	4	70	249	223	60	106	210	286	411	259	458	2351
<i>Drosophila sturtevantii</i> Duda, 1927:167	0	0	0	2	71	39	137	363	647	111	5	6	1381
<i>Drosophila cardini</i> Sturtevant, 1916:336	0	1	8	65	604	120	107	147	58	49	2	2	1163
<i>Drosophila nebulosa</i> Sturtevant, 1916:327	0	0	0	23	19	33	36	98	18	1	0	0	228
<i>Drosophila</i> Fallen, 1823:4	0	0	0	28	2	0	29	2	24	25	14	12	136
<i>Drosophila willistoni</i> Sturtevant, 1916:327	0	0	0	3	7	0	19	35	10	3	0	0	77
<i>Drosophila meridionalis</i> Wasserman, 1962:88	10	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
<i>Rhinoleucophenga</i> Hendel, 1917:44	0	0	9	3	3	0	0	0	0	22	1	3	41
<i>Drosophila nigricruria</i> Patterson and Mainland in Patterson, 1943:136	2	8	9	3	1	0	16	0	0	0	0	0	39
<i>Drosophila mediotriata</i> Duda, 1925:223	0	0	0	1	2	1	5	1	0	0	0	1	11
<i>Drosophila flexa</i> Loew, 1866:182	0	0	0	0	7	0	0	0	0	1	0	0	8
<i>Rhinoleucophenga obesa</i> Loew, 1872:102	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	7
<i>Drosophila polymorpha</i> Dobzhansky and Pavan, 1943:19	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	3
<i>Drosophila griseolineata</i> Duda, 1927:161	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Drosophila ararama</i> Pavan and da Cunha, 1947:45	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Drosophila paraguayensis</i> Duda, 1927:185	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Drosophila bromelioides</i> Pavan and da Cunha, 1947:24	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Drosophila paranaensis</i> Barros, 1950:266	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Rhinoleucophenga personata</i> Malogolowkin, 1946:422	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Rhinoleucophenga capixabensis</i> Culik and Ventura, 2009:418	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Leucophenga</i> Mik, 1886:317	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Drosophila cardinoides</i> Dobzhansky and Pavan, 1943:21	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Drosophila neoelliptica</i> Pavan and Magalhaes in Pavan, 1950:13	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Drosophila serido</i> Vilela and Sene, 1977:295	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Diathoneura</i> Duda, 1924:180	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total:													5.509
Meses de produção de figo			X	X	X	X	X	X	X				



Figura 1. Plantações de figo (UAs), da região de Valinhos (SP), selecionadas para a execução deste estudo.

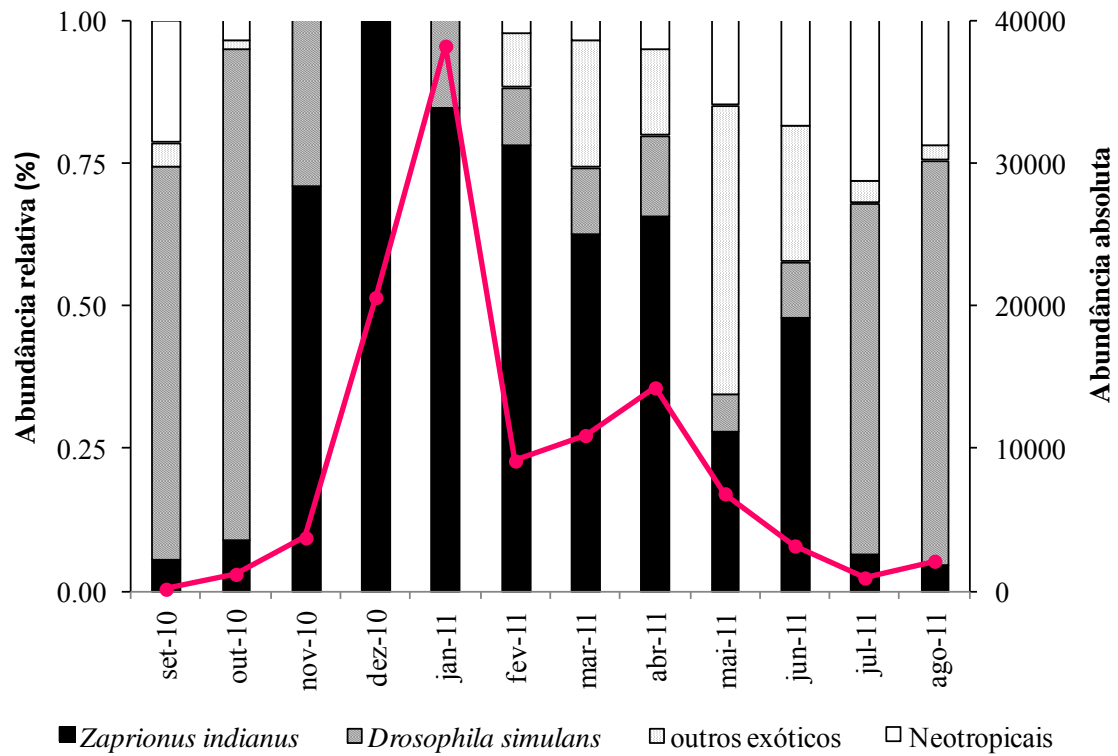


Figura 2. Flutuação temporal da abundância dos drosofilídeos coletados nas plantações de figo (Valinhos – SP). Linha vermelha: abundância total de drosofilídeos.

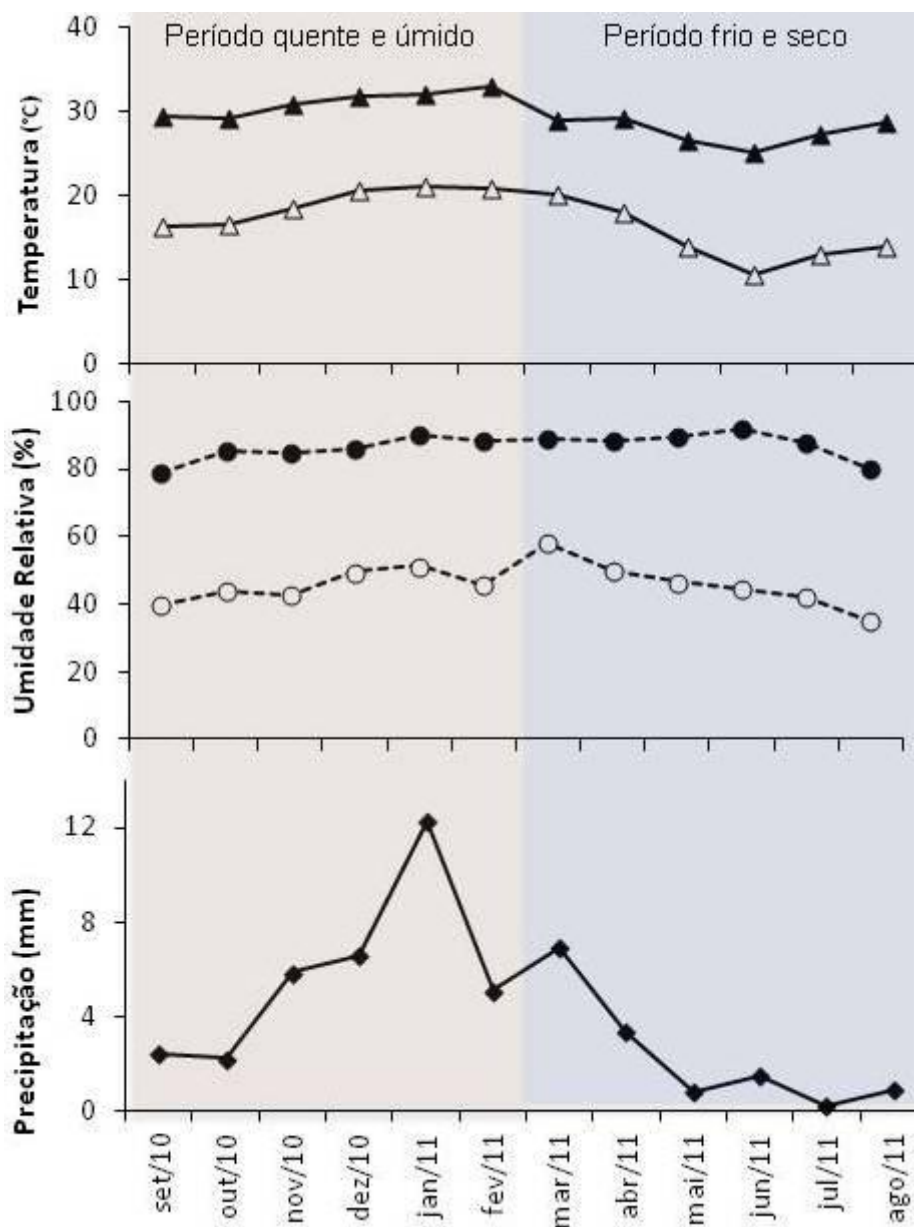


Figura 3. Dados climáticos registrados para a época das coletas nos figais (triângulos cheios: temperatura máxima média, triângulos vazios: temperatura mínima média; círculos cheios: umidade relativa máxima média, círculos vazios: umidade relativa mínima média).

CAPÍTULO III.

Post-Embryonic Development in *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae)

Ann. of the Entomol. Soc. of Am., 106(6):779-787. 2013.

Entomol. Soc. of Am.

URL: <http://www.bioone.org/doi/full/10.1603/AN13068>

Cristiane Matavelli¹, Fernando José Zara², and Claudio José Von Zuben³

¹Programa de Pós Graduação em Zoologia, Biosciences Institute, Department of Zoology, UNESP, CEP 13506-900, Rio Claro, São Paulo, Brazil.

²Invertebrate Morphology Lab (IML), UNESP, CEP 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brazil.

³Biosciences Institute, Department of Zoology, UNESP, CEP 13506-900, Rio Claro, São Paulo, Brazil.

ABSTRACT

The objectives of this study were to determine the number of instars of *Zaprionus indianus*, a fly that is considered a pest on fig plantations; analyze the pupation process; and characterize the morphology of the immature stages. This information would fill a gap in the knowledge regarding *Z. indianus* development. The post-embryonic development of this species was studied using Dyar's rule to characterize the immature stages of the fly. Additionally, the morphological structures were analyzed by scanning electron microscopy (SEM). Following Dyar's rule, *Z. indianus* exhibited three larval instars. Pupae were formed in higher numbers during the morning and 5 d was the average time until adult emergence. The M:F sex ratio in this population was 1:1, with a higher emergence of females during the first 72 h. During the morphological analysis, the following structures were observed: (egg) chorionic cells, respiratory filaments and micropyle; (larvae) body segments, intersegmental spines, antennae, the maxillary palp complex, sensilla, tubercles, and anterior and posterior spiracles; and (pupae) filaments that originated in the anterior spiracles and the presence of spines along these filaments. Some of these characteristics were slightly different from those observed in other drosophilids, which provides a taxonomic quality to these characteristics. Additionally, these results may facilitate future studies on the biology, ecology and control of this species.

Keywords: larval morphology, Dyar's rule, immature stages, pupation process, scanning electron microscopy.

1. INTRODUCTION

The species *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae), which originated in the Afrotropical region (VILELA et al. 1999), was accidentally introduced into Brazil in 1999 and observed for the first time in the Santa Isabel municipality, São Paulo state (VILELA 1999; STEIN et al. 2003). This species has great dispersion and colonization capacities and quickly expanded across all regions of Brazil, attacking both monocultures and native fruit trees from the Cerrado (Brazilian savannah) to the Atlantic Forest (DE TONI et al. 2001; LEÃO AND TIDON 2004).

Zaprionus indianus has caused severe losses to both domestic and export trades, particularly in the production of the purple fig fruit (*Ficus carica*) (VILELA et al. 2001).

Females of this fly species use the fruit ostiole for oviposition, making the fruits inedible for humans (VILELA et al. 2001). Although it has been 10 y since the species was introduced into Brazil and the economic devastation caused by this drosophilid began, only a few biological aspects of this species have been investigated thus far. STEIN et al. (2003) showed that *Z. indianus* has an incubation period ranging from 1.0 to 1.5 d, larval development stages ranging from 8 to 13 d, and a pupation period ranging from 4 to 9 d. Despite these data, the morphological changes and number of larval instars of this fruit fly remain unknown.

To facilitate the characterization of the immature stages of several species of flies, a number of techniques have been developed, including morphological structure analysis (LAWRENCE 1979) with scanning electron microscopy (SEM), the determination of the number of instars through cephalic capsule measurement, and description of the pupation processes (BAKKER 1969). SEM, among other techniques, has been utilized in morphological studies, including the study of ultra-structural features and the study of immature individuals (DEY 1999; MENDONÇA et al. 2010). However, SEM studies of the immature stages of Diptera usually focus on the last larval stage, and only a few species of Diptera have had their early stages analyzed (KITCHING 1976). This is most likely related to the small size of the larvae and the short time span of early instars (SZPILA et al. 2008), which can be as little as 24 h. Although SEM is commonly used in several countries, only a few studies have been performed with this technique in Brazil on the immature stages of Diptera (MENDONÇA et al. 2010).

According to Dyar's rule (1890), the larval head width in Lepidoptera follows a regular geometric progression of growth and can be used to differentiate instars. This rule has been applied to several different orders, such as Lepidoptera, Coleoptera and Hymenoptera (PARRA AND HADDAD 1989; ZARA AND CAETANO 2001; ZARA et al. 2010). In Diptera, the rule has been successfully applied to species such as *Liriomyza sativae* (PETITT 1990) and *Simulium rubrithorax* (ALVAN-AGUILAR AND HAMADA 2003). Additional studies on the pupation and emergence processes can help to elucidate aspects of the development of dipterans. Some studies of this nature, involving the family Drosophilidae, were performed on *Drosophila melanogaster* (HARKER 1965a) and *D. pseudoobscura* (SKOPIK AND PITTENDRIGH 1967).

Based on this information, the objectives of this study were as follows: (1) determine the number of instars in *Z. indianus* using Dyar's rule; (2) characterize the pupation process of the species; and (3) use SEM to morphologically characterize the immature stages of *Z. indianus*.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Eggs, Larvae, Pupae and Determining the Number of Instars

Adult of *Z. indianus* were collected at the Universidade Estadual Paulista, Rio Claro city, São Paulo state, Brazil and kept at the Entomology I Laboratory. Three hundred sixty eggs were used for this study. The eggs were divided into 12 containers with 30 eggs each. Both parental and immature F₁ individuals were housed inside a climatized chamber (B.O.D.) at a temperature of 25 ± 1 °C, relative humidity of $60 \pm 10\%$, a 14 L/10 D cycle, and *ad libitum* food (artificial diet based on banana). Every 24 h, a container was removed from the B.O.D., and its individuals were measured. The lengths of the eggs were measured from the filament insertion to the posterior region. The larvae were measured from the tip of the mouth to the posterior spiracle, and the pupae were measured from the filament insertion to the final portion of the posterior spiracles. These measurements were obtained with a stereoscopic microscope and micrometer ruler.

The width of the head of 300 *Z. indianus* larvae was recorded. Head width was referred to as "cephalic capsule", according to the nomenclature already stipulated by the technique used here (DYAR 1890; PARRA AND HADDAD 1989), in order to facilitate understanding of the measurements performed. Sturges' rule (STURGES 1926) was applied to the data on cephalic capsule measurements to provide the optimal intervals for class sizes. According to Dyar's rule protocol, the peaks observed in the frequency distribution of the capsules indicate the number of larval instars of the species (DYAR 1890; PARRA AND HADDAD, 1989). Every 24 h, one individual was removed from the chamber for measurements. Prior to the measurement procedure, all individuals to be analyzed were washed with insect physiological solution (7.5 g NaCl, 2.38 g Na₂HPO₄, 2.72 g KH₂PO₄ and 1,000 ml distilled water) to remove food residue. For accurate measurements, the larvae were anesthetized and sacrificed by thermal shock.

2.2. Pupation Process

One day after eclosion, the larvae (N = 20) were provided *ad libitum* food (10 g), placed inside the containers and maintained in B.O.D. (25 ± 1 °C; relative humidity 60-75%; 14 L 10E) for pupation. For this procedure, five replicates were performed with the same F₁ generation and the same lot of food. After the formation of the first pupae, the containers were observed during the day to verify the formation of other pupae. The containers were observed every 3 h during the first two days of development (at 06 a.m., 09 a.m., 12 p.m., 03 p.m. and 06 p.m.), every 6 h from the third to the ninth day (at 08

a.m., 02 p.m. and 08 p.m.), and every 24 h from the 10th day to the end of pupae formation on the 12th day (at 12 p.m.). At each observation, the pupae were cleaned of food residue, had their width and length measured, were individually weighed, and then stored in labeled Eppendorf tubes placed in the B.O.D. until the adult emergence, when they were finally sexed.

2.3. Scanning Electron Microscopy

Ten individuals of each of the immature stages (i.e., eggs, larvae and pupae), were randomly sampled and fixed in 2.5% glutaraldehyde in 0.1 M sodium cacodylate buffer (pH 7.2) for 48 h. After the fixation process, the samples were washed three times in the same buffer, post-fixed in 1% osmium tetroxide and dehydrated in an ascending acetone series from 50 to 100%. The samples were critical point dried in a Balzers CPD 030 with CO₂. The specimens were mounted on stubs and sputter-coated with gold in a sputtering Balzers SCD 050. The larval instars were defined by the width of the cephalic capsule for each individual. All images were captured and digitalized using a Hitachi TM3000 SEM with a 15 Kv electron beam. Some third instar larvae required the SEM to be used in the environmental mode (low vacuum). For these larvae, the same fixation, buffering and dehydration procedures were performed; however, the critical drying point and gold vaporization were not necessary.

3. RESULTS

3.1. Eggs, Larvae, Pupae and Determining the Number of Instars

Length measurements that were recorded during the immature stages of *Z. indianus* revealed an average size of 0.57 ± 0.05 mm for eggs, 1.57 ± 0.75 mm for first instar larvae, 3.93 ± 0.53 mm for second instar larvae, 5.97 ± 0.47 mm for third instar larvae, and 3.08 ± 0.17 mm for pupae.

The distribution frequency of the cephalic capsule widths demonstrates the occurrence of three larval instars (Fig. 1). The cephalic capsule width of the first instar was up to 0.33 mm, whereas the cephalic capsule width of the second instars ranged from 0.34 to 0.69 mm, and the cephalic capsule width of the third instars was greater than 0.69 mm. The variation amplitude and average values of the cephalic capsules for each *Z. indianus* larval instar and the standard deviations are found in Table 1. The growth of the cephalic capsule follows a geometric progression (Fig. 2) with a ratio of 2.12.

3.2. Pupation Process

Of the 100 larvae at the beginning of the experiment, 99 progressed to the pupal stage and 93 progressed to the adult stage. Our observations indicated that the pupae appeared in greater abundance during the morning period (Table 2). Adult emergence occurred from 4 to 6 d after pupa formation, with the majority of adults emerging on the fifth day (Table 3). The M:F sex ratio in this population was 1.1, indicating a proportion close to 1:1. However, the male and female emergence ratio varied throughout the experiment (Fig. 3), initially showing (up to 72 h) a greater emergence of females (unweighted means ANOVA; $F_{(1,90)} = 5.907$; $p = 0.017$). The measurements (length, width and weight) were obtained from individual pupae, sexed after adult emergence. The obtained values suggested that female pupae were longer and wider (Table 4); however, there was no statistically significant difference compared to the male pupae (one-way ANOVA; $F_{(3, 89)} = 1.421$; $p = 0.241$).

3.3. Morphological Analysis of Stages

Zaprionus indianus eggs are elongated (Fig. 4A) and milky-white in color. The chorion presents pentagonal and hexagonal cells with borders that are lightly projected (Fig. 4B). Four filaments and the micropyle are located on the anterior region of the egg (Fig. 4C). These filaments have aeropyles along their length (Fig. 4D), unlike the micropyle, which has only one orifice in its interior (Fig. 4E).

First instar larvae have a yellow coloration, and in the SEM images, 12 body segments can be identified (Fig. 4F). The segments have triangle-shaped intersegmental spines (wide base and narrowing tip) of different sizes (Fig. 4G). The cephalic region is composed of a pair of antennae in the dorsal region and one maxillary palp complex in the ventral region (Fig. 4H). The presence of a few spines near the mouth and mouth hooks and a row of sensilla surrounding the head can be observed ventrally (Fig. 4I). In this developmental phase, it is possible to observe only the posterior spiracles (Fig. 4J) that are surrounded by well-developed spiracular hairs.

In the second instar larvae, morphological modifications, such as those in the posterior spiracles, were observed (Fig. 5A). The intersegmental spines are shorter, with a serrated shape. The cephalic region is more developed, and the presence of the antennae can be observed (Fig. 5B). Both anterior and posterior spiracles are well developed. The anterior spiracles (Fig. 5C) have an orifice surrounded by a depression, and in the posterior, spiracles with an orifice composed of slits surrounded by spiracular hairs was observed (Fig. 5D). The posterior region of the body is completely covered by spines, in

addition to a few tubercles, which consist of a robust base and narrowed tip (Fig. 5E).

In the third instar larvae, the segments are deeply marked by intersegmental spines, which are short, with some differences in size and direction (Fig. 6A). The cephalic region is completely developed with mouth hooks (Fig. 6B), the maxillary palp complex (Fig. 6C), and anterior spiracles (Figs. 6D and 6E). Moreover, tubercles that cover the entire posterior region of the body are distributed in groups of three (Figs. 6F and 6G). The posterior spiracle finishes its development during this instar stage, with an opening surrounded by six slits and three papillae (Fig. 6H).

Recently formed pupae of *Z. indianus* present a yellow coloration that darkens to a brown as pupal development progresses. The SEM images show that the pupae also have the anterior region that is larger than the posterior region (Fig. 7A). The anterior spiracles observed in the third instar larvae modify into filaments, which possess nine spiracular ramifications (Fig. 7B), each with rounded tips (Fig. 7C). The posterior spiracles are located at the narrower end of the pupa (Fig. 7D). On the tegument, triangular-shaped spines are observed along the entirety of the pupa (Fig. 7E and 7F).

4. DISCUSSION

Based on the measurements of the cephalic capsule, it was determined that *Z. indianus* larvae have three instars, which is consistent with other studies on drosophilids (TYLER 2003). By analyzing the results of these measurements, a more pronounced growth was observed between the first and second instar compared with the period between the second and third instar. Generally, arthropods have an uneven growth rate, even when the food supply is constant; this difference could be due to structural limitations, such as mouthpart sizes or to differences in their ability to accumulate and assimilate food in the different stages (HUTCHINSON et al. 1997). According to HUTCHINSON et al. (1997), the conflict between delaying or anticipating ecdysis results in an optimal interval for each instar stage to maximize size and reserve gain. This is called the Investment Principle. The occurrence of this optimal interval in *Z. indianus* requires further studies.

According to Dyar's rule, cephalic capsule growth follows a geometric progression, increasing at an average ratio of 1.40 for Lepidoptera, with extremes of 1.10 and 1.90 (PARRA AND HADDAD 1989). The cephalic capsule width in *Z. indianus* grows at a ratio of 2.12. Even with a growth ratio between the first and second instars that is higher than that proposed by Dyar (1890), the growth ratio of the cephalic capsules does in fact follow a geometric progression. Several authors studying a number of insect orders have

previously challenged the growth ratios of a certain species proposed by Dyar because they did not obtain the same numbers (HUTCHINSON et al. 1997). Other studies have also revealed that the constant growth relationship between instars as shown by Dyar is not as faithful as once thought (GAINES AND CAMPBELL 1935 *apud* HUTCHINSON et al. 1997). DALY (1985) provides some examples of growth rates with different amplitudes than those described by DYAR (1890) for several orders. However, according to the author, even in situations when the results do not completely follow the predictions of Dyar, the cephalic capsule measurements should be plotted in graphics to viewing the distribution frequency peak, thus facilitating the detection of the number of instars for a certain species.

After reaching the third instar, drosophilid larvae search for a suitable location for the pupation process (TYLER 2003). Similar to other drosophilids, *Z. indianus* pupae have a yellow color soon after formation and become brown later in development. The body size is also consistent in comparison with measurements made for other species of Drosophilidae (TYLER 2003). Studies on *Drosophila* have demonstrated that the pupae have a broad development period, which is reflected in the time for adult emergence (HARKER 1965b). Larvae that pupate within a 24 h period will produce adult flies over a period of several days. This pattern was observed in the present study because adult emergence varied from 4 to 6 d, and this type of variation is most likely due to the role that circadian rhythms play in the progression of phases of development (HARKER 1965b). Moreover, other studies have shown that in addition to the photoperiod, the thermoperiod is an important factor in this process (HARKER 1965 a,b; BELCHER AND BREFT 1973). In this study, a higher rate of adult emergence was observed during the morning period, which is consistent with the results of other studies on drosophilids (SKOPIK AND PITTENDRIGH 1967). This pattern can be explained by the climate conditions, including low humidity and high temperature, which usually occur during the late morning and afternoon; this pattern also impairs wing expansion of emergent individuals. This impairment occurs because the emergent flies suffer from water loss, which results in a dehydrating rate that is equivalent to double the dehydrating rate of an adult fly; therefore, emergence activity is greater during the time of day with milder temperatures and higher humidity (BELCHER AND BREFT 1973; KOUSER AND SHAKUNTHALA 2012).

In this study, the M:F sex ratio for *Z. indianus* was close to 1:1. However, differences in sex proportion during emergence were observed. Unlike other studies with drosophilids, there was an initial (up to 72 h) greater emergence of females. BAKKER (1969) showed that the first formed pupae of *Drosophila* were males, most likely because

these animals were heavier and developed more quickly. In *Z. indianus*, females emerged 48 h before males. However, CHAPMAN (1998) noted that the initial emergence of males could occur due to the smaller size of these animals. However, in the present study, both the size and weight of *Z. indianus* individuals did not differ significantly between the sexes. Therefore, it can be hypothesized that the early emergence of females observed in this study may be related to sexual maturity. According to TYLER (2003), *Drosophila* species have sexually active males immediately after emergence, whereas females do not have mature eggs until approximately 2 d after emergence.

Zaprionus indianus eggs showed lengths, respiratory filaments and chorionic ornaments similar to those observed in *D. melanogaster* (TYLER 2003). The eggs had an average length of 0.57 mm, and the chorionic cells were observed in two shapes, pentagons and hexagons. Four respiratory filaments in the anterior portion were observed, and these filaments were formed from extensions of the chorion next to the micropyle. *Drosophila melanogaster* has eggs with an average length of 0.50 mm, which are white in color and elongated in shape and possess two respiratory filaments at the anterior end for gas exchange (TYLER 2003). The size and number of respiratory filaments in drosophilids usually vary greatly, and these features can be used to identify species (KAMBYSELLIS 1993). KAMBYSELLIS (1993) reported a variation from one to 11 filaments in the *Drosophila* genus.

The chorion is a thick, resistant structure (TYLER 2003) that protects the embryo during development (KAMBYSELLIS 1993). *Zaprionus indianus* exhibited chorionic cells that were different from the other drosophilids. The chorionic cells of other drosophilids also have a hexagonal shape, as observed in the study of HAIRSTON AND YOON (1982). These differences between drosophilid species make this structure another important taxonomic characteristic (HAIRSTON AND YOON 1982).

In the larvae of *Z. indianus*, the morphological changes that occurred during development and throughout the instars could be observed by SEM. Consistent with other studies on dipterans, *Z. indianus* larvae had twelve body segments with intersegmental spines in their extremities (OLIVEIRA et al. 2007; MENDONÇA et al. 2010). The intersegmental spines are responsible for helping the larvae adhere to the substrate and facilitate undulatory movements (TYLER 2003), and these spines became smaller in relation to body size as the instars. The same phenomenon occurred with the size of the sensilla, a sensorial organ that is responsible for perception of food, temperature, humidity levels, larval orientation and intraspecific recognition (ZACHARUK AND SHIELDS 1991). In contrast, mouth hooks, which are responsible for bringing food to the mouth (TYLER

2003), increased in size during development.

Similar to the growth ratio, the morphological changes in *Z. indianus* were greater from the first to the second instar, and this is a common feature for drosophilids and dipterans (MENDONÇA et al. 2010). The main modifications occurred in the tubercles, which are organs that are responsible for protecting the spiracle (MENDONÇA et al. 2010), and in the spiracles. This was also observed by SUKONTASON et al. (2003) for the calliphorid *Chrysomya albiceps*. In the second instar, the anterior spiracles became prominent, and the posterior spiracles showed a certain degree of development. The anterior spiracles became fully developed from the second to the third instar, but the posterior spiracles became fully developed only during the third instar.

In the pupae, a retraction of the cephalic segment could be observed in the anterior region, and the anterior spiracles were modified into filaments. These filaments vary greatly in number in Diptera, with up to 10 filaments in *C. albiceps* (MENDONÇA et al. 2010). Spines cover the pupae tegument, and tubercles are organized towards the end at the posterior region. These features, similar to the chorion in eggs, can aid in species identification.

In conclusion, this study presented morphological and developmental information for the immature stages of *Z. indianus*. These data have thus far been unknown and may be useful for the conceptualization of new studies, interpretation of results and species identification, particularly in locations where this drosophilid pest has been observed. These results may facilitate future studies on *Z. indianus* biology, ecology and control.

5. ACKNOWLEDGMENTS

CM thanks the CNPq for the PhD scholarship (proc. #140903/2010-0) and SISBio/ICMBio for granting authorization for collection of animals (proc. #24413-3). FJZ and CJVZ also thank the CNPq for scholarship grants (FJZ PQ Proc. #308215/2010-9 and CJVZ PQ Proc. #304797/2009-0). FJZ also thanks FAPESP (proc. #2010/50188-8). The authors thank the Electron Microscopy Laboratory, Department of Biology, UNESP-Rio Claro, for technical and logistical support, Guilherme Gomes for assistance in preparing the figures and Eduardo Barbosa Proença for critical reading of the manuscript.

6. REFERENCES CITED

- ALVAN-AGUILAR, M. A., AND N. HAMADA. 2003.** Larval biometry of *Simulium rubrithorax* (Diptera: Simuliidae) and size comparison between populations in the states of Minas Gerais and Roraima, Brazil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 98: 507-511.
- BAKKER, K. 1969.** Selection for rate of growth and its influence on competitive ability of larvae of *Drosophila melanogaster*. Neth. J. Zool. 19: 541-595.
- BELCHER, K., AND W. J. BREFT. 1973.** Relationship between a metabolic rhythm and emergence rhythm in *Drosophila melanogaster*. J. Insect Physiol. 19: 277-286.
- CHAPMAN, R. F. 1998.** The insects: structure and function, 4th ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- DALY, H. V. 1985.** Insect morphometrics. Ann. Rev. Entomol. 30: 415-438.
- DE TONI, D. C., P. R. P. HOFMANN, AND V. L. S. VALENTE. 2001.** First record of *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in the State of Santa Catarina, Brazil. Biotemas 14: 71-85.
- DEY, S. 1999.** Scanning electron microscopic detection of an unusual giant sensilla on the abdominal cuticle of muga silk worm, *Antheraea assama* Westwood (Lepidoptera: Saturniidae). Micron. 30: 339-348.
- DYAR, H. G. 1890.** The number of molts of lepidopterous larvae. Psyche 5: 420-422.
- HAIRSTON, J. T., AND J. S. YOON. 1982.** The chorion ultrastructure for species identification in Hawaiian *Drosophila*. Micron. 13: 59-60.
- HARKER, J. E. 1965a.** The effect of a biological clock on the developmental rate of *Drosophila* pupae. J. Exp. Biol. 43: 323-337.
- HARKER, J. E. 1965b.** The effect of photoperiod on the developmental rate of *Drosophila* pupae. J. Exp. Biol. 43: 411-423.

- HUTCHINSON, J. M. C., J. M. MCNAMARA, A. I. HOUSTON, AND F. VOLLRATH. 1997.** Dyar's rule and the investment principle: optimal moulting strategies if feeding rate is size-dependent and growth is discontinuous. *Philos. Trans. R Soc. B. Biol. Sci.* 352: 113-138.
- KAMBYSELLIS, M. P. 1993.** Ultrastructural diversity in the egg chorion of hawaiian *Drosophila* and *scaptomyza*: ecological and phylogenetic considerations. *Int. J. Insect Morphol. Embryol.* 22: 2-4.
- KITCHING, R. L. 1976.** The immature stages of the old-world screw-worm fly, *Chrysomya bezziana* Velleneuve, with comparative notes on the Australasian species of *Chrysomya*. *Bull. Entomol. Res.* 66: 195-203.
- KOUSER, S., AND V. SHAKUNTHALA. 2012.** Eclosion behaviour of three species of *Drosophila* under different light regimes. *Indian J. Exp. Biol.* 50: 660-664
- LAWRENCE, P. O. 1979.** Immature stages of the caribbean fruit fly, *Anastrepha suspense*. *Fla. Entomol.* 62: 214-219.
- LEÃO, B. F. D., AND R. TIDON. 2004.** Newly invading species exploiting native host-plants: the case of the African *Zaprionus indianus* (Gupta) in the Brazilian Cerrado (Diptera, Drosophilidae). *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 40: 285-290.
- MENDONÇA, P. M., J. R. DOS SANTOS-MALLET, AND M. M. QUEIROZ. 2010.** Ultramorphological characteristics of immature stages of *Chrysomya albiceps* (Wiedemann 1819) (Diptera: Calliphoridae), a fly specie of forensic importance. *Microsc. Res. Tech.* 73: 779-784.
- OLIVEIRA, M. S., R. P. MELLO, AND M. M. C. QUEIROZ. 2007.** Morfologia e duração dos ínstares larvais de *Chrysomya putoria* (Wiedemann) (Diptera, Calliphoridae), em laboratório. *Rev. Bras. Entomol.* 51: 239-245.
- PARRA, R. P. P., AND M. L. HADDAD. 1989.** Determinação do número de ínstares de insetos. FEALQ, Piracicaba, Brazil.

- PETITT, F. L. 1990.** Distinguishing larval Instars of the Vegetable Leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). Fla. Entomol. 73: 280-286.
- SKOPIK, S. D., AND C. S. PITTENDRIGH. 1967.** Circadian systems II. The oscillation in the individual *Drosophila* pupa; its independence of developmental stage. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 58: 1862-1869.
- STEIN, C. P., E. P. TEIXEIRA, AND J. P. S. NOVO. 2003.** Aspectos biológicos da mosca do figo, *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Díptera: Drosophilidae). Entomotropica 18: 219-221.
- STURGES, H. 1926.** The choice of a class-interval. J. Am. Stat. Assoc. 21: 65-66.
- SUKONTASON, K. L., K. SUKONTASON, S. LERTTHAMNONGTHAM, B. KUNTALUE, N. THIJUK, R. C. VOGTSBERGER, AND J. K. OLSON. 2003.** Surface ultrastructure of *Chrysomya rufifacies* (Macquart) larvae (Diptera: Calliphoridae). J. Med. Entomol. 40: 259-267.
- SZPILA, K., T. PAPE, AND A. RUSINEK. 2008.** Morphology of the first instar of *Calliphora vicina*, *Phormia regina* and *Lucilia illustris* (Diptera, Calliphoridae). Med. Vet. Entomol. 22: 16-25.
- TYLER, M. S. 2003.** Developmental biology: a guide for experimental study, 3rd ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- VILELA, C. R. 1999.** Is *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Díptera, Drosophilidae) currently colonizing the Neotropical Region? Drosoph. Inf. Serv. 82: 37-39.
- VILELA, C. R., E. P. TEIXEIRA, AND C. P. STEIN. 1999.** Nova praga nos figos: *Zaprionus indianus* Gupta, 1970. Info. Soc. Entomol. Bras. 4: 1-5.
- VILELA, C. R., E. P. TEIXEIRA, AND C. P. STEIN. 2001.** Mosca-africana-do-figo, *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae), pp. 48-52. In E. F. Vilela, R. A. Zucchi, and F. Cantor (eds.), Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil. Holos, Ribeirão Preto, Brazil.

ZACHARUK, R. Y., AND V. D. SHIELDS. 1991. Sensilla of immature insects. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 331-354.

ZARA, F. J., AND F. H. CAETANO. 2001. Number of larval instars of the ant *Pachycondyla* (= *Neoponera*) *villosa* (Formicidae: Ponerinae) determined by the rule of Dyar. *Sociobiology* 37: 679-686.

ZARA, F. J., M. L. BUTION, AND F. H. CAETANO. 2010. Postembryonic development of weaver ant larvae *Camponotus textor* (Forel 1899) (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 22: 1-13.

Table 1. Cephalic capsule width and growth rate of *Zaprionus indianus* larvae during post-embryonic development.

Cephalic capsule width (mm)			
Instars	Range	Mean (\pm SD)	Growth rate
I	0.07 – 0.33	0.17 \pm 0.07	2.64
II	0.34 – 0.69	0.45 \pm 0.07	1.60
III	0.70 – 0.85	0.72 \pm 0.04	-
Average growth rate			2.12

Table 2. Number of *Zaprionus indianus* pupae formed every 24 h and emerging adults

Time	Hours	Pupae	Male	Female
Morning	6 a.m. – 9 a.m.	50	27	22
Afternoon	12 p.m. – 3 p.m.	35	18	16
Night	6 p.m. – 8 p.m.	13	4	6

Table 3. Proportion of female and male *Zaprionus indianus* that emerged throughout the experiment

Adult emergence (day)	Pupae	Adults		Sex ratio
		Male	Female	M:F
4	2	0	2	0
5	62	26	36	0.72
6	29	23	6	3.83
Total	93	49	44	1.11

Table 4. Mean values of the length, width, weight and time of emergence of *Zaprionus indianus* pupae by sex

Replicates	N Pupae	N Adults	Adult emergence (d) ^a	Days ^b	Females					Males				
					N	Length (mm)	Width (mm)	Weight (g)	Time of emergence (d)	N	Length (mm)	Width (mm)	Weight (g)	Time of emergence (d)
A	19	16	12	4 - 6	8	3.34	1.27	0.0023	5.0	8	3.41	1.25	0.0026	5.6
B	20	20	9	4 - 6	7	3.46	1.21	0.0026	5.0	13	3.31	1.24	0.0023	5.3
C	20	17	10	5 - 6	7	3.41	1.25	0.0024	5.3	10	3.35	1.23	0.0026	5.6
D	20	20	5	5 - 6	14	3.48	1.28	0.0027	5.1	6	3.33	1.17	0.0023	5.3
E	20	20	11	5 - 6	8	3.27	1.22	0.0022	5.1	12	3.33	1.20	0.0022	5.5
Average			9.4	5.3	-	3.39	1.25	0.0024	5.1	-	3.35	1.22	0.0024	5.4

^aafter starting larval development.^bafter formation of pupae.

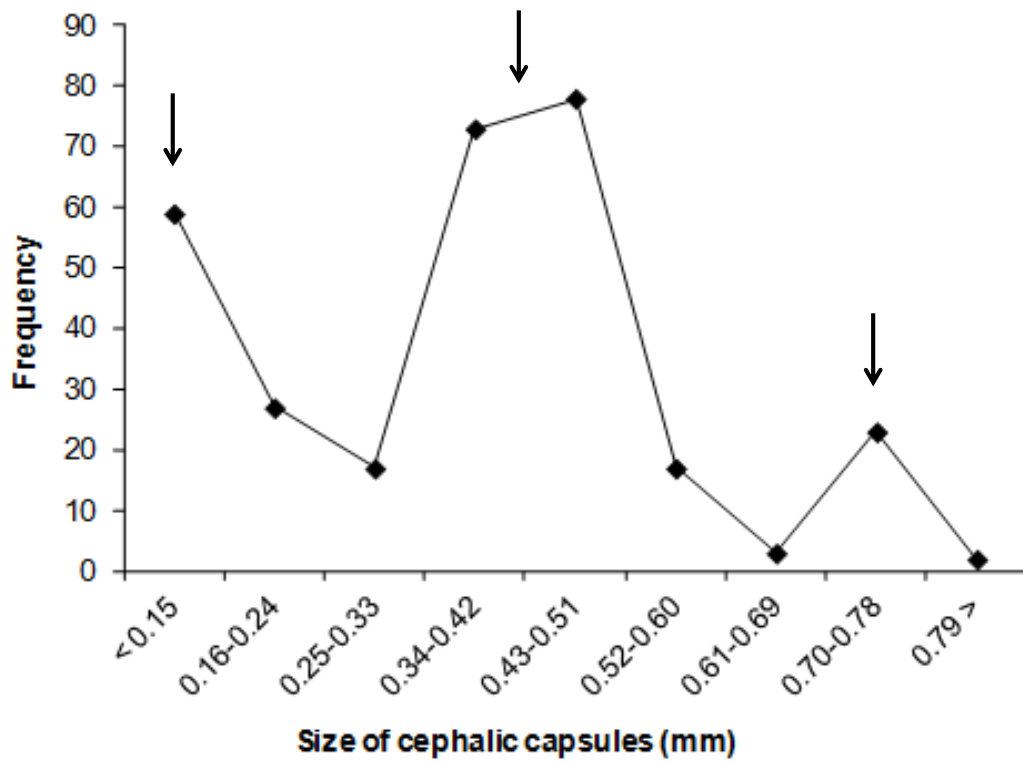


Figure 1. Cephalic capsule width (mm) of *Zaprionus indianus* larvae obtained with the Dyar protocol rule and distributed in size classes following Sturges' rule (1926). Note the presence of three larval instars (arrows).

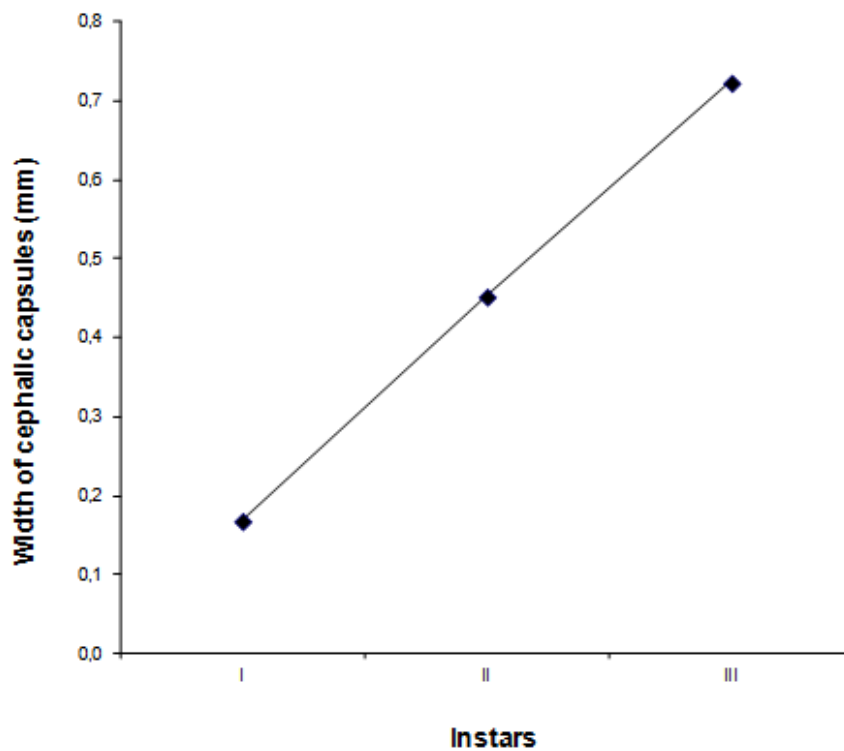


Figure 2. Cephalic capsule width as a function of the larval instars of *Zaprionus indianus*. The growth of the cephalic capsule is a geometric progression.

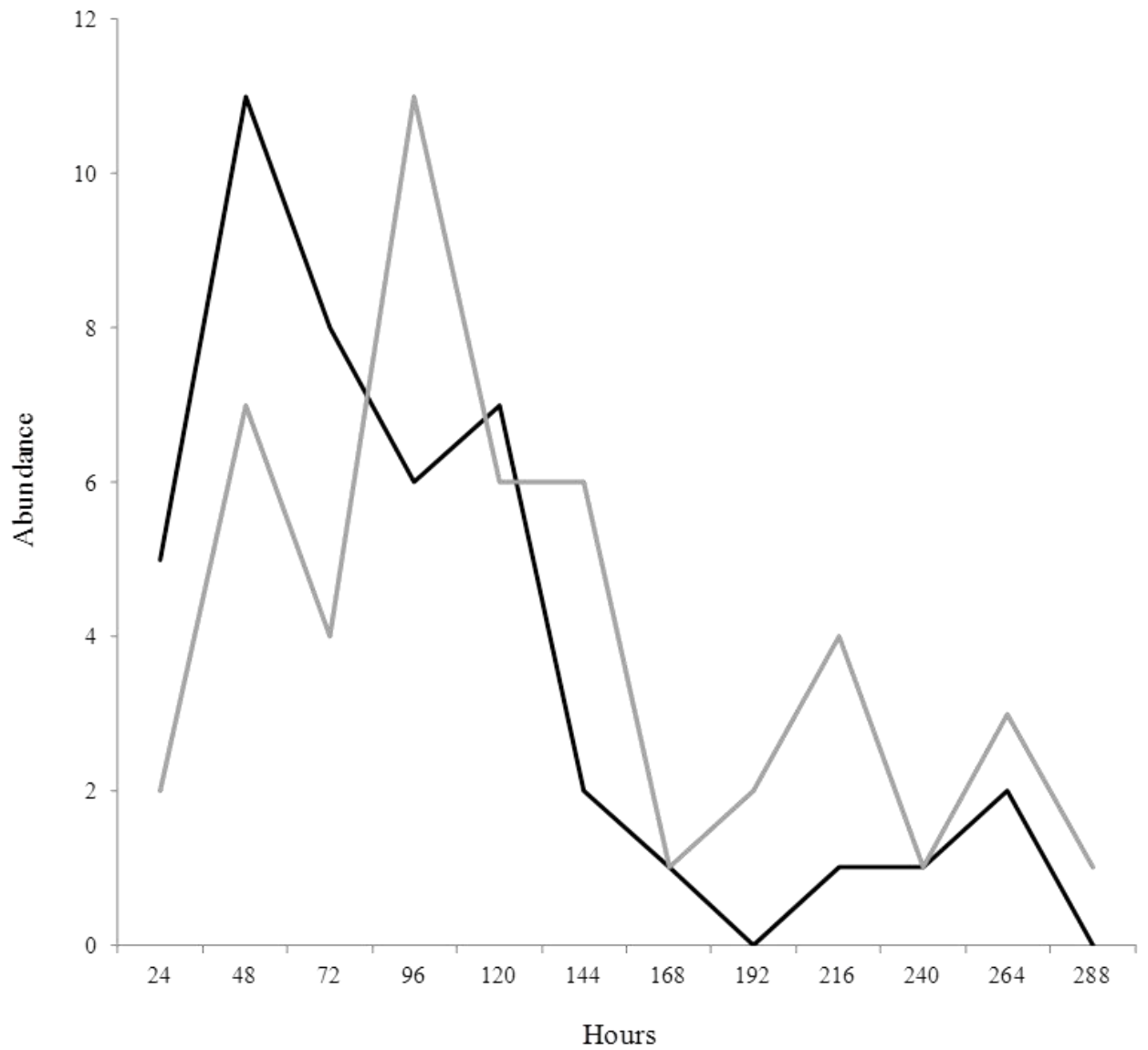


Figure 3. Number of *Zaprionus indianus* pupae formed every 24 h of the experiment and the sex of the emerged individuals. Black line: female emergence. Grey line: male emergence.

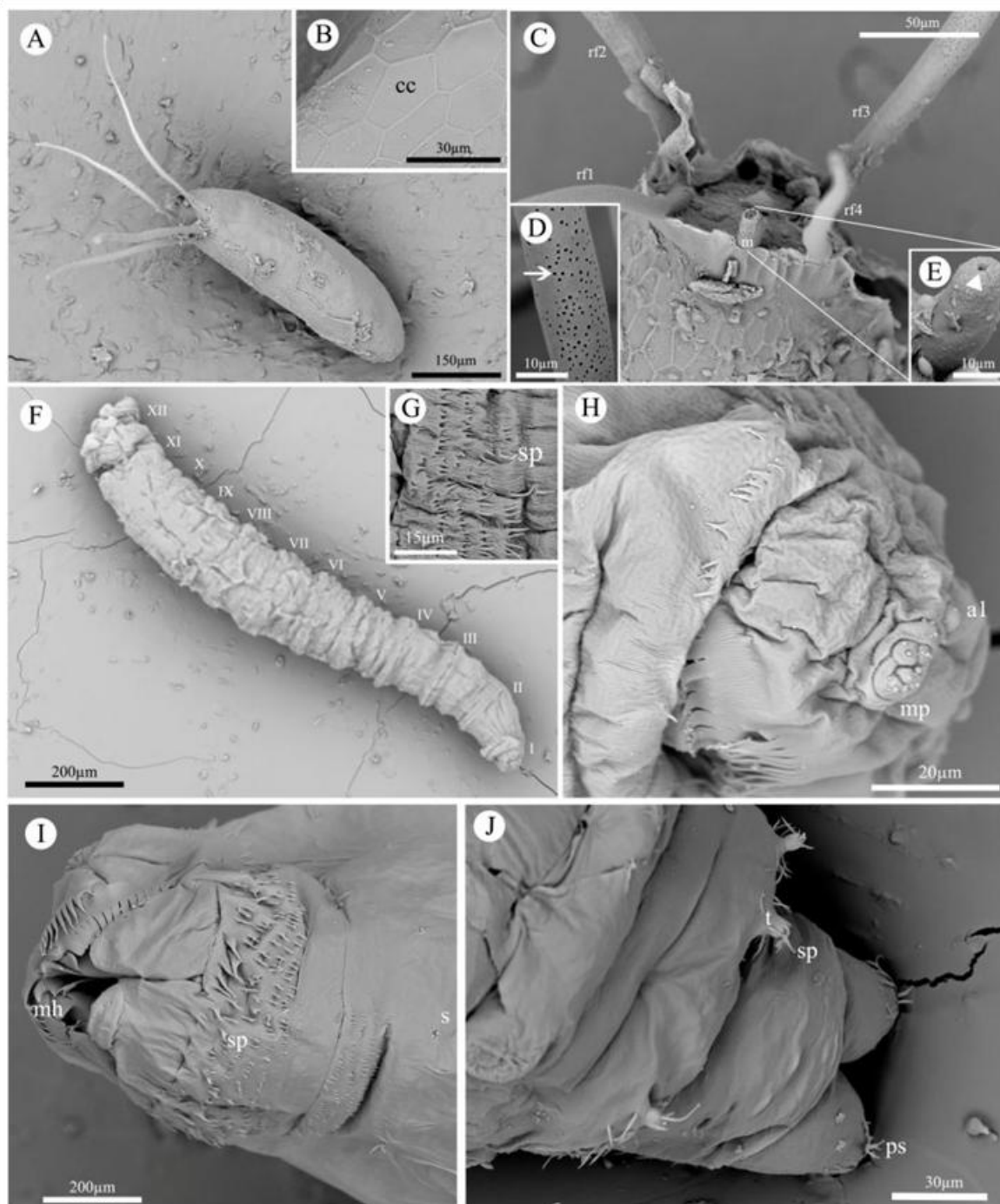


Figure 4. (A) General view of a *Zaprionus indianus* egg showing the well-developed respiratory filaments. (B) Detail a *Z. indianus* egg: chorionic cells (cc) in hexagonal and pentagonal shapes with borders lightly projected; (C) presence of 4 respiratory filaments (rf1-4) on the anterior region next to the micropyle (m); (D) filaments with aeropyles along their lengths (arrow); (E) central orifice that is present in the micropyle (arrow); (F) overall appearance (lateral view) of a first instar larvae (segments I-XII); (G) triangular intersegmental spines of varied size (sp); (H) cephalic region composed of a pair of antennae (a1) and a complex maxillary palp (mp); (I) presence of spines next to the mouth (sp), mouth hooks (mh) and sensilla surrounding the head (s); and (J) posterior spiracle (ps) and tuberculum formation, with spines (sp) in the extremities.

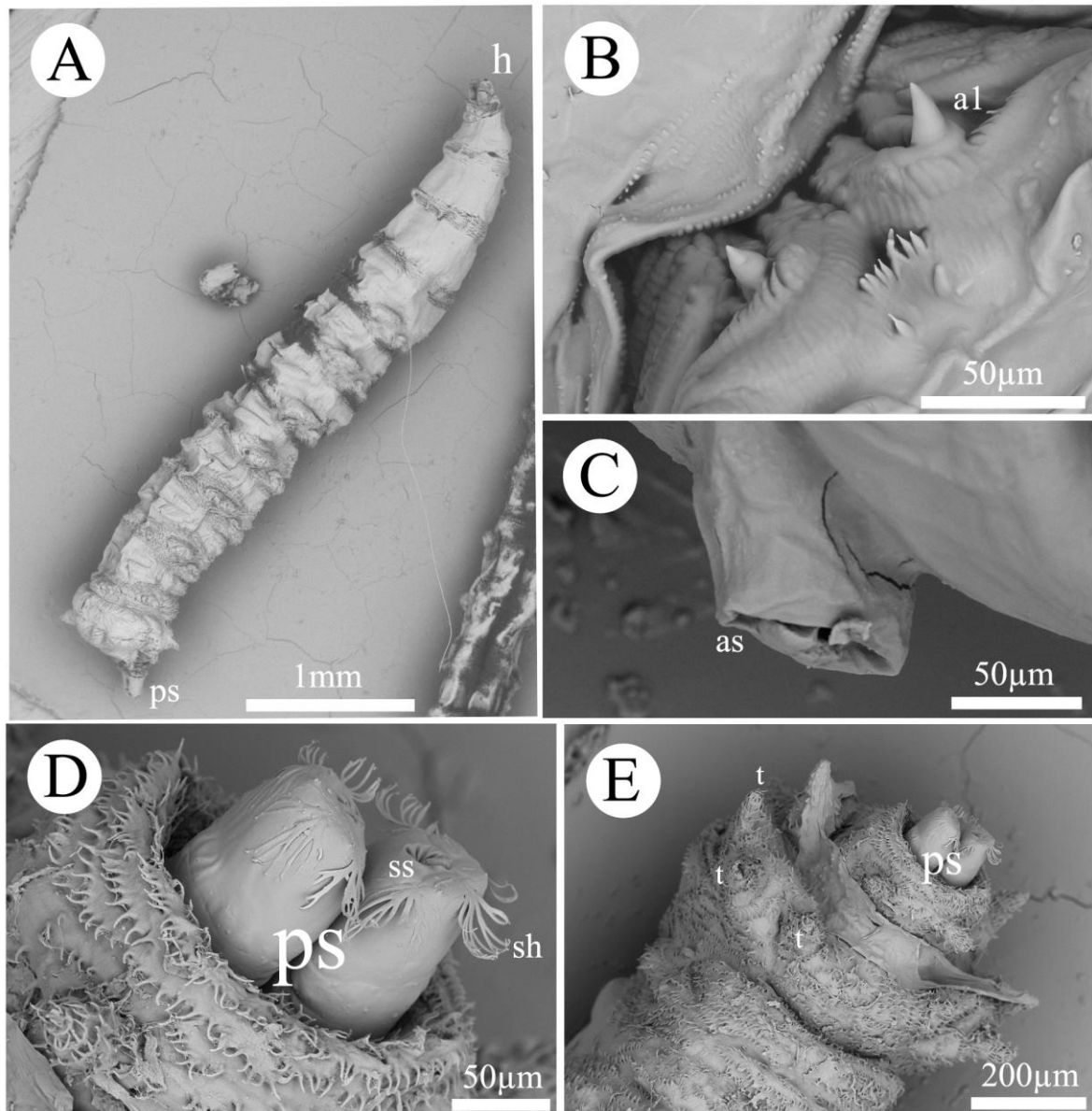


Figure 5. (A) Lateral view of a *Zaprionus indianus* second instar larva: head (h); segments I-XII indicating the absence of new segments from the first to second instar with developed posterior spiracles (ps); (B) antennae development (a1); (C) anterior spiracle formation (as); (D) developed posterior spiracles (ps) formed by an orifice surrounded by grooves (ss) and spiracular hair (sh); and (E) posterior region of the body with the presence of posterior spiracles (ps) and the development of tuberculum (t).

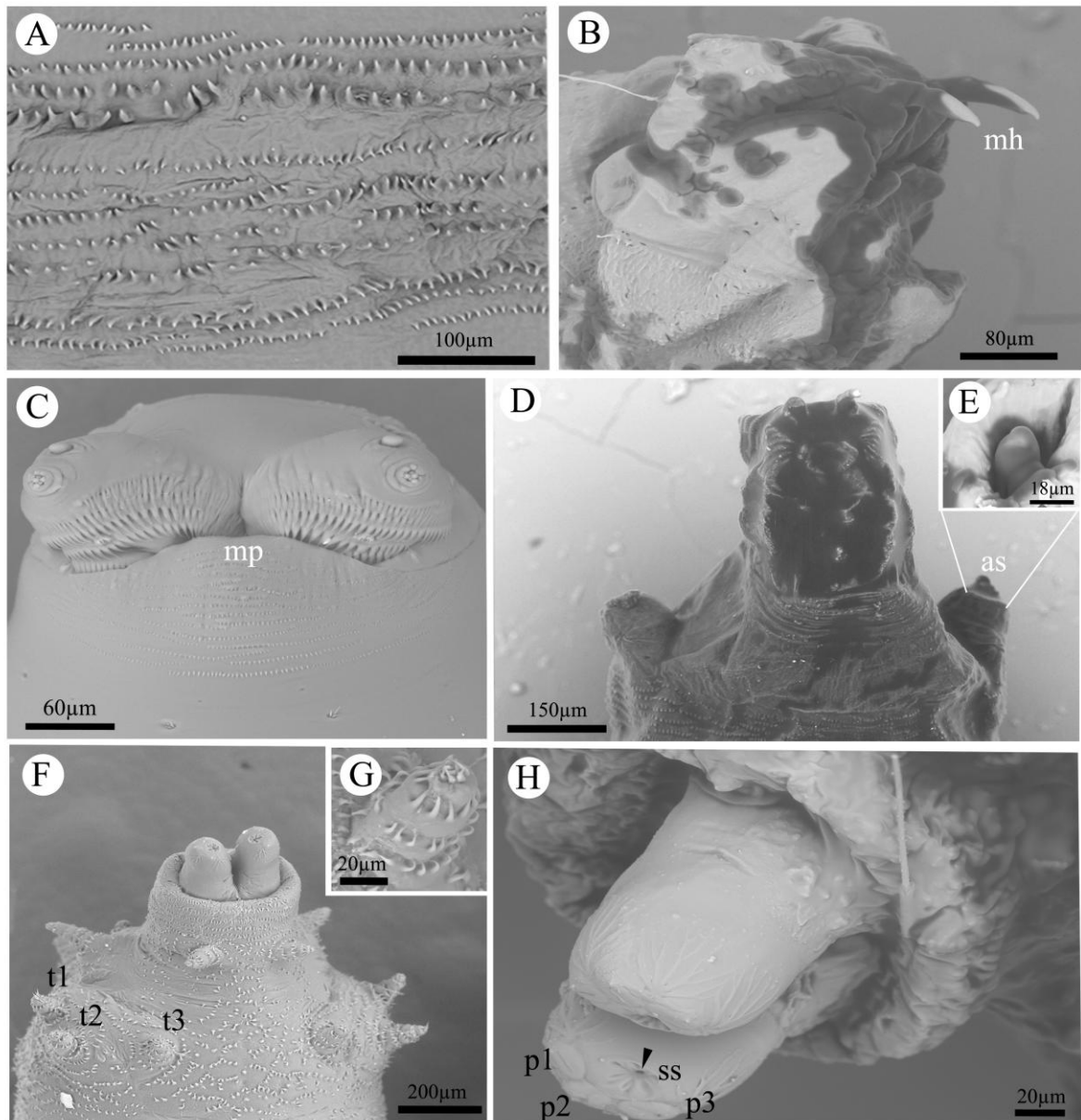


Figure 6. *Zaprionus indianus* third instar larva: (A) intersegmental spines of shorter length and distinct size and direction; cephalic region with fully developed (B) mouth hooks (mh) and (C) maxillary palp (mp), and (D) a head (h) and anterior spiracles (as); (E) detail of the anterior spiracle interior; (F) presence of tubercles distributed in sets of three in the posterior region (t1-3) covered with spines; (G) detail of the spines on a tubercle; and (H) posterior spiracle (ps) with an orifice surrounded by six slits (ss) and three papillae (p1-3).

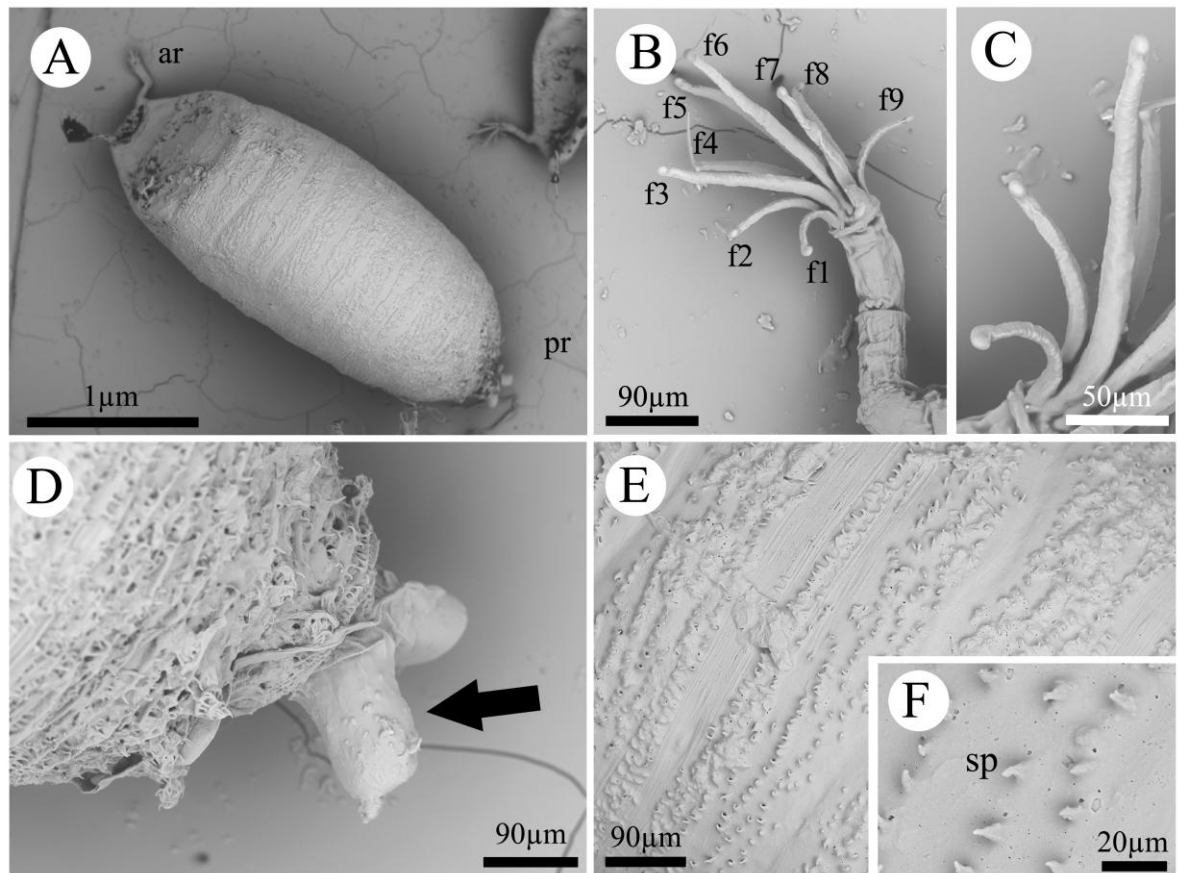


Figure 7. *Z. indianus* pupa: (A) the anterior region (ar) is wider than the posterior region (pr); (B) the respiratory filaments consist of 9 spiracular ramifications each (f1-9); (C) detail of the rounded ends of the filaments (f); (D) the posterior spiracles are located at the narrower end of the pupa (arrow); (E) the presence of spines on the tegument, with a triangular shape consisting of a wide base and narrow end; and (F) detail of the spines (sp) that are present on the tegument.

CAPÍTULO IV.

Avaliação de componentes da história de vida e preferência de locais para oviposição de *Zaprionus indianus* Gupta 1970 e *Drosophila simulans* Sturtevant 1919, via geometria nutricional.

Cristiane Matavelli¹, Nelson E. Martins² & Christen Mirth³

¹Programa de Pós Graduação em Zoologia, Departamento de Zoologia, Universidade Estadual Paulista, UNESP, 13506-900, Rio Claro, SP, Brasil.

²Evolution and Development/Host-Pathogen Interaction Laboratories, Instituto Gulbenkian de Ciência, IGC, 2780-156, Oeiras, Portugal

³Development, Evolution and the Environment Laboratory, Instituto Gulbenkian de Ciência, IGC, 2780-156, Oeiras, Portugal.

RESUMO

Introduzida no Brasil em 1999, *Zaprionus indianus* tem demonstrado ser um inseto-praga nas culturas de figo, uma vez que suas fêmeas depositam os ovos nos ostíolos dos sicônios, tornando-os impróprios para venda e consumo humano. Coletas realizadas em plantações de figo da região de Valinhos (SP) demonstraram, além do poder de infestação desta espécie, a presença de um segundo drosofilídeo invasor *Drosophila simulans*. Porém, apesar de ter sido introduzida a décadas no Brasil, diferentemente de *Z. indianus*, *D. simulans* nunca foi considerada uma praga nestas plantações. Diante da ocorrência de *Z. indianus* e *D. simulans* em um mesmo nicho e, sabendo-se que larvas de drosofilídeos que se utilizam de um mesmo substrato tendem a sofrer alterações em certos aspectos biológicos, o presente trabalho buscou avaliar, via geometria nutricional, aspectos como sobrevivência, tempo de desenvolvimento, tamanho do adulto, bem como escolha da fêmea quanto aos locais para oviposição para ambas as espécies. De forma geral, *Z. indianus* apresentou uma eficiência máxima destes parâmetros nas proporções de Proteína:Carboidrato de 1:2 e 1:4 (maior concentração de carboidratos), enquanto que *D. simulans* em proporção de 1:1 e 1:2 (maior concentração de proteínas). Diante disso, pode-se compreender melhor como *Z. indianus* chegou ao status de espécie-praga após cinco anos da sua introdução no Brasil, bem como a forma como contribui para a invasão de outras espécies de drosofilídeos nos figais.

Palavras – chave: aspectos biológicos; espécie praga; geometria nutricional; mosca-do-figo; requerimentos dietéticos; componentes da história de vida.

1. INTRODUÇÃO

Originária da região Afrotropical e diagnosticada no Brasil em 1999 (VILELA, 1999), *Zaprionus indianus* tem demonstrado ser uma espécie com um grande potencial colonizador, devido ao seu nicho ecológico amplo, o qual abrange uma grande variedade de recursos alimentares e uma capacidade de

adaptação a condições climáticas diversas (TIDON et al., 2003). Esta capacidade de colonização pode ser comprovada em meados dos anos 2000, quando registros já indicavam a presença desta espécie invasora por todo o Brasil (KATO et al., 2004). Apesar de presente e de se alimentar de recursos providos de diferentes Biomas brasileiros, como Mata Atlântica (DE TONI et al., 2001), Cerrado (LEÃO & TIDON, 2004) e Floresta Amazônica (AMADOR et al., 2011), foram nas plantações de figo-roxo *Ficus carica* L. (Moraceae) que esta espécie melhor se adaptou. Em função disso, após cinco anos da sua introdução, *Z. indianus* recebeu o status de inseto-praga dentro desta cultura (KATO et al., 2004), tornando-se assim popularmente conhecida como a mosca-do-figo.

A interação entre drosofilídeos e figueiras vem sendo pesquisada há várias décadas, pois seus sicônios atuam como importantes microhabitats para estas moscas (LACHAISE, 1977). No entanto, com a oviposição das fêmeas nos ostíolos dos sicônios e ao redor deles, mesmo ainda no início da sua fase de maturação (STEIN et al., 2003), os figos se tornam impróprios para venda e consumo humano, causando severos prejuízos econômicos aos seus produtores. Esta perda pode ser exemplificada com a safra de 1999 produzida na cidade de Valinhos (SP), quando 40% da produção de figo “in natura” e 80% para exportações precisaram ser descartadas em função da infestação dos sicônios por este inseto-praga (STEIN et al., 2003).

Coletas realizadas entre 2010/2011 em plantações de figo da região de Valinhos (SP) confirmaram o poder de infestação de *Z. indianus* nesta monocultura (MATAVELLI et al., capítulo I). No período de um ano, esta espécie foi capturada em todos os meses e representou 71% da assembleia de drosofilídeos ali presentes. Uma avaliação mais detalhada desta assembleia apontou ser *Drosophila simulans* a segunda espécie mais abundante, representando 15% desta assembleia (MATAVELLI et al., capítulo II). Este fato corrobora estudos prévios feitos com Drosophilidae em plantações de frutíferas do estado de São Paulo, os quais indicavam serem estas duas espécies as mais abundantes (PIRES & BELO, 2005).

Informações sobre a invasão de *D. simulans* no Brasil são escassas e o período exato da sua introdução permanece duvidoso (STURTEVANT, 1920). Apesar de ser uma espécie cosmopolita, registros indicam que sua introdução nos trópicos tenha ocorrido paralelamente à de *D. melanogaster*, ou seja, eram

ausentes anteriormente a 1870 e presentes após 1919 (STURTEVANT, 1920). No Brasil, seus primeiros registros datam 1920, nos estados de São Paulo e Mato Grosso (STURTEVANT, 1920; ROHDE et al., 2010). Contudo, mesmo após décadas da sua introdução, *D. simulans* nunca foi diagnosticada como uma ameaça às culturas de figo, não sendo assim, considerada uma espécie-praga.

Diante da ocorrência de *Z. indianus* e *D. simulans* no mesmo hábitat, alguns estudos envolvendo competição interespecífica entre ambas vêm sendo desenvolvidos. Estudos prévios mostram que larvas de drosofilídeos que utilizam um mesmo hábitat tendem a sofrer alterações em certos componentes da história de vida, como tempo de desenvolvimento e viabilidade ovo-adulto, em decorrência da competição existente entre elas e da possível restrição alimentar a que possam ser submetidos (KRIJGER et al., 2001; TU & TATAR, 2003; GALEGO & CARARETO, 2005). Segundo GALEGO & CARARETO (2005), as modificações observadas para estas duas espécies foram: *Z. indianus* foi capaz de reduzir a viabilidade e o tempo de desenvolvimento de *D. simulans*, podendo estes resultados serem uma resposta quanto à contaminação por resíduos metabólicos deixados no substrato durante o desenvolvimento larval ou uma decorrência da falta de recursos nutricionais, já que pela própria competição nem todas as larvas tem acesso ao substrato.

A qualidade nutricional é um fator positivamente relacionado às características de vida dos drosofilídeos e inversamente relacionado à capacidade competitiva, já que quando mal nutrido, os indivíduos diminuem o seu poder de competitividade (BEADLE et al., 1938; KRIJGER et al., 2001; COLOMBANI et al., 2003; TU & TATAR, 2003; MAIR et al., 2005; LEE et al., 2008). Desta forma, estudos envolvendo suas exigências nutricionais, sejam elas ingestão de macronutrientes (proteínas e aminoácidos) ou ganho de energia (calorias), se fazem necessários para se compreender a história de vida destes animais (LEE et al., 2008). Além disso, estudos prévios indicavam haver uma sucessão quanto à infestação dos sicônios pelos drosofilídeos, na qual estes seriam atacados inicialmente por espécies do gênero *Zaprionus*, ainda imaturos (verdes), e posteriormente pelas espécies do gênero *Drosophila*, grupo *melanogaster*, quando os frutos já estão apodrecendo (LACHAISE et al., 1982).

Levando-se em consideração as condições nutricionais encontradas no figo e as etapas fermentativas as quais esta fruta é submetida ao longo do seu

processo de amadurecimento, variando assim a quantidade de proteínas (P) e de carboidratos (C) disponíveis, uma hipótese foi formulada: *Zaprionus* conseguiria se adaptar e ter um maior desempenho em frutos com uma baixa proporção de P:C? Diante disso, analisar as exigências nutricionais de *Z. indianus* e *D. simulans* pode ser uma forma de se esclarecer questões importantes quanto ao modo de vida e de atuação de cada uma destas espécies nos figais brasileiros, bem como quanto a interação existente entre elas.

Para estas análises, modelos da área nutricional como “Geometric Framework” foram utilizados para estas duas espécies. Neste, a condição nutricional de um animal é representada como um ponto dentro do espaço nutricional de “n” dimensões (SIMPSON et al., 2003; CHENG et al., 2008). Dependendo da ingestão de macronutrientes e de calorias, os sistemas de regulação deste animal são capazes de alterar seu metabolismo de forma que atinjam um equilíbrio (CHENG et al., 2008) e, as consequências destes ajustes, podem ser vistas através de alterações em suas características biológicas. Diante disso, o presente trabalho buscou avaliar, via geometria nutricional, alterações em função destes ajustes nutricionais na sobrevivência, tempo de desenvolvimento e tamanho do adulto, bem como na escolha das fêmeas quanto a diferentes substratos para oviposição, tanto para *Z. indianus* quanto para *D. simulans*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Cultura estoque

Para este estudo, foram usados indivíduos de *Z. indianus* e de *D. simulans*. Os exemplares de *Z. indianus* foram obtidos das culturas estoque oriundas do Dr. Jean David (CNRS, Gif-Sur-Yvette, France), enquanto que *D. simulans* vieram de “*Drosophila* Species Stock Center” (número do estoque: 14021 0251.187). Uma vez no Instituto Gulbenkian de Ciências (IGC), estas moscas entraram no programa “Fly Facility”. Neste programa, as moscas são mantidas a temperatura de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ e regime de luz de 12L:12D. O “substrato teste” foi feito a base de dieta artificial (contendo levedura, açúcar, água, ágar 0,5%, nipagin 10% e ácido propiônico) preparada no laboratório “Development, Evolution and the Environment” do IGC, tanto para as culturas estoque quanto para os experimentos.

2.2. Geometria Nutricional

Utilizando-se a geração F_1 das culturas estoque, moscas foram criadas da fase de ovo até a fase adulta em uma das dietas preparadas (espécies separadamente), as quais apresentavam diferentes concentrações de calorias (0,18; 0,36 e 0,72 kcal/ml) distribuídas em cinco proporções de Proteína:Carboidrato (P:C) (adaptado de LEE et al., 2008). Para estas proporções, foram utilizados extrato de levedura como principal fonte de proteína, bem como sacarose como carboidrato, diluídos em 500 ml de água, de forma a produzir soluções de 1:1; 1:2; 1:4; 1:8 e 1:16 (Figura 1). A formação deste quadro nutricional foi possível em função das proteínas e dos carboidratos serem semelhantes quanto a sua concentração calórica (LEE et al., 2008). Todas as soluções eram acrescidas de ágar 0,5%. Após serem autoclavadas, foram adicionados as dietas 3 ml de ácido propiônico e 5 ml de Nipagen 10 % (diluído em etanol a 95 %). Cada dieta foi vertida em placas para oviposição (5 ml) e em potes para a realização dos experimentos (120 ml).

As moscas foram deixadas nas placas de oviposição “overnight” e, após este período, os adultos foram retirados (Figura 2). Após 24h da eclosão das larvas, 30 indivíduos foram transferidos para seus respectivos potes. Para cada tipo de dieta, três réplicas foram estabelecidas, todas oriundas do mesmo período de oviposição. O experimento foi mantido em câmara aclimatada, a uma temperatura de 25 ± 1 °C, 60-70% de umidade e fotoperíodo de 12L:12D. Foram avaliados os parâmetros: sobrevivência, tamanho do adulto via avaliação da fase “farata”, emergência dos adultos, tempo de desenvolvimento de ovo a pupa e de pupa a adulto.

2.2.1. Tempo de desenvolvimento

Para avaliar a sobrevivência de larva a pupa, a emergência dos adultos e indiretamente o tempo de desenvolvimento destes estágios imaturos, cada réplica foi revisada a cada 24h, até que todos os animais fossem contabilizados. Quando encontradas pupas, estas eram registradas e monitoradas até sua fase “farata”, quando eram pesadas. Esta fase é facilmente identificada, pois os indivíduos no interior da pupa apresentam o corpo formado, as asas escuras e os olhos vermelhos. Após as pesagens, as pupas eram colocadas em novos potes de

alimentação e novamente monitoradas (a cada 24h) até a emergência dos adultos. Os dias decorrentes destas avaliações eram registrados.

2.2.2. Tamanho do adulto

A medida de tamanho corporal foi obtida através do peso da fase “farata” dos adultos. Desta forma, o peso farata dos adultos foi obtido via pesagens individuais feitas em uma “Ultramicrobalance Sartorius SE2”. Para isso, as pupas eram removidas da dieta, lavadas e limpas com água e pincel e secadas em papel toalha. Uma vez pesadas, as pupas eram transferidas para um novo frasco com dieta para aguardar a emergência dos adultos.

2.3. Parâmetros nutricionais ótimos para desempenho larval

Segundo RODRIGUES et al. (em preparação), uma medida para a desempenho larval pode ser estimada através da combinação de alguns fatores: a multiplicação da sobrevivência pelo peso farata do adulto e sua divisão pelo tempo de desenvolvimento, considerando todos os tratamentos e réplicas envolvidas. Desta forma, a desempenho larval neste trabalho foi avaliada seguindo esta denominação.

2.4. Escolha da fêmea para oviposição

Acredita-se que as fêmeas escolham o local de oviposição de forma a maximizar o seu potencial reprodutivo, de modo que proporcionem uma maior sobrevivência aos seus descendentes. Para avaliar esta informação, uma análise sobre a preferência de substratos para oviposição foi realizada. Uma arena com três diferentes dietas (proporções de 1:1; 1:4 e 1:16) foi disponibilizada para as fêmeas, de forma que estas pudessem escolher entre elas (Figure 3). Estas arenas constituíam-se de: um copo plástico de 100 ml colocado sobre uma placa de Petri (6 cm de diâmetro), a qual possuía nove tampas de “eppendorfs” coladas (1,5 ml de volume) (Figure 4). As três dietas preparadas foram distribuídas entre estas nove tampas. Para este experimento, todas as proporções de P:C apresentavam a mesma concentração calórica (0,72 kcal/ml) e, para distinguir as dietas, foram adicionados a sua preparação corantes comestíveis (coloração vermelho, azul e verde). Todas as dietas foram tingidas com todas as cores e, para controlar uma possível preferência de cor pelas fêmeas, os ensaios foram

realizados no escuro. A relação cor/tipo de dieta foi replicada no mínimo quatro vezes (Figura 3). A escolha da fêmea quanto ao local para oviposição foi avaliada através da contagem do número de ovos colocados em cada tipo de dieta.

Os animais aqui utilizados foram criados desde sua fase de ovo até a emergência dos adultos na condição alimentar de 1:1, sendo mantidos em câmara aclimatada, a uma temperatura de 25 ± 1 °C, 60-70% de umidade e fotoperíodo de 12L:12D. Após a emergência dos adultos, estes foram transferidos para um novo frasco alimentar por onde permaneceram por quatro dias, tempo médio necessário para que as fêmeas de drosofilídeos comecem a produzir ovos (TYLER, 2003). Passado este período, 12 fêmeas e cinco machos ficaram expostos na arena por 15h, em ambiente totalmente escuro. Após este período, os adultos foram retirados e o número de ovos colocados em cada dieta/cor foi avaliado.

Este experimento foi realizado a principio com as espécies *Z. indianus* e *D. simulans* separadas e, posteriormente, realizou-se o mesmo experimento unindo ambas as espécies, a fim de se verificar a influência da presença de uma sobre a escolha da outra (Figura 4). Neste caso, colocou-se 10 fêmeas e cinco machos de cada espécie em uma determinada arena. A avaliação após a junção das espécies também se deu pela contagem dos ovos (Figura 5), já que estes diferem entre as espécies: ovos de *Z. indianus* possuem na sua porção anterior quatro filamentos (MATAVELLI et al., 2013) enquanto que ovos de *D. simulans* apresentam apenas dois (STURTEVANT, 1919).

2.5. Análise Estatística

Os resultados foram plotados na matriz nutricional P:C via função de Loess (CLEVELAND, 1979, 1981, CLEVELAND & DEVLIN, 1988). Foram identificados o ótimo nutricional para sobrevivência, tempo de desenvolvimento, tamanho do adulto (via fase farata) e desempenho larval, utilizando modelos lineares mistos e as réplicas de forma aleatória. Para analisar os dados sobre a escolha das fêmeas quanto a locais para oviposição, foi calculado seu índice de preferência usando teste de Wilcoxon. Todas as análises estatísticas foram realizadas no R, usando os pacotes lme4 (modelos lineares mistos), stats (modelos lineares generalizados, loess fits e Wilcoxon signed rank) e glht (comparações múltiplas).

3. RESULTADOS

3.1. Geometria nutricional

Com uma densidade inicial definida (N=30 por espécie) as larvas de *Z. indianus* e de *D. simulans* foram submetidas separadamente a 15 diferentes dietas, as quais variaram na quantidade de P:C e de calorias (adaptado de LEE et al., 2008). Para *Z. indianus*, as proporções de P:C de 1:2 e 1:4, nas concentrações calóricas de 0,18 e 0,36 kcal/ml (Figura 6), proporcionam a maior sobrevivência para seus indivíduos (ANOVA glm, family=quasibinomial, $p = 0.04865$). Para *D. simulans*, os mesmos resultados foram obtidos entre 1:1 e 1:2, na concentração de 0,72 kcal/ml (ANOVA glm, family=quasibinomial, $p = 4.585e-10$) (Tabela 1).

3.1.1. Tempo de desenvolvimento

Diante das diferentes dietas testadas, os insetos foram avaliados (em dias) quanto ao tempo de desenvolvimento de larva a pupa e de pupa a adulto. Analisando-se o tempo de formação das pupas, pode-se dizer que a interação entre diferentes concentrações calóricas e as diferentes proporções P:C afetaram significativamente o tempo de desenvolvimento de ambas as espécies (*Z. indianus*: ANOVA lme, $p = 1e-04$; *D. simulans*: ANOVA lme, $p < 0.0001$). Observou-se que, quanto maior a concentração calórica e menores as proporções de P:C, menor foi o tempo de desenvolvimento de ovo a pupa. De forma geral, *Z. indianus* se desenvolveu de forma mais lenta do que *D. simulans*, variando esta de 4 a 10 dias e aquela de 6 a 14 dias (Tabela 2). Quanto a formação dos adultos (pupa a adulto), pode-se observar que independente da concentração calórica ou da proporção P:C, o tempo de desenvolvimento foi o mesmo, sendo em média 6 dias para *Z. indianus* e 4-5 dias para *D. simulans*.

Dentro da grade nutricional aqui testada, *Z. indianus* apresentou como condição ótima de desenvolvimento as proporções 1:1 e 1:2 na concentração de 0,72 kcal/ml e, *D. simulans*, as proporções de 1:1 e 1:2 em todas as concentrações (0,18; 0,36 e 0,72 kcal/ml) (Figura 6).

3.1.2. Tamanho do adulto

O tamanho do adulto de *Z. indianus* e de *D. simulans* foi inferido via peso farata do adulto (Tabela 3). Para *Z. indianus*, observou-se uma diferença significativa entre as concentrações calóricas (ANOVA lme, $F = 39.79$, $p < 0.0001$) e entre as proporções P:C testadas (ANOVA lme, $F = 254.06$, $p < 0.0001$). Dessa forma, quanto maior a concentração calórica, maior o peso e, conforme são aumentadas as proporções P:C, diminui-se o peso. Já para *D. simulans*, essa diferença só foi observada para as proporções P:C (ANOVA lme, $F = 50.778$, $p < 0.0001$). Assim, mesmo quando há um aumento das concentrações calóricas *D. simulans* não apresenta um ganho de peso, porém quando são aumentadas as proporções P:C o seu peso diminui.

Dentre as dietas testadas, os maiores indivíduos foram obtidos nas proporções 1:1 e 1:2 (nas concentrações 0,36 e 0,72 kcal/ml) para *Z. indianus* e, 1:1 (nas concentrações 0,18; 0,36 e 0,72 kcal/ml) para *D. simulans* (Figura 7).

3.1. Parâmetros nutricionais ótimos para desempenho larval

O desempenho larval para ambas as espécies é influenciada tanto pela concentração calórica disponível (*Z. indianus*: ANOVA lme, $F = 8.6701$, $p = 0.0011$; *D. simulans*: ANOVA lme, $F = 34.2218$, $p < 0.0001$) como pelas proporções P:C a que estão submetidas (*Z. indianus*: ANOVA lme, $F = 57.8559$, $p < 0.0001$; *D. simulans*: ANOVA lme, $F = 136.5324$, $p < 0.0001$). Para *Z. indianus*, seu desempenho máximo foi atingido nas proporções 1:1 e 1:2 (nas concentrações 0,36 e 0,72 kcal/ml), enquanto que para *D. simulans*, isto ocorreu na proporção 1:1 (concentração de 0,72 kcal/ml) (Figura 7).

3.2. Escolha da fêmea quanto ao local para oviposição

A preferência das fêmeas de *Z. indianus* se deu em alimentos com proporção de 1:4 e 1:16 e, para *D. simulans*, pelas dietas com a proporção de 1:1. Estes resultados, quando analisados juntamente com o item 3.1, demonstram que as fêmeas de ambas as espécies buscam depositar seus ovos nos substratos que proporcionam uma maior sobrevivência para seus descendentes. No entanto, o

mesmo não ocorre para *Z. indianus* em relação ao desempenho larval, no qual esta espécie apresenta o seu melhor entre 1:1 e 1:2.

Quando colocadas na mesma arena e sobre a influência da presença de uma sobre a outra (espécies agrupadas), a proporção de 1:1 (Wilcoxon ranks test, $p = 0.004883$) e 1:4 (Wilcoxon ranks test, $p = 0.01367$) se diferenciaram significativamente quando analisada para *Z. indianus*; ou seja, diante do baixo número de ovos colocados na proporção de 1:1 acredita-se que esta espécie evita a oviposição neste substrato quando em competição, sendo o oposto observado para a proporção de 1:4, na qual *Z. indianus* aumenta o número de ovos colocados, demonstrando haver uma forte preferência por ela. Já *D. simulans* não demonstrou uma preferência dentre os três substratos analisados (Tabela 4; Figura 8).

4. DISCUSSÃO

Nas últimas décadas, novas abordagens envolvendo estudos nutricionais vêm sendo utilizadas, uma vez que estas tem possibilitado compreender como diferentes organismos regulam seu metabolismo diante da ingestão de macronutrientes e, de certa forma, também têm auxiliado a solucionar questões envolvendo evolução, genética e desenvolvimento, dentre outras. Técnicas como “Geometric Framework (GF)” tem sido aplicadas em insetos, pássaros, peixes e ratos, com resultados satisfatórios (SIMPSON et al., 2003). Nesta, considera-se que um organismo está inserido em um quadro nutricional de n-dimensões, em que cada uma delas representa um componente importante da sua alimentação. O estado nutricional do organismo é descrito como um ponto no interior destas dimensões (SIMPSON et al., 2003), sendo sua localização calculada em função da sua ingestão. Neste quadro nutricional, quando designada a proporção de P:C 1:1, entendem-se que para cada uma unidade de proteína consumida, consome-se também uma unidade de carboidrato, enquanto que, na proporção de 1:2 um nutriente foi consumido duas vezes mais que o outro (CHENG et al., 2008).

Ao se alimentar, um organismo altera o seu estado nutricional inicial. Um ponto de equilíbrio nesta ingestão tende a maximizar seu desempenho em diferentes aspectos biológicos. Por outro lado, quando presente em uma dieta nutricionalmente desequilibrada em termos nutricionais, os organismos não conseguem satisfazer os seus requisitos ideais de ingestão e acabam por ingerir

certos nutrientes em excesso, para corrigir as deficiências decorrentes de outros. Nestas condições, o organismo deve ser capaz de anular os excessos ingeridos ou de conservar os nutrientes em falta, caso contrário, não será capaz de regular seu metabolismo e desenvolver-se. Técnicas como o GF possibilitam analisar métricas variadas quanto à necessidade de nutrientes nos organismos e à influência dessas no seu desenvolvimento (SIMPSON et al., 2003).

Analisando-se o quadro nutricional montado para *Z. indianus* e para *D. simulans*, foi possível observar que ambas as espécies se mostraram capazes de se adequar à disponibilidade de P:C e de calorias, conseguindo equilibrar a ingestão destes macronutrientes, de forma a maximizar seu desempenho (ver tabelas). Quanto a proporção de P:C, *Z. indianus* de forma geral apresenta um aumento na eficiência de seus parâmetros vitais (sobrevivência, tempo de desenvolvimento, tamanho do adulto e desempenho larval) quando suas larvas se desenvolvem em substratos com maior quantidade de carboidratos (1:2 e 1:4), já *D. simulans* esse aumento na eficiência se dá em substratos com maior quantidade de proteínas (1:1 e 1:2). Em relação à concentração calórica, *Z. indianus* aparenta sofrer maior influência desta do que *D. simulans*, se desenvolvendo melhor em substratos com teor calórico mais elevado (preferencialmente acima de 0,36 kcal/ml), diferentemente de *D. simulans*, na qual o teor calórico não atua sobre alguns aspectos biológicos (tempo de desenvolvimento e tamanho do adulto).

Com relação às escolhas das fêmeas quanto aos locais para oviposição, era esperado que as fêmeas escolhessem os substratos nos quais seus imaturos tivessem o melhor desempenho larval, fato não observado quando *Z. indianus* e *D. simulans* se encontravam juntas em um mesmo substrato. Desta forma, acredita-se que a escolha do local para a oviposição aconteça de forma a minimizar os danos causados pela competição entre suas larvas, já que estudos mostram uma redução significativa na viabilidade *D. simulans* (21,4%), quando em substratos contaminados com resíduos larvais de *Z. indianus* (GALEGO & CARARETO, 2005).

Como citado anteriormente, existe uma relação entre estas duas espécies e as monoculturas de figo-roxo no Brasil. A relação entre drosofilídeos e figueiras vem sendo estudada a muitas décadas, principalmente com os figos tropicais africanos (LACHAISE et al., 1977, 1982; LACHAISE & TSACAS, 1983). De forma

geral, os sicônios dos figos atuam como um microhabitat para os drosofilídeos (LACHAISE, 1977), onde encontram proteção, alimento e substrato para oviposição. A utilização deste microhabitat é ainda facilitada pela morfologia do fruto, o qual apresenta o ostíolo aberto, sendo este a via de entrada e infestação por estes animais (STEIN et al., 2003; FLAISHMAN et al., 2008).

Além disso, em termos nutricionais, o figo-roxo é uma fruta que apresenta, em média, 16 vezes mais carboidratos do que proteínas na sua composição (FLAISHMAN et al., 2008). As sucessivas etapas fermentativas ocorridas nos figos durante o seu processo de amadurecimento e apodrecimento causam alterações nos sicônios e, conseqüentemente, alteram as condições nutricionais deste microhabitat, aumentando a quantidade de leveduras e, por conseguinte, de proteínas (LACHAISE, 1977; STEINKRAUS, 1997).

Estas informações são de extrema importância, pois possibilitam a compreensão do porque *Z. indianus* ter se tornado uma espécie-praga nos figais brasileiros. Registros já apontavam como sendo *Z. indianus* a pioneira aos ataques nos sicônios nos figais, antes mesmo do período da colheita dos frutos (STEIN et al., 2003, MATAVELLI et al., capítulo I). Os resultados aqui obtidos explicam o fato de *Z. indianus*, diferentemente dos demais drosofilídeos, atacar os sicônios no início da sua fase de maturação: esta espécie requer uma maior quantidade de carboidratos para desenvolver com maior eficiência seus parâmetros vitais. A partir do momento que os frutos iniciam sua maturação e aumentam a fermentação no interior dos seus sicônios, este deixa de ser o ideal para *Z. indianus*, e passa a ser para *D. simulans*, a qual necessita uma maior quantidade de proteínas. Um levantamento da abundância entre estas espécies já havia sido feito por LACHAISE et al. (1982) em sicônios de 12 espécies de figos africanos diferentes, sendo que os resultados obtidos foram corroborados pelos encontrados no presente estudo. Outro exemplo da preferência de *Z. indianus* por frutos verdes se dá na utilização de *Solanum lycocarpum*, um fruto nativo do cerrado brasileiro. Nele, *Z. indianus* mostra ser a espécie dominante dentre os drosofilídeos coletados durante esta fase de amadurecimento (LEÃO & TIDON, 2004).

Estas informações esclarecem outro ponto intrigante ocorrido nos figais brasileiros: o fato de *D. simulans* ter sido introduzida e de estar estabelecida no país há tantas décadas e não ter se tornado praga nestas plantações. Pelo fato

da sua exigência nutricional requerer uma maior quantidade de proteínas, esta espécie busca frutas maduras nos figais, porém geralmente não as encontram, uma vez que os figos são produzidos para comercialização e, por se tratar de uma fruta climatéria (FLAISHMAN et al., 2008), são colhidos verdes para chegarem sadios aos seus destinos. Desta forma, os figos são colhidos antes que os sicônios se encontrem em condições ótimas para os exemplares desta espécie.

Esta variação sazonal entre as populações de *Z. indianus* e *D. simulans* nos figos permite com que ambas as espécies coexistam neste mesmo recurso, de forma a minimizar os danos causados pela competição direta. Um exemplo disso é a preferência dos locais de oviposição por suas fêmeas, associada ao tempo de desenvolvimento dos imaturos. No presente trabalho, as fêmeas mantiveram os mesmos padrões estabelecidos para os parâmetros vitais, sendo que *Z. indianus* deposita preferencialmente seus ovos em locais com maior quantidade de carboidrato (início da maturação dos sicônios) e *D. simulans* de proteína (final da maturação dos sicônios). Verificou-se também uma diferença no tempo de desenvolvimento de *Z. indianus* e *D. simulans*, sendo aquela mais lenta que esta última. Porém, como *Z. indianus* realiza sua oviposição anteriormente a *D. simulans* acredita-se que, quando *D. simulans* inicia sua fase imatura de larvas, *Z. indianus* já esteja abandonando os sicônios para pupação, minimizando os confrontos. Esta possibilidade de sucessão entre as espécies corrobora os dados encontrados por LACHAISE et al. (1982) em figos africanos.

Ademais, GOMES et al. (2003) realizaram análises microbiológicas em figos contaminados por *Z. indianus* e encontraram uma única espécie de levedura associada a este drosofilídeo: *Candida tropicalis*. Os resultados mostraram ainda haver uma baixa variabilidade genética entre seus isolados, indicando uma relação muito estreita entre estes dois organismos. Assim, uma vez que fêmeas de *Z. indianus* colocam seus ovos nos sicônios, estes também recebem as leveduras que, imediatamente, iniciam o processo de fermentação e aumentam a proporção de proteínas no meio. Para LACHAISE (1977) a colonização dos figos pelos drosofilídeos também está associada ao desenvolvimento da flora microbiana nele inserida. Com isso, acredita-se que *Z. indianus*, além de ser capaz de infestar as plantações ainda com seus sicônios verdes, apresenta essa associação com *C. tropicalis*, que propicia às demais espécies de drosofilídeos

condições ótimas para que estas iniciem também suas infestações antes mesmo do amadurecimento das frutas, contaminando de forma mais severa as plantações. Este fato possibilita compreender a alteração quanto à escolha de substrato para oviposição de *D. simulans* quando em contato com *Z. indianus* no presente estudo: sua preferência por substratos com diferentes proporções de P:C deixou de existir.

Portanto, *Z. indianus* não só prejudica a produção dos figos com suas contaminações como também atua como um “facilitador” para invasões de outras espécies neste ambiente. LACHAISE & TSACAS (1983) sugere que os drosofilídeos regulam a colocação dos seus ovos nos figos em função do desenvolvimento da fruta e das leveduras ali presentes. Assim, cada espécie apresentaria um período e um local no interior da fruta para oviposição, bem como suas larvas se manteriam agrupadas e isoladas de outras espécies em áreas específicas no interior dos sicônios. Neste caso, este processo “facilitador” promovido por *Z. indianus* poderia acelerar este sistema. Contudo, novos testes se fazem necessários para se confirmar seu funcionamento.

Diante dos dados aqui apresentados, a utilização da técnica de geometria nutricional foi capaz de auxiliar na compreensão de como efeitos de ingestão de macronutrientes interferem em alguns parâmetros da história de vida destas espécies, na relação existente entre elas, bem como com o ambiente em que vivem.

5. AGRADECIMENTOS

C. Matavelli agradece ao Instituto Gulkenkian de Ciências (Oeiras/Portugal) por permitir a realização deste estudo em suas dependências e ao Dr. Jean David por ter cedido os indivíduos de *Zaprionus indianus* utilizados neste estudo. Agradece também ao Prof. Claudio J. Von Zuben por ter estimulado a ida a Portugal e pela leitura crítica deste manuscrito. A Marisa Oliveira, Marta Rivera Alba e, em especial Maria Carvalho e Claudia Mendes, pelas técnicas ensinadas e discussões realizadas. C. Mirth agradece N. E. Martins pela elaboração dos “scripts” que possibilitaram realizar as análises estatísticas e as figuras deste trabalho. C. Matavelli agradece por fim ao CNPq pela bolsa de doutorado (Processo n.140903/2010-0) e a CAPES pela bolsa PDSE (Processo: 12281/12-3).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADOR, R.B.; MARTINS, M.B. & FURTADO, I.S.** 2011. Is *Zaprionus indianus* invading a preserved Amazon forest? *Dros. Inf. Serv.* 94: 73.
- BEADLE, G.W., TATUM, E.L., AND CLANCY, C.W.** 1938. Food level in relation to rate of development and eye pigmentation in *Drosophila melanogaster*. *Biol. Bull.* 75: 447-462.
- CHENG, K.; SIMPSON, S.J. & RAUBENHEIMER, D.** 2008. A Geometry of Regulatory Scaling. *Am. Nat.* 72: 681-693.
- CLEVELAND, W.S.** 1979. "Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots". *J. Am. Stat. Assoc.* 74: 829–836.
- CLEVELAND, W.S.** 1981. "LOWESS: A program for smoothing scatterplots by robust locally weighted regression". *Am. Stat.* 35:54.
- CLEVELAND, W.S. & DEVLIN, S.J.** 1988. "Locally-Weighted Regression: An Approach to Regression Analysis by Local Fitting". *J. Am. Stat. Assoc.* 83: 596–610.
- COLOMBANI J., RAISIN S., PANTALACCI S., RADIMERSKI T., MONTAGNE J., LEOPOLD P.** 2003 A nutrient sensor mechanism controls *Drosophila* growth. *Cell.* 114: 739-749.
- DE TONI, D.C.; HOFMANN, P.R.P. & VALENTE, V.L.S.** 2001. First record of *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in the State of Santa Catarina, Brazil. *Biotemas.* 14: 71-85.
- FLAISHMAN, M.A.; RODOV, V. & STOVER, E.** 2008. The Fig: Botany, Horticulture, and Breeding. *Horticultural Reviews.* 34: 113-197.

- GALEGO, L.G.C & CARARETO, C.M.A.** 2005. Intraspecific and interspecific pre-adult competition on the Neotropical region colonizer *Zaprionus Indianus* (Diptera: Drosophilidae) under laboratory conditions. *Bragantia*. 64: 249-255.
- GOMES, L.H.; ECHEVERRIGARAY, S.; CONTI, J.H.; LOURENÇO, M.V.M.; DUARTE, K.M.R.** 2003. Presence of the yeast *Candida tropicalis* in figs infected by the fruit fly *Zaprionus indianus* (Dip.: Drosophilidae). *Braz. J. Microbiol.* 34: 5-7.
- KATO, C.M.; FOUREAUX, L.V.; CÉSAR, R.A. & TORRES, M.P.** 2004. Ocorrência de *Zaprionus indianus*, Gupta, 1970, (Díptera: Drosophilidae) no Estado de Minas Gerais. *Ciênc. Agrotéc.* 28: 454-455.
- KRIJGER, C.L.; PETERS, Y.C. & SEVENSTER, J.G.** 2001. Competitive ability of neotropical *Drosophila* predicted from larval development times. *Oikos*. 92: 325-332.
- LACHAISE, D.** 1977. Niche Separation of African *Lissocephala* within the *Ficus* Drosophilid Community. *Oecologia*. 31: 201-214.
- LACHAISE, D. & TSACAS, L.** 1983. Breeding- sites in tropical african drosophilids. In: ASBURNER, M.; CARSON, H.L.; THOMPSON, J.N.JR. (Ed.). *The genetics and biology of Drosophila*. London: Academic Press. 3: 221:332.
- LACHAISE, D.; TSACAS, L. & COUTURIER. G.** 1982. The Drosophilidae Associated with Tropical African Figs. *Evolution*. 36: 141-151.
- LEÃO, B.F.D. & TIDON, R.** 2004. Newly invading species exploiting native host-plants: the case of the African *Zaprionus indianus* (Gupta) in the Brazilian Cerrado (Diptera, Drosophilidae). *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 40: 285-290.
- LEE K.P.; CORY J.S.; WILSON K.; RAUBENHEIMER D. & SIMPSON S.J.** 2008. Flexible diet choice offsets protein costs of pathogen resistance in a caterpillar. *Proc. R. Soc. B.* 273: 823-829.

- MATAVELLI, C.; ZARA, F.J. & VON ZUBEN, C.J.** 2013. Post-Embryonic development in *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae). Ann. of the Entomol. Soc. Am., 106:779-787.
- PIRES, D.J. & BÉLO, M.** 2005. Flies collected in orchards. Dros. Inf. Serv. 88: 69-72.
- RODRIGUES, M.; MARTINS, NELSON; BALANCÉ, LARA; BROOM, LARA; DIAS, ANTÓNIO; FERNANDES, ANA; RODRIGUES, FÁBIO; SUCENA, ÉLIO; MIRTH, CHRISTEN.** Mismatch between optimal larval diet, larval feeding and adult oviposition preference in *Drosophila melanogaster* (in preparation).
- ROHDE, C.; SILVA, D.M.I.O.; JUCÁ, J.C.L.A., MONTES, M.A. & GARCIA, A.C.L.** 2010. Espécies invasoras da Família Drosophilidae (Diptera, Insecta) em ambientes da caatinga de Pernambuco. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica. 7: 227-240.
- SIMPSON, S.J.; BATLEY, R. & RAUBENHEIMER, D.** 2003. Geometric analysis of macronutrient intake in humans: the power of protein? Appetite. 41: 123–140.
- STEIN, C.P.; TEIXEIRA, E.P. & NOVO, J.P.S.** 2003. Aspectos biológicos da mosca do figo, *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera: Drosophilidae). Entomotropica. 18: 219-221.
- STEINKRAUS, K.H.** 1997. Classification of fermented foods: worldwide review of household fermentation techniques. Food Control. 8: 311–317.
- STURTEVANT, A.H.** 1920. Genetic studies on *Drosophila simulans*. I. Introduction. Hybrids with *Drosophila melanogaster*. Genetics. 5: 488-500.

- TIDON, R.; LEITE, D.F. & LEÃO, B.F.D.** 2003. Impact of colonization of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the Neotropical Region: 2 years after the invasion. *Biol. Conserv.* 112: 299-305.
- TU, M.-P. & TATAR, M.** 2003. Juvenile diet restriction and the aging and reproduction of adult *Drosophila melanogaster*. *Aging Cell.* 2: 327–333.
- TYLER, M. S.** 2003. *Developmental biology: a guide for experimental study*, 3rd ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- VILELA, C. R.** 1999. Is *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Díptera, Drosophilidae) currently colonizing the Neotropical Region? *Drosoph. Inf. Serv.* 82: 37-39.

Tabela 1. Valores de sobrevivência para *Zaprionus indianus* e *Drosophila simulans* diante de diferentes condições alimentares.

Sobrevivência média (N)	P:C	<i>Z. indianus</i>						<i>D. simulans</i>					
		[0,18g/L]		[0,36g/L]		[0,72g/L]		[0,18g/L]		[0,36g/L]		[0,72g/L]	
		Pupa	Adulto	Pupa	Adulto	Pupa	Adulto	Pupa	Adulto	Pupa	Adulto	Pupa	Adulto
	1:1	30	22	30	25	30	22	28	23	29	28	30	30
	1:2	30	27	30	27	30	21	26	18	29	27	30	29
	1:4	30	26	30	26	30	24	25	17	20	14	28	23
	1:8	28	23	30	25	30	25	25	20	20	11	25	26
	1:16	27	21	28	22	28	20	24	20	17	12	16	11

Tabela 2. Valores relacionados ao tempo de desenvolvimento de *Zaprionus indianus* e *Drosophila simulans*.

	[0,18g/L]					[0,36g/L]					[0,72g/L]				
	1:1	1:2	1:4	1:8	1:16	1:1	1:2	1:4	1:8	1:16	1:1	1:2	1:4	1:8	1:16
Desenvolvimento ovo-pupa (dias)															
<i>Zaprionus indianus</i>															
Mínimo	5	7	8	8	10	5	6	5	7	9	5	5	5	8	9
Q1	6	8	9	12	13	6	7	7	10	12	5	5	7	9	12
Mediana	8	9	10	13	14	7	8	8	10	13	6	6	7	10	13
Q3	8	10	11	14	15	8	8	8	11	15	7	6	7	10	15
Máximo	9	11	12	18	20	11	9	10	15	19	8	8	10	13	20
<i>Drosophila simulans</i>															
Mínimo	5	5	5	5	6	4	4	5	6	6	4	4	4	6	7
Q1	6	6	6	6	8	5	5	6	7	7	4	4	5	7	8
Mediana	6	6	6	7	8	5	5	7	8	9	4	4	5	8	10
Q3	6	7	7	8	9	5	6	8	11	11	4	5	6	11	16
Máximo	9	11	14	14	15	6	7	15	17	16	4	5	9	15	21
Desenvolvimento pupa-adulto (dias)															
<i>Zaprionus indianus</i>															
Mínimo	5	5	4	4	4	4	5	5	3	5	5	5	5	5	5
Q1	6	6	6	5	5	6	5	5	6	6	6	6	6	6	6
Mediana	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Q3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Máximo	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
<i>Drosophila simulans</i>															
Mínimo	3	3	3	2	3	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4
Q1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mediana	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	5	5	4	5
Q3	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5
Máximo	5	5	5	5	5	6	5	5	6	6	5	5	5	5	5

Tabela 3. Parâmetros encontrados para *Zaprionus indianus* e *Drosophila simulans* em relação ao tamanho do adulto.

	[0,18g/L]					[0,36g/L]					[0,72g/L]				
	1:1	1:2	1:4	1:8	1:16	1:1	1:2	1:4	1:8	1:16	1:1	1:2	1:4	1:8	1:16
Peso farata (mg)															
<i>Zaprionus indianus</i>															
Mínimo	1.0127	1.3663	1.0175	0.5999	0.5217	0.7820	1.2438	1.1174	0.0958	0.6517	1.0297	1.4939	1.3200	0.7432	0.7206
Q1	1.4680	1.5673	1.3807	0.9966	0.8079	1.7186	1.5791	1.5501	1.1888	0.9598	1.6494	1.6920	1.5543	1.2124	1.0526
Mediana	1.6093	1.6640	1.5210	1.1662	0.9352	1.8139	1.6750	1.6394	1.3385	1.1050	1.8226	1.7616	1.6427	1.3181	1.1570
Q3	1.7306	1.7310	1.6461	1.2810	1.0555	1.9176	1.7836	1.7241	1.4626	1.2148	1.8928	1.8394	1.7586	1.4503	1.3018
Máximo	2.0364	1.9751	1.8358	1.5448	1.2938	2.0409	1.9364	1.9409	1.7477	1.4853	2.0766	1.9970	2.1188	1.7676	1.4197
<i>Drosophila simulans</i>															
Mínimo	0.5593	0.3107	0.3334	0.3188	0.2215	0.7197	0.5747	0.1978	0.2441	0.3697	0.7216	0.6642	0.5521	0.4085	0.4052
Q1	0.7537	0.6876	0.6872	0.6434	0.6615	0.8897	0.7725	0.6439	0.5882	0.5761	0.8423	0.7563	0.7104	0.5607	0.6063
Mediana	0.8655	0.7938	0.7647	0.7745	0.7423	0.9696	0.8521	0.7600	0.7431	0.7825	0.9448	0.8121	0.8162	0.7899	0.6828
Q3	1.0623	0.9118	0.8668	0.9825	0.8458	1.0641	0.9728	0.8825	0.8550	0.8561	1.0530	0.9323	0.8893	0.8827	0.8373
Máximo	1.2776	1.1431	1.1225	1.1596	0.9741	1.2046	1.2564	1.3295	1.6003	1.0947	1.1703	1.0703	1.0612	1.1114	1.0612

Tabela 4. Preferência em relação aos locais de oviposição para as fêmeas de *Zaprionus indianus* e *Drosophila simulans*. Concentração calórica de 0,72g/L.

	N dietas disponíveis	N ovos depositados	% ovos depositados	N dietas com ovos	N dietas sem ovos	p
Espécies isoladas						
<i>Zaprionus indianus</i>						
1:1	22	93	13	12	10	-
1:4	22	288	42	18	4	0.0029
1:16	22	310	45	20	2	0.0012
Total	66	691	100	50	16	-
<i>Drosophila simulans</i>						
1:1	12	579	40	12	0	0.0360
1:4	12	485	33	12	0	-
1:16	12	394	27	12	0	-
Total	36	1458	100	36	0	-
Espécies em competição						
<i>Zaprionus indianus</i>						
1:1	12	98	14	10	2	0.00488
1:4	12	327	47	11	1	0.01367
1:16	12	275	39	11	1	-
Total	36	700	100	32	4	-
<i>Drosophila simulans</i>						
1:1	12	890	40	12	0	-
1:4	12	626	28	11	1	-
1:16	12	684	31	12	0	-
Total	36	2200	100	35	1	-

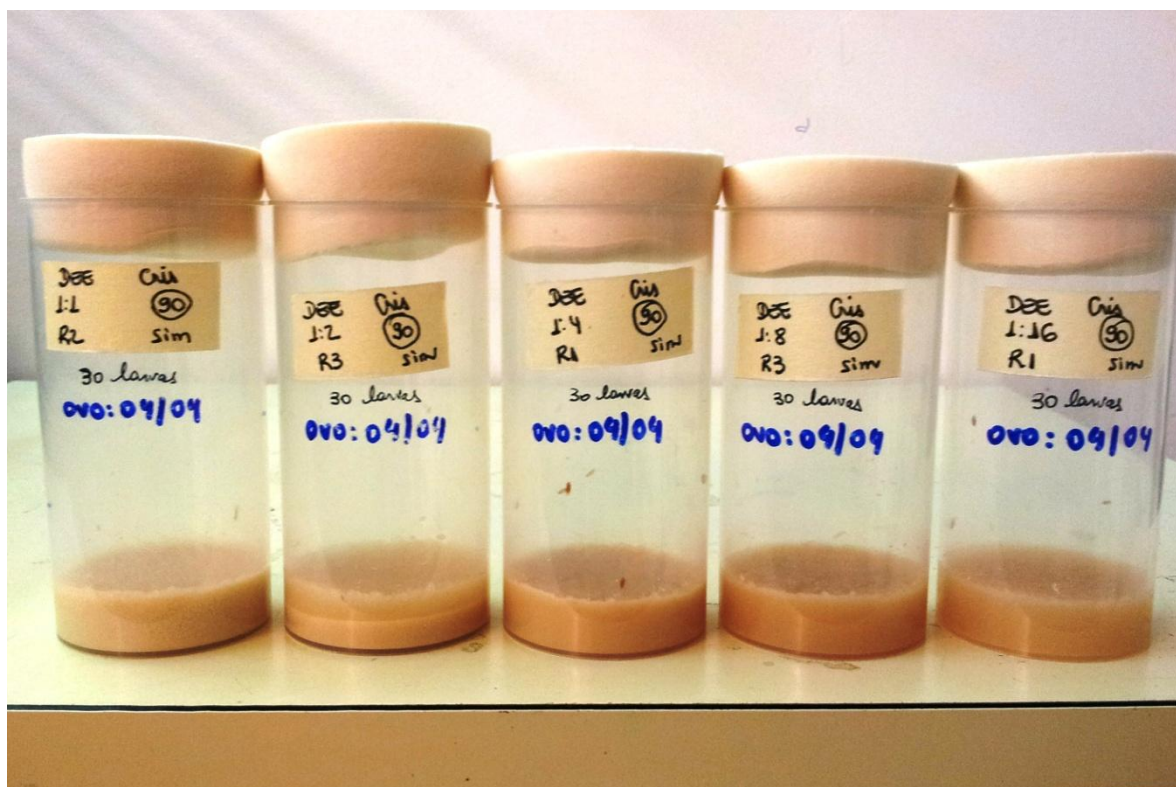


Figura 1. Quadro nutricional com diferentes quantidades de Proteína:Carboidrato preparadas para a realização dos testes com *Zaprionus indianus* e *Drosophila simulans*. Proporções de 1:1; 1:2; 1:4; 1:8 e 1:16.

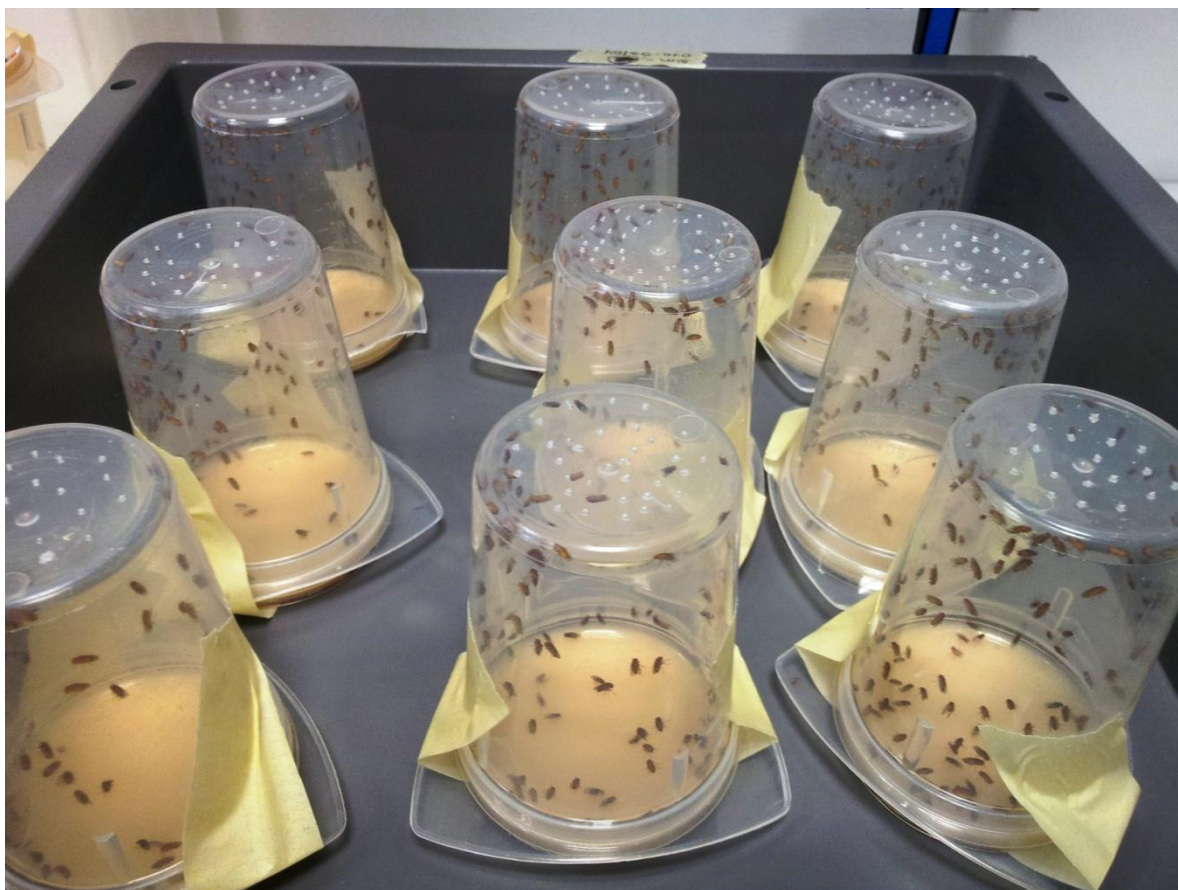


Figura 2. Placas de oviposição: drosofilídeos deixados “overnight” para postura dos ovos.



Figura 3. Arenas com três diferentes dietas, com proporções de P:C de 1:1; 1:4 e 1:16 para a escolha das fêmeas de *Zaprionus indianus* e de *Drosophila simulans* quanto aos locais para oviposição.



Figura 4. Arenas para a escolha das fêmeas de *Zaprionus indianus* e de *Drosophila simulans* quanto à oviposição.

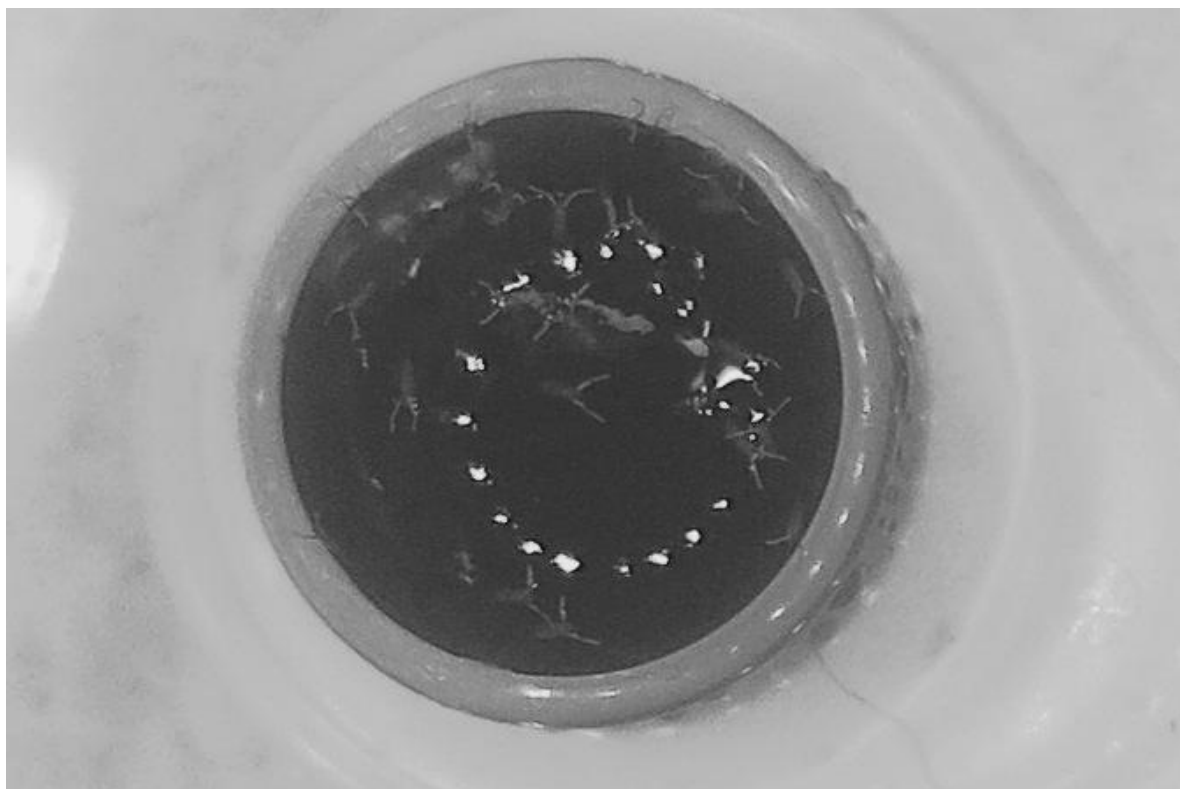


Figura 5. Avaliação das escolhas das fêmeas de *Zaprionus indianus* e *Drosophila simulans* quanto aos locais para oviposição: contagem dos ovos.

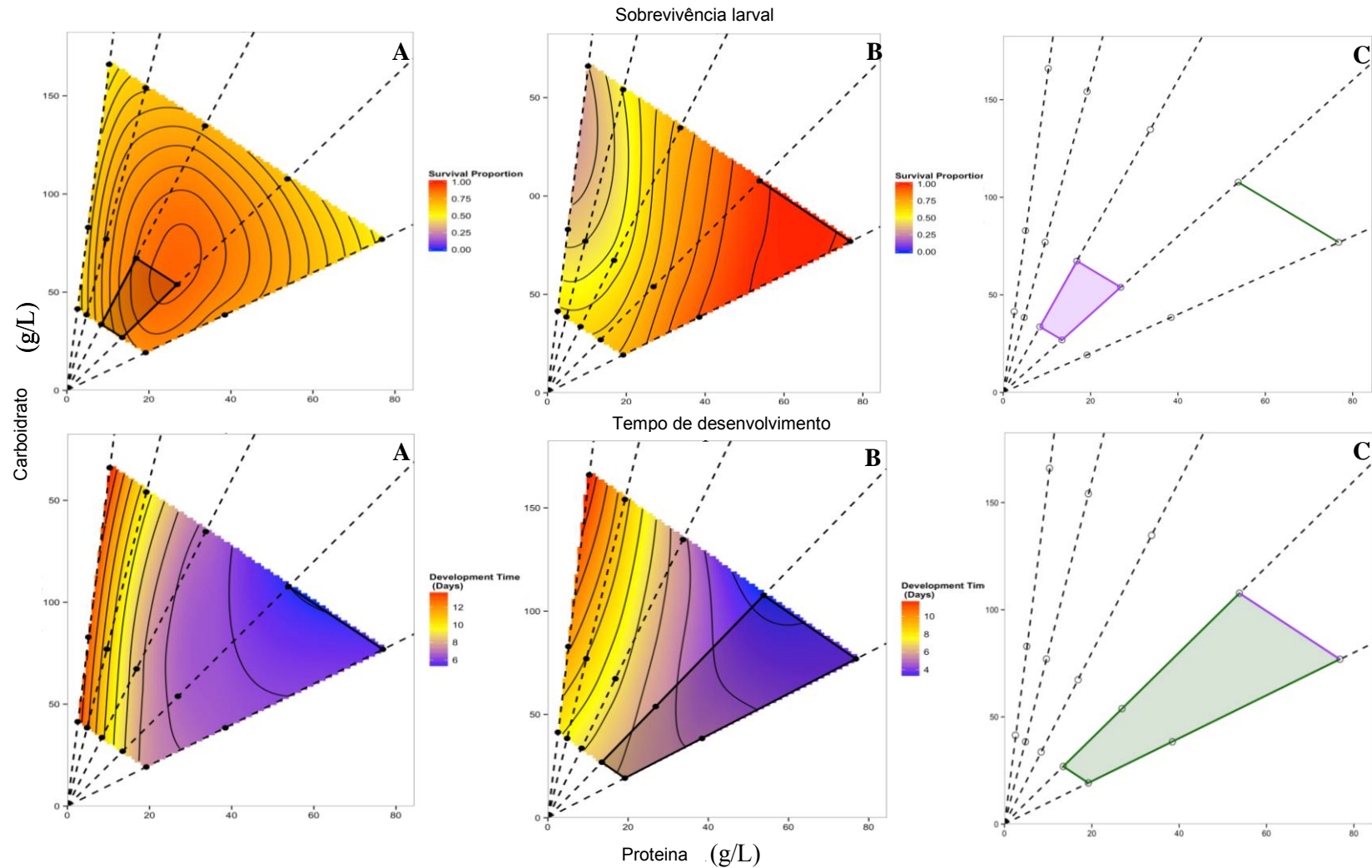


Figura 6. Geometria nutricional para (A) *Zaprionus indianus* e (B) *Drosophila simulans*. Polígonos e linhas representam o ponto de ingestão de nutrientes que maximizam o desempenho do animal em relação à sobrevivência e o tempo de desenvolvimento. (C) Linhas roxas: *Z. indianus*. Linhas verdes: *D. simulans*.

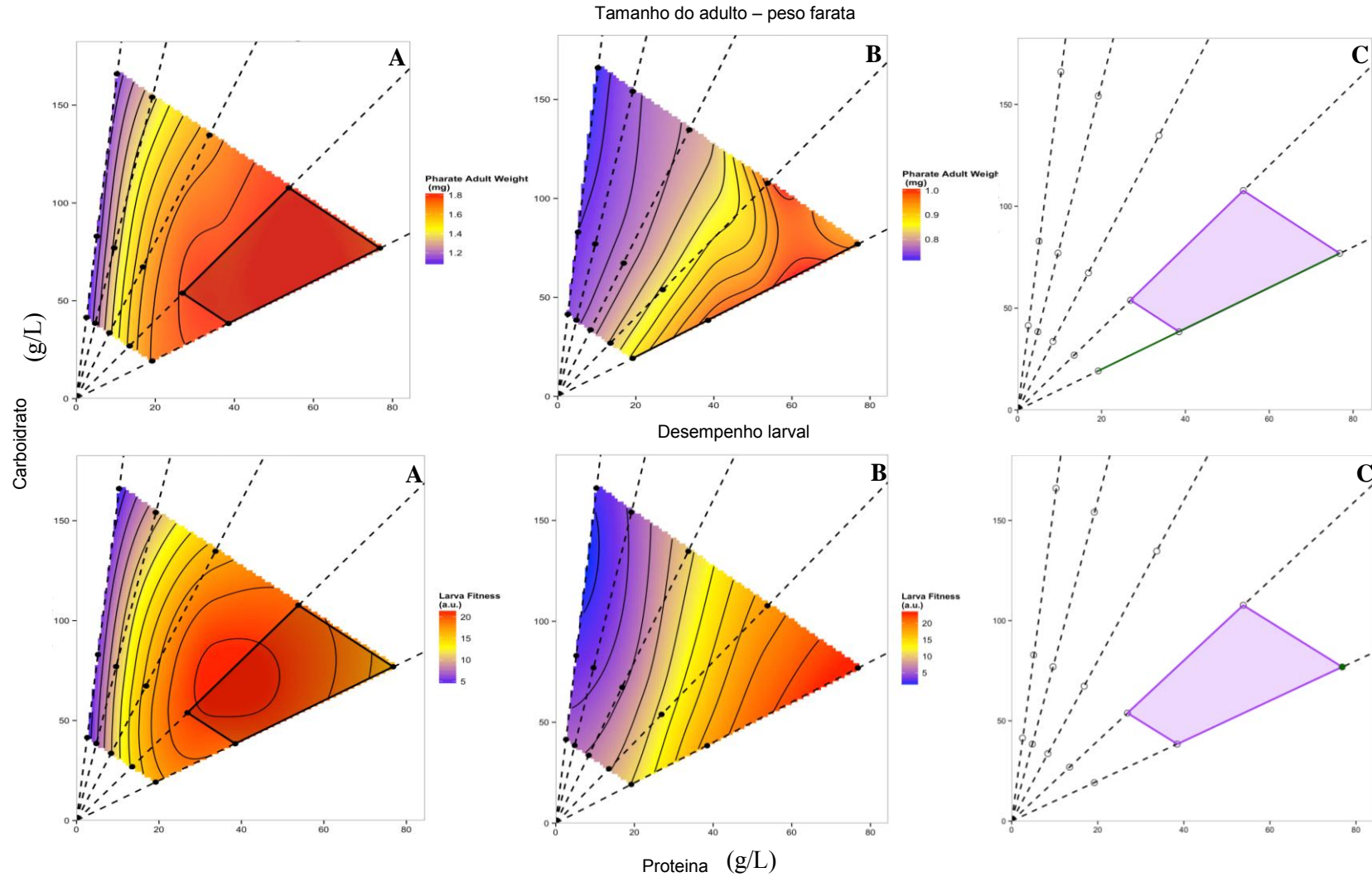


Figura 7. Geometria nutricional para (A) *Zaprionus indianus* e (B) *Drosophila simulans*. Polígonos e linhas representam o ponto de ingestão de nutrientes que maximizam o desempenho do animal em relação ao tamanho do adulto e a desempenho larval. (C) Linhas roxas: *Z. indianus*. Linhas verdes: *D. simulans*.

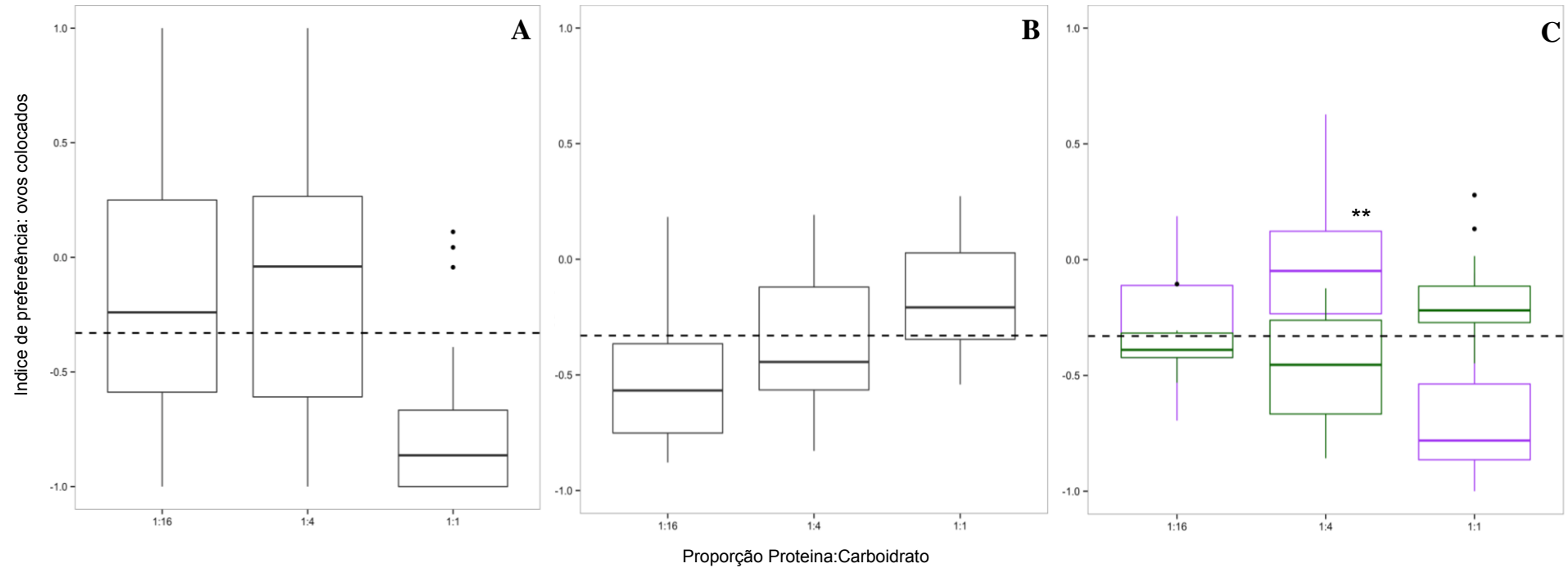


Figura 8. Preferência das fêmeas de *Zaprionus indianus* (A) e *Drosophila simulans* (B) quanto a diferentes locais para oviposição. (A e B) Espécies analisadas separadamente. Linha pontilhada separam os substratos que diferem significativamente entre as escolhas. (C) Análise das espécies em competição: em roxo *Z. indianus*; em verde *D. simulans*. **Diferença significativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Os resultados aqui encontrados possibilitaram compreender de forma mais abrangente a história de vida de *Zaprionus indianus*, a forma como esta espécie foi capaz de se estabelecer no Brasil desde sua introdução, bem como todo o contexto ecológico no qual esta espécie se encontra inserida, uma vez que a fauna de drosofilídeos residentes nas plantações de figo-roxo na região de Valinhos(SP) era até então desconhecida. Indiretamente, estes resultados também possibilitaram uma maior compreensão de como ocorrem as interações entre as espécies ao longo das invasões nos figais brasileiros e permitiram uma reflexão sobre o impacto que as espécies exóticas causam nas endêmicas, que neste estudo representaram apenas 5% do total de indivíduos.

Considerando um raio de atuação de 60 Km dentre as plantações utilizadas neste estudo, um total de 117.489 drosofilídeos foram coletados ao longo de um ano, sendo 71% deles indivíduos da espécie *Z. indianus*. Isto exemplifica o seu estabelecimento nas monoculturas de figo e demonstra seu poder de infestação. Estas informações, adicionadas ao fato do seu pico populacional ser observado durante o verão (aumento da umidade, temperatura e da precipitação) e das condições climáticas observadas na região de Valinhos, revelam a necessidade urgente de se desenvolver medidas de controle contra esta espécie-praga.

O fato de se ter caracterizado o desenvolvimento pós-embrionário de *Z. indianus* permitiu um conhecimento mais profundo e detalhado, além de uma melhora da qualidade do estudo taxonômico, para as características observadas durante seus estágios imaturos. Isto proporcionou um maior embasamento para a realização dos estudos voltados a história de vida desse inseto, como conhecimento para se diferenciar o número de filamentos entre os ovos de *Zaprionus* e *Drosophila*, bem como na caracterização morfológica de suas pupas, estágio em que *Z. indianus* se mostra maior e com coloração mais escura.

Ademais, os dados aqui encontrados puderam revelar como diferenças nutricionais entre espécies de drosofilídeos podem favorecer e proporcionar a uma espécie sucesso em novas áreas invadidas, bem como podem permitir que a mesma coexista com outras espécies em um mesmo substrato, de forma a diminuir os efeitos da competição. No presente estudo, foi possível esclarecer o por que de *Drosophila simulans* nunca ter se

tornado uma espécie-praga nas plantações de figo brasileiras e como *Z. indianus* chegou a este status após cinco anos da sua introdução no Brasil. Além disso, o presente estudo permitiu compreender como *Z. indianus* pode se desenvolver de forma mais rápida e eficiente diante de substratos favoráveis.

Por fim, pode-se afirmar que os dados aqui apresentados cumprem os objetivos propostos de se abranger algumas das principais questões ecológicas e biológicas envolvendo *Z. indianus*, bem como sua relação com a cultura de figo, preenchendo uma lacuna até então existente quanto a informações básicas envolvendo esta espécie e fornecendo dados que possibilitarão o desenvolvimento de estudos promissores quanto ao manejo desta espécie-praga.

APÊNDICE.

New versions of trap and bait for the collection of the fig-fly *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera: Drosophilidae).

Technique Notes
Drosophila Information Service. 2012. 95: 122-128.

Cristiane Matavelli¹ & Claudio José Von Zuben¹

¹Biosciences Institute, Department of Zoology, UNESP, CEP 13506-900, Rio Claro, São Paulo, Brazil.

ABSTRACT

Zaprionus indianus was accidentally introduced in Brazil in 1999 and is characterized as pest in purple-fig plantations. It has caused serious damage to the marketing of this fruit in the last decade, since these fruits are used as breeding and feeding sites, whereas this contamination has been favored by fruit morphology. Several measures have been tested against *Z. indianus*; however, none of them showed very satisfactory results. As an alternative, traps have been used, usually from plastic material, with or without light contrasts, possessing appropriate locations for the placement of attractive baits. In order to improve the confection of these traps and their performance, this paper presents a new version with adaptations made in the trap first proposed by TIDON AND SENE (1988) and later modified by MEDEIROS AND KLACZKO (1999), considering the environmental conditions found in purple-fig plantations of Valinhos region (São Paulo state), Brazil. These modifications were made through the substitution or addition of new materials, as well as changes in the method of bait preparation. These alterations were tested for a period of one year, through monthly collections in some fig fruit plantations in region of Valinhos. As a result of these modifications, it was observed a higher abundance for the trap model and bait presented here when compared with other traps developed earlier. Thus, it can be concluded that these changes are relevant and can increase the effectiveness in the capture of these drosophilids.

Keywords: adaptation, *Ficus carica*, control measure, *Zaprionus indianus*.

1. INTRODUCTION

The genus *Zaprionus* Coquillett, 1901 is composed of two sub-genera and 56 species (KATO *et al.*, 2004) and is characterized by the ability to colonize new territories and for *Zaprionus indianus* Gupta 1970, a drosophilid originated from the Afrotropical region, this ability is favored by the global trade of fruits (VILELA *et al.*, 1999). The occurrence of this species has been recorded in Palaeartic, Eastern, and Australian regions, and recently in the Americas (TIDON *et al.*, 2003). In Brazil, its introduction occurred accidentally, being collected for the first time in 1999, in persimmon fruits in the municipality of Santa Isabel, São Paulo state, Brazil (VILELA, 1999).

The fact that this fly is a polyphagous species, infesting still maturing fruits and showing adaptations that enable it to live in adverse weather conditions (TIDON *et al.*, 2003; FERREIRA AND TIDON, 2005), contributed to its rapid distribution throughout

Brazil, being currently present in all regions of the country (KATO *et al.*, 2004). Since its first record, *Z. indianus* proved to be a potential pest for Brazilian fruit trees, and this estimate was confirmed after a considerable loss in the production of *Ficus carica* L. (Moraceae) "purple-of-Valinhos variety", that harmed both the domestic and exportation markets in 1999 (STEIN *et al.*, 2003).

The attack occurred by the use of figs, even in their early stage of maturation, as breeding and feeding sites (STEIN *et al.*, 2003; BELO *et al.*, 2009). This infestation is favored by the morphology of these fruits, since this drosophilid uses of the opened ostiole to accomplish oviposition. Despite the fact that it is popularly known as the "fig-fly", the use of this culture by this drosophilid is facultative and its occurrence has been recorded in more than 74 species belonging to 31 different families (VILELA *et al.*, 1999). However, this species was characterized as pest only in fig cultures.

Several measures have been tested against *Z. indianus*, like the application of insecticides (BELO *et al.*, 2009), protection of the fig ostiole using "bordalesa syrup" and citronella gel, besides the bagging of fruits and obstruction of the ostiole by the use of adhesives (RAGA, 2002). All of these have shown some effect on adults or on the immature development of *Z. indianus*, however, without to present satisfactory results.

As an alternative procedure, some drosophilid traps have been constructed, which can be used both for collections, in which the specimens are kept alive (TIDON AND SENE, 1988; KLACZKO AND MEDEIROS, 1999; ROQUE *et al.*, 2011) as for control, in which specimens are killed (BROTTO, 2010). These traps are usually made from plastic materials and may present light contrasts or not, with appropriate locations for the placement of attractive baits.

In order to improve the confection and performance of these traps, this paper presents a new version with changes in relation to the trap first proposed by TIDON AND SENE (1988) and then modified by MEDEIROS AND KLACZKO (1999). To carry out these adjustments, the environmental conditions found in the purple-fig monocultures in the region of Valinhos, São Paulo state, Brazil, were considered.

2. MATERIALS AND METHODS

A) Making of traps

The trap was developed using the following items: (1) three clean and transparent 2L PET bottles, being one with lid; (2) a pantyhose of the type “sneaker with elastic”; (3) a strip of filter paper with approximately 18 cm, applied with hot glue under the cover of the trap to retain moisture within the bottles; (4) mosaic glue applied at the junction of the transparent chambers, plus 35 cm of a string of foam mounted on the mosaic glue; (5) transparent adhesive tape to seal externally the junction of the trap chambers; (6) 50 cm of wire number 16, of which one extremity was attached to the mouth of the bottle, and from the other, a hook for hanging the trap in the branches was made; (7) 80 cm of textile elastic number 12, tied on the wire around the mouth of the bottle, to sustain the bait chamber with the rest of the trap (Figure 1a).

Since this model of trap presents contrast of light, some portions of the bottles were painted with two applications of water-based white primer for PET (and for other materials), with 48 hours intervals, and some applications of water-based matte black acrylic at intervals of 24 hours, to obtain completely black parts.

Of the three transparent PET bottles, two were cut at 22 cm from their mouths (chambers 1 and 2). From the third bottle, mouth was cut, and from this cut, a new was made at 16 cm (chamber 3) (Figure 1b). In the last bottle, four windows of 0.5 cm × 2.0 cm were done, which allowed the entry of the insects. The base of one of the bottles was cut at 10 cm (Figure 1c). A piece of filter paper was pasted in a lid of chamber. Both the chamber 3 and the base of the bottle were painted black. At the junction of the chambers 1 × 2, mosaic glue was added (dotted area) and foam cord (shaded area) (Figure 1a). Between the chambers 1 × 2 and 2 × 3, adhesive tape was passed externally to the bottle. A pantyhose was placed between the chamber 3 and the base of the bottle (Figure 1a), being the baits placed in this base (Figure 1c). The wire was tied at the mouth of the chamber 1 and an elastic band attached to this wire (Figure 1a).

B) Preparation of the bait to be used in the trap

The bait used in this trap was composed of 7 kg of mature banana (type “Nanica”), 3.5 L of water, 70 g of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). All ingredients were beaten in a blender and stored in PET bottles for at least 36 h. For this storage, the amount of bait placed in each plastic bottle not exceeded 400 ml, due to the large fermentation of this material. Because of this, the whole air contained inside the bottle was removed every 3 hours. With these proportions, the yield was 40 bait portions, and also a reserve quantity.

The bottles containing the baits were transported to the field, and using a measuring cup, 150 ml of bait were placed in the base of each bottle. After the placement of the baits, the base was covered by pantyhose, involving the whole pot (extremely firm) in function of its elastic. Unlike KLACZKO AND MEDEIROS (1999), the pantyhose in question were not pressed against the bait, to prevent adherence between both. After fixing the pantyhose, the chambers 1, 2 and 3 were bound by textile elastic to the base of the bottle, and the traps were suspended in the branches by hooks formed by the wire, at approximately 35 cm height.

As also occurred in the traps proposed by TIDON AND SENE (1988) and MEDEIROS AND KLACZKO (1999), the drosophilids are attracted by the smell of the bait placed in the dark portion of the trap (base of the bottle), and by the contrast of light, the flies fly toward the light in attempt to leave the trap and were trapped in the retention chambers 1 and 2. After the specified hours of exposure in the field of these traps, these were removed, the bait discarded on the ground and covered with soil and the pantyhose inverted (to the chamber 3), thus closing the openings that allowed the entry and exit of the insects. These openings remain closed until the withdrawal of the insects from the retention chambers.

3. RESULTS

These traps were utilized on purple-fig plantations, in the municipality of Valinhos, São Paulo state, for a period of one year (September 2010 to August 2011). The durability of the bottles proved to be more than a year, as well as the wires. However, the painting needed repairs after this period. The elastics were replaced every six months, and the pantyhose every four months, since exposure to sun and rain damaged its elasticity, which could adversely affect the effectiveness of capture and transport of the material collected.

Their efficiency can be verified by analyzing the number of individuals of *Z. indianus* that were collected, reaching to 1,509 in a single trap. This number is much higher than when drosophilids are analyzed in a general way. To achieve this value, several adaptations in relation to the models proposed by TIDON AND SENE (1988) and MEDEIROS AND KLACZKO (1999) had to be performed. For the formulation of these changes (Table 1), the environmental conditions found in the area of captures were especially considered.

4. DISCUSSION

In an attempt to develop a simple and effective method to capture drosophilids in tropical environments, TIDON AND SENE (1988) developed a trap able to retain and keep

alive all drosophilids collected. This trap of easy construction was composed of two plastic bottles attached, in which the placement of attractive baits for drosophilids was allowed. After this first type of trap, several other models for captures of drosophilids have been proposed, including open and closed traps (PENARIOL *et al.*, 2008), McPhail type, based on PVC tubes (MARTINS *et al.*, 2008) or based on PET bottles (TIDON AND SENE, 1988; MEDEIROS AND KLACZKO, 1999). The latter, in turn, have shown a high durability in the field, and great resistance to attack by other animals and adverse environmental conditions (TIDON AND SENE, 1988; MEDEIROS AND KLACZKO, 1999).

In 1999, MEDEIROS AND KLACZKO realized that some traps used for capture of *Drosophila* had problems in collecting the *tripunctata* group, and these authors began a battery of tests from the model proposed by TIDON AND SENE (1988), in order to find a trap that minimized this problem. After eight laboratory and one field experiments and 32 proposed models, MEDEIROS AND KLACZKO (1999) came to a trap that had, among other criteria, the greater abundance of flies, a more homogeneous value for the frequency of the species collected, a good capacity of retention for these animals and some protection for flies from the risk of death.

The captures of drosophilids in the region of Valinhos, São Paulo state, began in purple-fig plantations based on the trap developed by MEDEIROS AND KLACZKO (1999). However, there was a need for new changes from the first captures, both in the preparation of the traps as in the bait.

Bait preparation

TIDON AND SENE (1988) used only fermented mature banana as bait, while MEDEIROS AND KLACZKO (1999) used mature banana type “Nanica” with yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), fermented for 36 hours. Both methods were tested here at the beginning of the captures in fig plantations. As the region of Valinhos is characterized, according to Koeppen's classification, as a region of humid temperate climate with dry winter and hot summer (CEPAGRI), there was the need of further dilution of the bait, since when used both the methodologies described earlier, the baits were drying, stiffening and not releasing more odors to attract insects. So, the dilution of the bait in water was tested, in order to find a consistency that does not dry with the exposure time in the field, and at the same time, keep the odor that can attract animals. This dilution occurred in a ratio of two measures of bananas to a measure of water (2:1).

Bait utilization

According to the methodology presented by MEDEIROS AND KLACZKO (1999), the bait being placed in the trap should be pressed against the pantyhose in order to join to it. In surveys carried out in Valinhos, São Paulo state, this procedure was tested. However, after an exposure time and because of the climate in the region, the bait attached to the pantyhose turned into a dry film that prevented the release of odor. Thus, this procedure was no longer running.

The trap

The adaptations presented here were necessary, mainly due to the ambient temperature, relative humidity of the air and high levels of wind in the capture region considered. Unlike the trap proposed by MEDEIROS AND KLACZKO (1999), which used nylon thread for support, we utilized adhesive tape between chambers 1 × 2 and 2 × 3 for this purpose. This fact prevented that these chambers got lost due to the wind. The nylon thread was also replaced by elastic, which aided in the junction of the bait pot to the other parts of the trap, fixing them more tightly. Moreover, the remaining threads that were used to hold the trap in the branches of fig plants were replaced by wire, which allowed a lower mobility of the trap, even in the presence of strong wind. This fact helped to prevent leakage of individuals according to the movement of the trap.

In addition to the replacement of the nylon threads by other materials, it was necessary to adjust the type and quantity of glue to be used between the chambers 1x 2. Initially, several varieties of glue were tested in order to determine which is more resistant to environmental conditions to which traps would be exposed. The results show that the best was the glue used in handicraft (mosaic). A quantity of glue similar to that of MEDEIROS AND KLACZKO (1999) was applied; however, it was noted that this amount of glue had a very narrow supporting surface to hold collected individuals, and in more abundant months, some animals could be crushed. Moreover, in pilot collections, it was found that the presence of many individuals within this chamber increased its moisture content and caused the adherence of some individuals in the glue. Thus, a cord of foam was applied on this layer of glue. This cord has not only increased the support surface of the animals, it also prevented direct contact with the glue, thus facilitating the removal of the insects from these traps.

The utilization of the pantyhose was maintained to prevent contact of drosophilids with the bait. However, instead of using a piece of pantyhose as in the model of

MEDEIROS AND KLACZKO (1999), we choose here the use of pantyhose of the type “sneaker with elastic”, because of the elastic in the end. So, in addition to the better adherence to the bottles, when removed from the field and inverted to chamber 3, this kind was better fixed, preventing its sliding and a possible exposure of its openings. However, the use of pantyhose was contested in a new model of trap proposed by ROQUE *et al.* (2011), in which this use was abolished. According to these authors, the utilization of pantyhose affects the sampling, since beetles are able to tear it up, leaving the animal collected in contact with the bait. However, the model proposed here was used in the field 480 times (40 traps/month) and this phenomenon has never been observed.

About its effectiveness

PENARIOL *et al.* (2008) showed in their work that the efficacy of closed traps is greater than the open ones, with respect to population abundance and species richness, and suggested a standardization of drosophilid captures, using this type of trap. The effectiveness observed in the model of trap presented here was larger than of the other already existing closed traps. TIDON AND SENE (1988) collected about 850 drosophilids per trap using as bait only a fermented banana, and MEDEIROS AND KLACZKO (1999) collected more than 1,000 Drosophilidae per trap using banana as bait, whereas with the present version, 1,509 specimens (only of *Z. indianus*) were collected per trap, using diluted bait.

5. CONCLUSIONS

The obtained results and the efficacy demonstrated by the new trap and bait here proposed, compared with previous versions, allow us to conclude that the enhancements discussed in this work were relevant and increased the performance of traps in the capture of *Z. indianus* and other drosophilids.

6. ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank E.A.F. Abreu and A.M. Abreu Filho for the PET bottles donated and Jaime Roberto Somera for the illustrations. C.M. thanks M.A.B. Matavelli and M.L. Matavelli for helping in the manufacture of the traps and CNPq for a Ph.D. scholarship (Process n.140903/2010-0). C.J.V.Z. has a fellowship from CNPq.

7. REFERENCES

- BÉLO, M., J.C. BARBOSA, P.S. PEREIRA, B.W. BERTONI, S.M. ZINGARETTI, AND R.O. BELEBONI** 2009, *Rev. Bras. Bioc.* 7: 235-239.
- BROTTO, M.** 2010, 2º Simpósio Brasileiro sobre a Cultura da Figueira, Campinas.
- CEPAGRI.** Meteorologia Unicamp. Clima dos Municípios Paulistas. Data de acesso: 18.10.2011.
- FERREIRA, L.B., AND R. TIDON** 2005, *Biol. Conserv.* 14: 1809-1821.
- KATO, C.M., L.V. FOUREAUX, R.A. CÉSAR, AND M.P. TORRES** 2004, *Ciênc. Agrotec.* 28: 454-455.
- MARTINS, B.M., R.N. BITTENCOURT, AND J.A.N. PENNA** 2008, *Dros. Inf. Serv.* 91: 147.
- MEDEIROS, H.F., AND L.B. KLACZKO** 1999, *Dros. Inf. Serv.* 82: 100-102.
- PENARIOL, L., H.E.M.C. BICUDO, AND L. MADI-RAVAZZI** 2008, *Biota Neotrop.* 8: 45-53.
- RAGA, A.** 2002, Mosca-do-figo. VII Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico – Frutas. Indaiatuba.
- ROQUE, F., S.C. FONSECA DE OLIVEIRA, AND R. TIDON** 2011, *Dros. Inf. Serv.* 94: 140-141.
- STEIN, C.P., E.P. TEIXEIRA, AND J.P.S. NOVO** 2003, *Entomotrop.* 18: 219-221.
- TIDON, R., AND F.M. SENE** 1988, *Dros. Inf. Serv.* 67: 90.
- TIDON, R., D.F. LEITE, AND B.F.D. LEÃO** 2003, *Biol. Conserv.* 112: 299-305.

VILELA, C.R., E.P. TEIXEIRA, AND C.P. STEIN 1999, Inf. Soc. Entom. Bras. 24: 1-5

VILELA, C.R. 1999, Dros. Inf. Serv. 82: 37-39.

Table 1. Characteristics of the traps proposed by TIDON & SENE (1988), MEDEIROS & KLACZKO (1999), and of the present work.

Utilized Material	TIDON & SENE (1988)	MEDEIROS & KLACZKO (1999)	MATAVELLI & VON ZUBEN (2012)
PET bottles 2L	2	3	3
Filter paper	Optional	Present	Present
Cotton stopper	Optional	Absent	Absent
Nylon thread	Present	Present	Absent
Wire	Absent	Absent	Present
Adhesive tape	Absent	Absent	Present
Elastic	Absent	Absent	Present
Cord of foam	Absent	Absent	Present

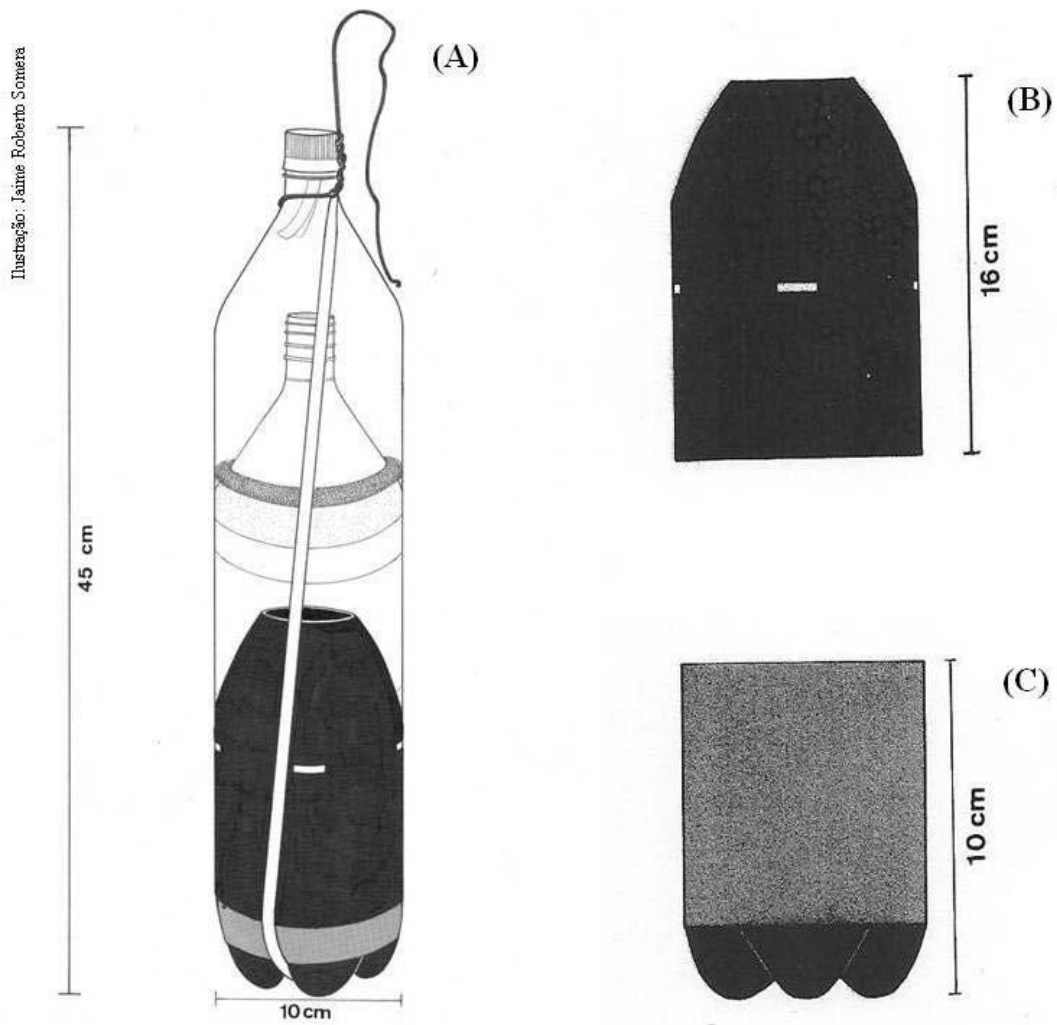


Figure 1. New version of the trap for the capture of the fig-fly *Zaprionus indianus* proposed by MATAVELLI AND VON ZUBEN (2012): measurements and illustrations.