

DIEGO ANDRÉS BOLÍVAR SILVA

CANIBALISMO E DESEMPENHO REPRODUTIVO DOS CARUNCHOS
Sitophilus zeamais* E *Sitophilus granarius

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia, para obtenção do título
Magister Scientiae

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2016

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus
Viçosa**

T

Bolivar Silva, Diego Andres, 1990-

B689c Canibalismo e desempenho reprodutivo dos carunchos
2016 Sitophilus zeamais e Sitophilus granarius / Diego Andres
Bolivar Silva. – Viçosa, MG, 2016.

18f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Raul Narciso Carvalho Guedes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

CDD 22.ed. 595.768

DIEGO ANDRÉS BOLÍVAR SILVA

CANIBALISMO E DESEMPENHO REPRODUTIVO DOS CARUNCHOS
Sitophilus zeamais* E *Sitophilus granarius

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia, para obtenção do título
Magister Scientiae

APROVADA: 19 de fevereiro de 2016.

Nelsa Maria P. Guedes

Mateus (Campos ou Chediak)

Raul Narciso C. Guedes
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Organização dos Estados Americanos, pelo programa de bolsas de estudo para estudantes da América Latina. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo. À Universidade Federal de Viçosa, principalmente o programa de Pós-graduação em Entomologia por ter me dado a oportunidade de realizar o curso de pós-graduação e pela ajuda e conhecimento que recebi, tanto academicamente quanto pessoal.

Agradeço ao meu orientador Raul Guedes e à minha orientadora Nelsa Guedes por me encaminhar e orientar pelo caminho certo antes, durante e após meu experimento e durante todo meu mestrado. Ao professor Eugênio e Khalid pelos conselhos e ajuda. Também agradeço ao pessoal do laboratório do professor Raul e do professor Eugênio, pelos risos, alegria, conversa y a amizade.

Agradeço aos amigos que conheci no Brasil. Especialmente a Laura Pantoja por me ajudar a encaixar no ambiente do laboratório, por ser a melhor amiga que conheci e pelas gratas conversas e o desabafo no terraço da entomologia. Agradeço a Cristian Sanchez pela acolhida e a amizade sincera que me ofereceu desde o início e pelos conselhos e momentos onde eu precisei tanto de um amigo. Também a Luciano Nunes, pelos jogos de soletrar, as piadas em português, a paciência, as viagens desfrutadas e as conversas “nerds” que a gente fazia. A Milaine Fernandes a “meninita” por ter sido uma grande companhia.

A mi Millonarios porque no es sólo un equipo de fútbol, es herencia que me deja papá. A Nathaly Lara por el apoyo incondicional durante estos ocho años compartidos, por enseñarme el valor de la incondicionalidad y ser mi ejemplo a seguir. A Harol y Sebastian por ser mis mejores amigos y tener en ellos siempre com quien llorar, reir y vivir experiencias. A Julia Desiré por hacer de Viçosa un hogar y así caminhar juntos de la mano pensando en muchos proyectos para el futuro. A mi familia, Gilberto, Myriam, David, Sindy, Blanca, Olga, Pedro, Nixi y Duqui porque sin ellos no sería lo que soy, por el sacrificio y amor incondicional que siempre me brindan, porque cada éxito mío es también de ustedes, los amo.

Finalmente y más importante, agradezco a Dios porque sin él nada de esto podría haber sucedido, y por las bendiciones que a diario derrama sobre mí.

La alegría de ser colombiano, la fortuna de ser bogotano, el orgullo de ser millonario

RESUMO

BOLIVAR SILVA, Diego Andres, M.Sc., Fevereiro de 2016, Universidade Federal de Viçosa. **Canibalismo e desempenho reprodutivo dos carunchos *Sitophilus zeamais* e *Sitophilus granarius***. Orientador: Raul Narciso C. Guedes. Coorientadora: Nelsa Maria P. Guedes

As condições ambientais experimentadas pelos organismos ao longo do seu desenvolvimento, quando existem recursos limitados, podem causar impactos consideráveis na reprodução. A competição larval em insetos granívoros, por exemplo, é fundamental como determinante de história de vida e comportamento destes organismos. Isto acontece porque o grão é um recurso limitado para larvas de diferentes insetos, por provocar uma forte pressão de competição. Alguns estudos demonstram interferência direta, via agressão e canibalismo, entre as larvas de caruncho-do-milho *Sitophilus zeamais*. Portanto, o objetivo foi avaliar as consequências potenciais do canibalismo entre larvas de *S. zeamais* e *Sitophilus granarius* em grãos de milho. O comportamento de canibalismo foi testado em grãos com densidade de um ovo e três ou mais ovos por grão. O peso, número, biomassa (peso diário emergido por casal) e tempo de emergência da prole foram as características avaliadas. Fêmeas acasaladas de mesma idade foram colocadas em potes com grãos de milho para oviposição. Após 10 dias da oviposição foi registrado o comportamento das larvas no interior dos grãos mediante imagens obtidas via raio-x digital, as quais foram usadas para verificar a presença ou ausência de canibalismo dentro de cada grão. Os adultos emergidos de cada tratamento foram mantidos em grãos de milho até acasalarem. A emergência dos adultos foi acompanhada diariamente durante trinta dias. O número e peso de cada inseto emergido foram registrados, além do tempo para emergir. Para as duas espécies, as larvas canibais emergiram em menor tempo comparado com as não canibais, e seus descendentes apresentaram maior número de indivíduos emergidos e menor tempo de emergência. Além disso, descendentes de canibais tiveram maior peso ao emergir comparado com os parentais não canibais na fase larval. A biomassa diária por casal foi significativamente maior para o tratamento canibal. O canibalismo mostrou um benefício

significativo no desempenho reprodutivo de *S. zeamais*, indicando impacto positivo no desenvolvimento e qualidade da prole.

ABSTRACT

BOLIVAR SILVA, Diego Andres, M.Sc., February 2016, Universidade Federal de Viçosa. **Cannibalism and reproductive performance of the weevils *Sitophilus zeamais* and *Sitophilus granarius***. Adviser: Raul Narciso C. Guedes. Co-Adviser: Nelsa Maria P. Guedes.

Environmental conditions experienced by organisms throughout their development, when there are limited resources, can cause considerable impacts on reproduction. Larval competition in granivorous insects by example is a key determinant of life history and behavior of organisms. This is because grain is a limited resource to different insect larvae causing a strong competition pressure. Previous studies have shown direct interference, through aggression and cannibalism among the weevil larvae of *Sitophilus zeamais*. Therefore, our objective was to evaluate the potential consequences of cannibalism among larvae of *S. zeamais* and *S. granarius* in maize kernels. The cannibal behavior was tested at grain densities of one egg and three or more eggs per grain. The weight, number, biomass (daily weight emerged per couple) and offspring emergence were the characteristics evaluated. Mated females of the same age were placed in pots with maize grains for oviposition. After 10 days the eggs the behavior of the larvae inside the grains was recorded by means digital x-ray imaging, which were used to verify the presence or absence of cannibalism within each grain. The emerging adults from each treatment were maintained on maize kernels to mate. The adult emergence was monitored daily for thirty days. The number, weight and emerged insects were recorded through time. For both species, the cannibalistic larvae emerged faster compared to non-cannibals, and their offspring had higher number of emerged individuals. In addition, cannibal descendants had greater weight at emergence compared with non-parental cannibals in the larval stage. The daily biomass per couple was significantly higher for the cannibal treatment. Cannibalism showed a significant benefit in reproductive performance of *S. zeamais* and *S. granarius*, indicating positive impact on development and offspring quantity and quality.

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	4
3	RESULTADOS	8
4	DISCUSSÃO	14
5	REFERÊNCIAS	16

1 INTRODUÇÃO

As condições ambientais experimentadas pelos organismos ao longo do seu desenvolvimento, quando existem recursos limitados, podem causar impactos consideráveis na reprodução e na competição, sendo fundamentais para determinar a história de vida e o comportamento (Guedes et al. 2007; Guedes et al. 2003; Messina, 2004; Wise, 2006). Nicholson (1954) define duas estratégias de competição: “competição por recurso” e “competição por disputa”. Na primeira todos os indivíduos obtêm uma porção mínima do recurso disponível, assegurando assim o desenvolvimento e a reprodução, porém ocorre redução no peso dos adultos na emergência (Jansen & Sevenster, 1997; Lale & Vidal, 2001; Guedes et al. 2007; Guedes et al. 2010). No segundo processo, existe um comportamento de agressão entre os concorrentes e nesse caso, somente um indivíduo consegue atingir a fase adulta (Nicholson, 1954), conferindo vantagens nutricionais e competitivas, porém ocorre aumento da mortalidade dos seus co-específicos (Ichikawa & Kurauchi, 2009). Além do anterior, na oferta de alimento de baixa qualidade, baixa disponibilidade de recursos, espaços confinados ou alta densidade populacional, indivíduos da mesma espécie podem apresentar competição por disputa, gerando eventos comportamentais de canibalismo (Michaud, 2003).

O canibalismo foi reportado em 10 ordens de insetos. Geralmente é encontrado em insetos fitófagos que apresentam uma forte influência de competição ou também onde a qualidade nutricional dos alimentos que consomem é baixa (Barros-Bellanda & Zucoloto, 2001). Estudos relacionados com competição larval mostram que cada caso de canibalismo pode apresentar diferentes respostas. Por exemplo, Da Silva & Postali (2013) utilizaram a lagarta *Spodoptera frugiperda* Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) e encontraram que não houve diferença na sobrevivência em função da densidade, o que mostra que o canibalismo nem sempre é obrigatório. Além disso, vespas parasitóides *Cotesia kariyai* Watanabe, 1937 e *C. ruficrus* Haliday, 1834 (Hymenoptera: Braconidae), apesar de

apresentarem competição interespecífica, ocasionalmente conseguem compartilhar o mesmo hospedeiro podendo as larvas emergirem se o tempo de oviposição entre os ovos for breve, desta forma as larvas emergem com uma idade e tamanho similar e não apresentam canibalismo larval (Magdaraog et al. 2012).

Contrário ao mencionado, estudos sobre canibalismo larval no besouro-verde *Agilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera: Buprestidae) mostraram que o aumento da densidade larval incrementou a taxa de canibalismo e, por conseguinte, a sobrevivência de indivíduos diminuiu (Duan et al., 2013).

Existem vários fatores que influenciam positiva ou negativamente a ocorrência de canibalismo. Entre elas, as mais representativas são o tipo de hospedeiro e a morfologia do indivíduo. O efeito do tipo de hospedeiro foi avaliado no besouro-verde e mostrou que a taxa de sobrevivência dos indivíduos diminuiu até 10% utilizando como planta hospedeira o freixo-americano *Fraxinus pennsylvanica* Marsh (Lamiales: Oleaceae) e 55% no freixo-mexicano *Fraxinus uhde* (Wenz.) Lingelsh. 1820 (Lamiales: Oleaceae). Além disso, *A. planipennis* registrou uma diminuição na biomassa das larvas que apresentaram canibalismo (Duan et al., 2013).

Em relação à morfologia, Tanahashi & Togashi (2009) encontraram em besouros *Dorcus rectus* (Motschulsky) (Coleoptera: Lucanidae) relação entre a alometria do inseto e a tendência de atividade canibal. Os besouros com maior comprimento da cabeça se alimentaram dos besouros de cabeças menores e, como consequência, aumentaram seu tamanho corporal no decorrer do tempo. Também se encontrou que o canibalismo ocorreu durante o primeiro e o segundo estádios de desenvolvimento dos besouros.

Grãos são um exemplo típico de recurso limitado para larvas de diferentes insetos por provocar uma forte pressão de competição entre elas. Existem evidências de comportamento de competição larval no caruncho *Callosobruchus maculatus* Fabricius, 1775 (Messina, 2004). Encontrou-se que a taxa de alimentação diferencial entre indivíduos é um importante componente durante a competição larval e reflete-se no tempo de

emergência de *C. maculatus* (Guedes et al, 2003). Independente do canibalismo, o comportamento de oviposição é um dos fatores importantes por contribuir para o desempenho do inseto trazendo consequentes efeitos sobre o número e qualidade da progênie (Smith, 1986).

Experimentos de competição larval em *C. maculatus* mostraram que a competição aumentou o desempenho larval independentemente do hospedeiro, e que esse aumento pode ser causado pela capacidade da fêmea de escolher um recurso adequado no momento de realizar a oviposição (Guedes et al., 2007). Guedes et al. (2010) mostraram interferência direta com agressão e canibalismo entre as larvas de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleóptera: Curculionidae) e forneceram evidências de competição dentro dos grãos de milho. Apesar das consequências e as mudanças causadas pelo canibalismo larval em insetos serem comumente encontradas na literatura, não há evidências de que o canibalismo interfira no desempenho reprodutivo do indivíduo que apresentou comportamento canibal durante seu estágio larval. O objetivo deste trabalho foi avaliar se o canibalismo oferece vantagens reprodutivas e conhecer seus impactos em termos de biomassa, número e tempo de emergência dos adultos, utilizando como modelo *Sitophilus zeamais* e *Sitophilus granarius* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Curculionidae).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Espécies

As espécies foram obtidas a partir das criações do Laboratório de Ecotoxicologia do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil, e foram mantidas em potes de vidro com grãos de milho sob condições controladas de temperatura (28 ± 2 °C), umidade relativa ($70 \pm 5\%$), e fotoperíodo (luz: escuridão 14:10h). Foram empregadas duas espécies; *Sitophilus zeamais*, coletada na região Amambai, Mato Grosso do Sul, Brasil, e *Sitophilus granarius* obtida em Manhattan, Kansas, Estados Unidos.

2.2 Padronização da idade dos insetos

Para cada espécie o seguinte procedimento foi utilizado. Potes de vidro com grãos de milho e insetos de cada espécie obtidos da criação do laboratório foram peneirados até não ficar nenhum inseto nos grãos de milho. Após dois dias, os grãos de cada pote foram peneirados novamente com a finalidade de selecionar adultos com a mesma data de emergência dos grãos (Giga & Smith 1991; Guedes et al. 2007; Guedes et al. 2010). Os insetos recolhidos foram sexados utilizando padrões do rosto e textura (Reddy 1951; Tolpo & Morrison 1965; Dinuță et al. 2009). Após isso, foram colocados em recipientes separados até atingir a idade de cinco dias de emergência para garantir a maturidade sexual tanto dos machos quanto das fêmeas.

2.3 Acasalamento e obtenção das densidades de ovos no grão

Os insetos obtidos foram postos em potes pequenos contendo 160 fêmeas e 40 machos para *S. zeamais* e 100 fêmeas e 30 machos para *S. granarius*

em grãos de milho durante 24 horas. Depois deste período os machos foram removidos para não interferir com a oviposição das fêmeas (Flay et al. 2014). As fêmeas acasaladas foram postas em 4 potes pequenos de vidro para que ovipositassem durante três dias em 30 grãos de milho padronizados por tamanho e forma semelhantes e sem nenhum tipo de defeito (Guedes et al. 2010; Carvalho et al. 2014). Depois de 48 horas, as fêmeas foram retiradas dos grãos e procedeu-se a observação dos grãos sob microscópio estereoscópico buscando sinais de pequenos furos cobertos com gelatina transparente indicativos de sinal de oviposição (Cotton & Wilbur 1982; Danho et al. 2015). Desta maneira, foi determinada a densidade inicial de ovos em cada grão. A fim de incrementar a postura de ovos quando colocadas em grãos, para cada espécie, 40 fêmeas acasaladas foram mantidas durante 24 horas em recipientes de vidro sem grãos e depois colocadas em potes com 10 grãos de milho durante três dias. Foram selecionados dois tratamentos: o primeiro foram grãos com densidade de três ou mais ovos e o segundo foram grãos com um ovo apenas.

2.4 Experimentos de competição

A cada três ou quatro dias foi registrado o comportamento das larvas no interior do grão por meio do equipamento MX-20 de radiografia digital com uma câmera de 14 bits (Faxitron X-ray Corp. Wheeling, IL, U.S.A). Utilizando as imagens obtidas, se verificou a presença ou ausência de canibalismo dentro de cada grão (Guedes et al. 2010) e procedeu-se a classificar o grão dentro de cada tratamento de canibais (densidade de 3 ou mais ovos) e não canibais (densidade de um ovo). Após a emergência dos insetos dos grãos que foram acompanhados no raio-x para cada tratamento, 20 casais de adultos da mesma idade emergidos de *S. zeamais* e 10 de *S. granarius* foram postos em potes de vidro separados com 50 gramas de milho. O peso do grão influencia o peso dos insetos que emergem, para eliminar este fator, foram selecionados grãos de milho de peso similar (Campbell, 2002). Os casais foram deixados durante quatro dias para garantir o acasalamento. Após esse período, o macho foi separado e a fêmea continuou dentro do pote durante 15 dias sob condições controladas. Depois desse período, a

fêmea foi retirada e os potes foram observados diariamente até a emergência dos primeiros adultos.

2.5 Avaliação do tempo de emergência, massa e número de indivíduos emergidos.

Seguindo a metodologia de Carvalho et al. (2014) e Trematerra et al. (1996) a emergência dos adultos foi acompanhada diariamente em cada recipiente durante trinta dias a partir da emergência do primeiro inseto em cada pote de vidro. Os potes de vidro foram peneirados e os insetos emergidos foram contados e foi registrada a massa (mg) para cada indivíduo com uma balança eletrônica analítica (Mettler Toledo XS, AG, Laboratory & Weighing Technologies, Greifensee, Switzerland).

2.6 Análise estatística.

2.6.1 Parentais

Para cada espécie, dados de emergência dos parentais foram submetidos a análise de ANOVA em dois níveis (2 x 2) para reconhecer uma eventual contribuição conjunta do sexo e tipo de tratamento nos dados observados. o número de vezes que ocorreu canibalismo, foi submetidos a análise de variância utilizando o programa SigmaPlot versão 12.5 (Systat Software Inc, San Jose, CA, USA). Foram utilizadas 20 replicas para *S. zeamais* e 10 para *S. granarius*.

2.6.2 Descendência

Os dados de emergência, peso e biomassa (peso total diário emergido/casal) da prole foi submetida a análises de regressão testando desde o modelo mais simples (linear e quadrático) até o mais complexo (pico e assintótico) utilizando o programa TableCurve 2D Versão 5.01 (Systat San Jose, CA, USA). Os modelos utilizados para descrever o efeito do canibalismo sobre as variáveis consideradas foram selecionados baseados na significância ($P < 0.05$), nos maiores valores de F, e incremento do valor de R^2 com a complexidade do modelo (número de parâmetros que explicam o modelo), além do principio de parcimônia (Barbosa et al. 2015; Carvalho et

al. 2014). Distribuição residual foi comparada para validar os parâmetros. Para o caso do peso na emergência entre os dois tratamentos, os dados foram submetidos ao teste de t . Os resultados foram elaborados com o uso do programa SigmaPlot versão 12.5, (Systat Software, Inc., San Jose California USA).

3 RESULTADOS

3.1 Parentais

As imagens de raios X mostraram o desenvolvimento dos insetos dentro do grão tanto para grãos com densidade de um ovo (figura 1) quanto para grãos com densidade iguais ou acima de três ovos por grão (figura 2). O Tratamento de grãos com três ou mais ovos possibilitaram evidenciar agressão e canibalismo. Quando existiu agressão entre larvas, em todos os casos a larva maior consumiu a menor. Porém, se a agressão era entre larva e pupa, a pupa é consumida pela larva (figura 2). O tipo de comportamento (canibalístico ou não) conjunto com o tipo de sexo, não influenciou a emergência dos indivíduos adultos ($F= 0,47$; $P= 0,50$ para *S. zeamais* e $F= 0,18$; $P= 0,68$; para *S. granarius*). O número de eventos de canibalismo dentro do grão também não mostrou diferenças na emergência dos adultos ($F=1,85$; $P= 0,17$ para *S. zeamais* e $F= 7,49$; $P= 0,29$ em *S. granarius*). Porém, existiram diferenças no tempo de desenvolvimento entre canibais e não canibais para as duas espécies (figura 1); os indivíduos canibais emergiram significativamente mais rápido comparados com os que não apresentaram canibalismo ao longo do seu desenvolvimento ($F= 3,78$; $P<0,05$ para *S. zeamais* e $F= 15$; $P<0,005$ em *S. granarius*).

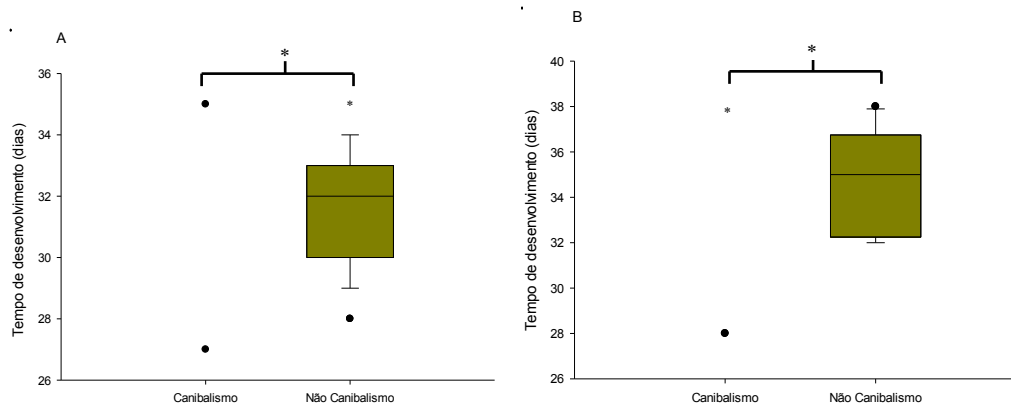


Figura 3: Tempo de emergência de parentais de *S. zeamais* (A) e *S. granarius* (B). As duas espécies mostraram menor tempo de emergência de indivíduos canibais comparados com não canibais. Azul: canibais; Verde: Não canibais. A: *Sitophilus zeamais*. B: *Sitophilus granarius*.

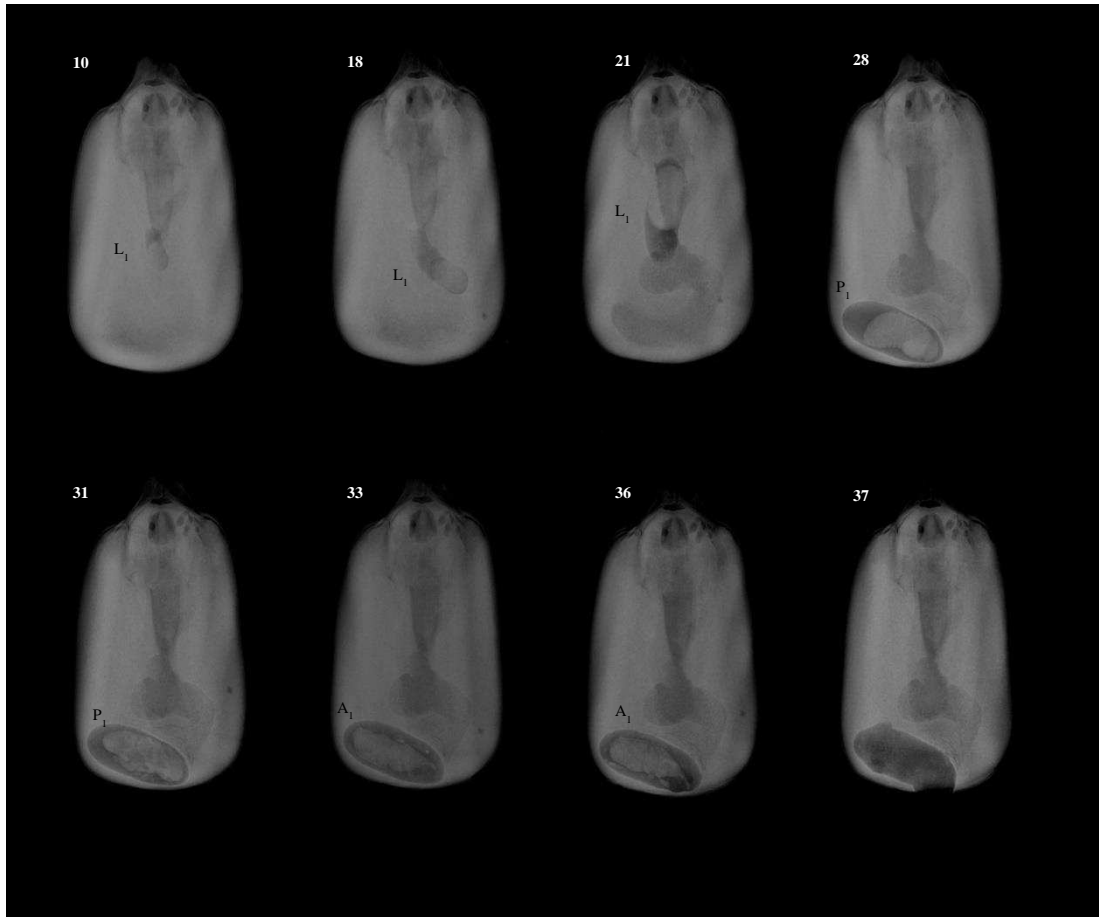


Figura 1: Sequência temporal de imagens de raios-x mostrando o movimento e desenvolvimento de um único indivíduo de *S. z eamais* dentro do grão do milho. Os números brancos indicam os dias após a oviposição. O estágio de desenvolvimento (larva pupa e adulto) é indicado em letras pretas (L, P e A, respectivamente).

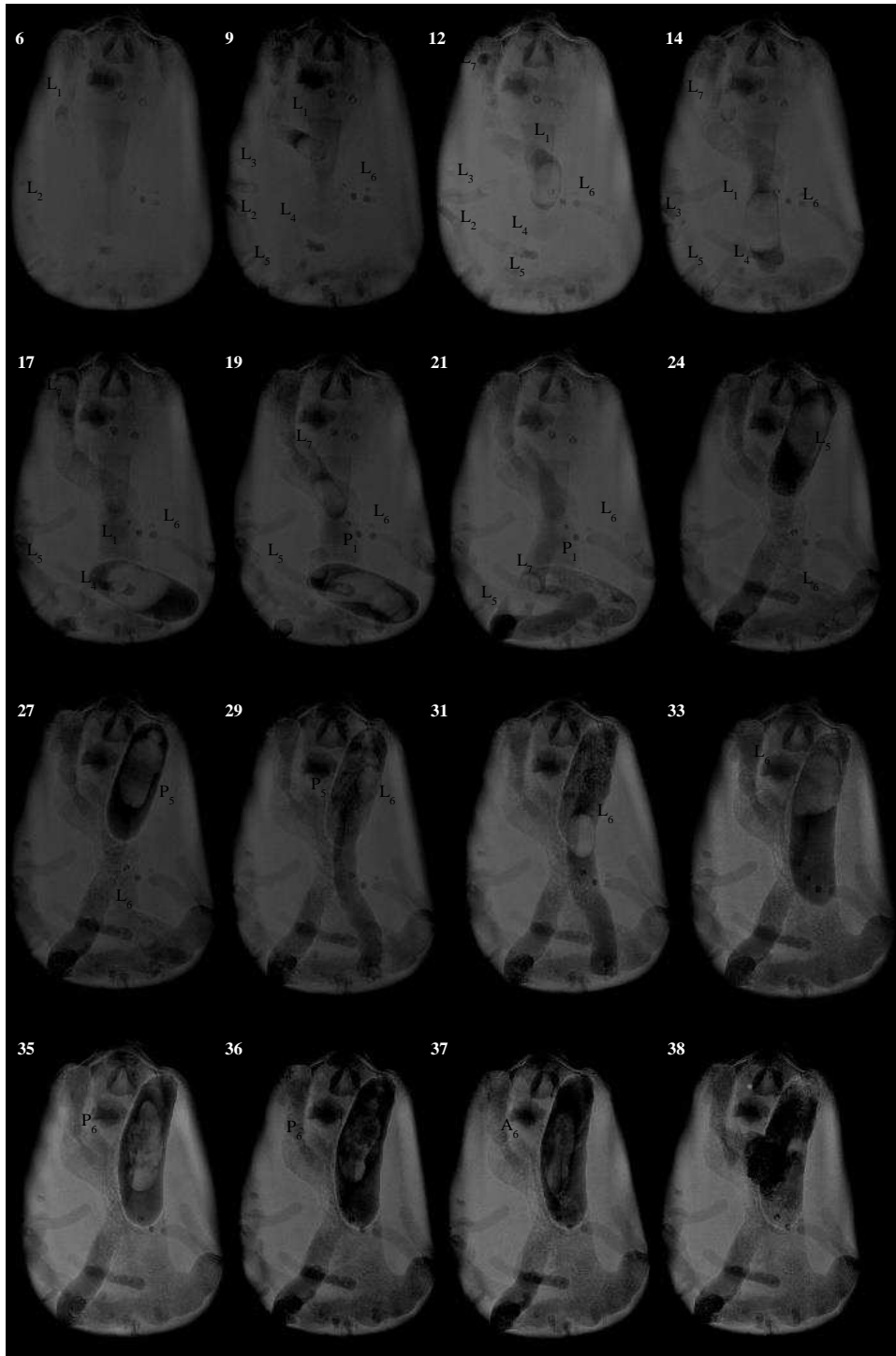


Figura 2: Sequência temporal de imagens de raios-x mostrando o movimento e desenvolvimento de múltiplos indivíduos de *S. zeamais* dentro do grão do milho. Existe agressão evidente entre larva-larva (dia 21 L₅-L₇) larva-pupa (dia 29 P₅-L₆). Os números brancos indicam os dias após a oviposição. O estágio de desenvolvimento (larva pupa e adulto) é indicado em letras pretas (L, P e A, respectivamente), de igual forma os indivíduos (1-7).

3.2 Descendência

3.2.1 Peso

Ocorreram diferenças significativas entre os dois tratamentos tanto para *S. zeamais* quanto para *S. granarius* (figura 4) sendo maior a média de peso ao emergir nos indivíduos canibais comparados com não canibais (Canibais \bar{x} = 2,80 mg, Não canibais = 2,27 mg, $t = 30,529$ g.l. = 1999 $P < 0,001$ em *S. zeamais*; Canibais = 2,15 mg Não canibais \bar{x} = 1,6 mg, $t = 135317$, $P < 0,001$). Não se observou nenhuma tendência de mudança do peso no decorrer do tempo nem para cada tratamento ou espécie.

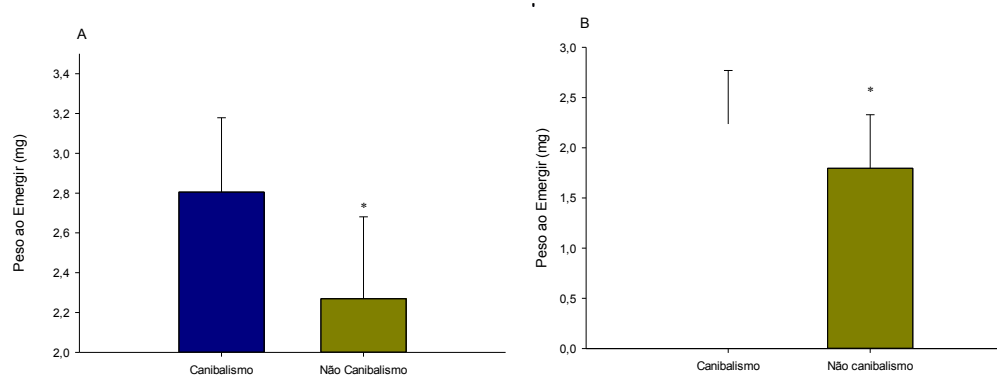


Figura 4: Peso ao emergir de *S. zeamais* (A) e *S. granarius* (B) para indivíduos canibais (azul) e não canibais (amarelo). As médias das duas espécies mostraram diferenças significativas entre os dois tratamentos sendo o peso médio maior nos indivíduos canibais ($P = < 0,001$ para as duas espécies sob teste de t). As linhas em cima da barra mostram o erro padrão para cada tratamento.

3.2.2 Emergência

Para as duas espécies, as curvas da taxa de emergência foram distinguíveis (parâmetro B e Y_0 para *S. zeamais* e A, B, X_0 , Y_0 para *S. granarius*), marcando assim diferenças entre progênie de pais canibais e não canibais. Os perfis foram explicados mediante uma equação de pico Lorentzian com quatro parâmetros (tabela 1). Para *S. zeamais* o pico dos emergentes de canibais tende a ocorrer com antecipação comparado com não canibais. Em contraste, *S. granarius* mostrou um pico máximo de emergência de indivíduos de pais não canibais primeiro do que a prole de pais canibais, embora este pico seja menor (figura 5).

3.2.3 Biomassa

A biomassa diária emergida para cada tratamento de cada espécie foi explicada utilizando uma equação de pico Lorentzian com quatro parâmetros (tabela 2) a qual mostrou diferenças de curvas entre cada tratamento (parâmetro B e Y_0 para *S. zeamais* e A, B, X_0 , Y_0 para *S. granarius*) para as duas espécies a prole de pais canibais gerou maior pico e biomassa (figura 6).

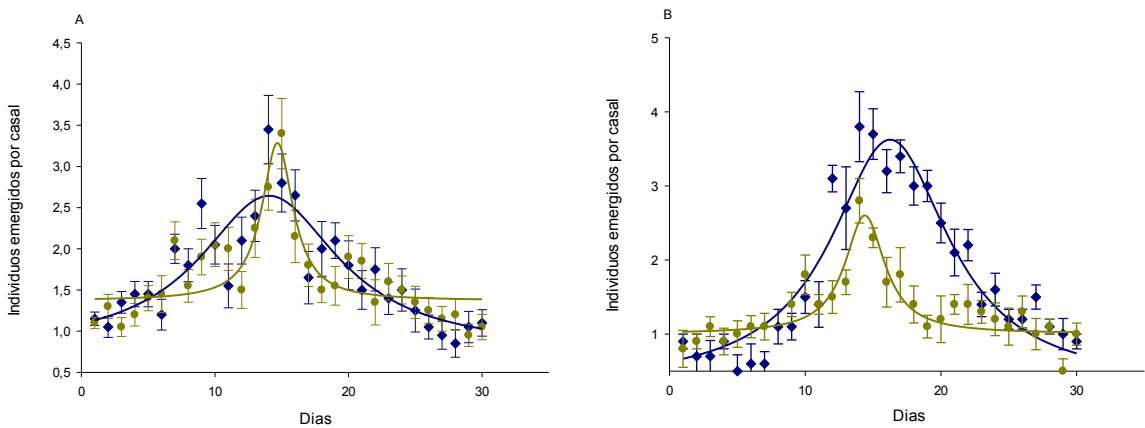


Figura 5: emergência diária da progênie de *S. zeamais* (A) e *S. granarius* (B) para grãos com densidade 1 um ovo e acima de três. Os símbolos e as barras representam as medias e o erro padrão. Os parâmetros da equação estão indicados na tabela 1. Azul: canibalismo. Amarelo: Não canibalismo.

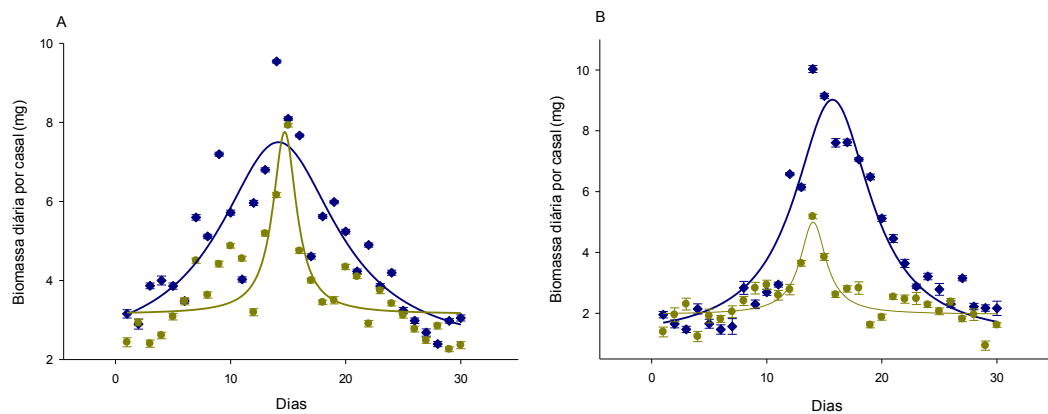


Figura 6: biomassa diária da progênie de *S. zeamais* (A) e *S. granarius* (B) para cada tratamento. Os símbolos e as barras representam as medias e o erro padrão. Os parâmetros da equação estão indicados na tabela 2. Azul: canibalismo. Amarelo: Não canibalismo.

Tabela 1: Resumo das análises das regressões não lineares para as curvas de emergência diária de *Sitophilus zeamais* e *Sitophilus granarius* que apresentaram ou não eventos de canibalismo. Os parâmetros estimados foram significativamente menores a $P < 0,001$ sob Student's t-test.

Espécie	Modelo	Tratamento	Parâmetro Estimado (\pm E.P)				df _{error}	F	P	R ²
			A	B	X ₀	Y ₀				
<i>Sitophilus zeamais</i>	$Y = Y_0 + A / (1 + ((X - X_0) / B)^2)$	Canibalismo	1,87 \pm 0,25	6,35 \pm 1,68	14,05 \pm 0,59	0,77 \pm 0,26	26	25,29	<0,0001	0,75
		Não Canibalismo	1,92 \pm 0,29	1,42 \pm 0,36	14,67 \pm 0,21	1,37 \pm 0,08	26	22,23	<0,0001	0,72
<i>Sitophilus granarius</i>	$Y = Y_0 + A / (1 + ((X - X_0) / B)^2)$	Canibalismo	3,32 \pm 0,23	5,32 \pm 0,81	16,25 \pm 0,28	0,31 \pm 0,22	26	72,77	<0,0001	0,89
		Não Canibalismo	1,60 \pm 0,26	1,78 \pm 0,51	14,39 \pm 0,29	1,00 \pm 0,08	26	17,16	<0,0001	0,67

Tabela 2: Resumo das análises das regressões não lineares para as curvas de biomassa diária emergida de *Sitophilus zeamais* e *Sitophilus granarius* que apresentaram ou não eventos de canibalismo. Os parâmetros estimados foram significativamente menores a $P < 0,001$ sob Student's t-test.

Espécie	Modelo	Tratamento	Parâmetro Estimado (\pm E.P)				df _{error}	F	P	R ²
			A	B	X ₀	Y ₀				
<i>Sitophilus zeamais</i>	$Y = Y_0 + A / (1 + ((X - X_0) / B)^2)$	Canibalismo	5,32 \pm 0,70	6,19 \pm 1,65	14,16 \pm 0,51	2,18 \pm 0,73	26	24,78	<0,0001	0,74
		Não Canibalismo	4,62 \pm 0,75	1,24 \pm 0,33	14,70 \pm 0,19	3,15 \pm 0,17	26	20,70	<0,0001	0,71
<i>Sitophilus granarius</i>	$Y = Y_0 + A / (1 + ((X - X_0) / B)^2)$	Canibalismo	7,89 \pm 0,53	4,04 \pm 0,57	15,71 \pm 0,24	1,14 \pm 0,39	26	76,26	<0,0001	0,90
		Não Canibalismo	3,04 \pm 0,42	1,37 \pm 0,30	14,03 \pm 0,20	1,96 \pm 0,11	26	24,82	<0,0001	0,74

4 DISCUSSÃO

O processo de competição larval e agressão com consumo dos co-específicos de caruncho do milho concordou com o reportado em trabalhos anteriores (Guedes et al. 2010; Danho, M. & Haubruge, 2003; Danho et al. 2015). As imagens obtidas no raio-x mostraram um padrão claro de número de adultos emergidos menor aos ovos ovipositados por grão (figura 2), como resultado da competição larva-larva e larva-pupa (Guedes et al. 2010; Danho et al. 2015), quando existiram múltiplos ovos no interior do grão.

Consideram-se três fatores que afetam consideravelmente a ocorrência de canibalismo: i) a disparidade de tamanho entre os indivíduos que se agridem como já foi mostrado na família Coccinelidae (Michaud, 2003); ii) a fase de desenvolvimento do indivíduo, e iii) o nível de fome dos indivíduos (Ye et al. 2014). Para as duas espécies, o tamanho corporal foi responsável pelo sucesso quando a agressão foi entre larvas, dando como resultado o consumo da larva menor. Porém, a fase do inseto foi fundamental no sucesso das larvas quando o confronto foi com a pupa. Ichikawa & Kurauchi (2009) encontraram que pupas de *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) apresentam mecanismos de defesa à predação movimentando-se e expondo a região mais esclerotizada dificultando o ataque do predador. No entanto, neste experimento não se percebeu nenhum tipo de defesa da pupa e conseqüentemente as pupas que foram atacadas morreram. Com relação a taxa de emergência, o tratamento canibalístico mostrou um menor tempo de emergência comparado com os indivíduos não canibais, isto pode ser causado por uma maior aquisição de nutrientes ao se alimentar dos seus co-específicos (Richardson et al. 2010).

A prole de cada tratamento teve diferenças que podem ser vantagens consideráveis causadas pelo canibalismo. Para as duas espécies, observou-se a mesma tendência diferenciada de peso entre tratamentos. O peso ao emergir foi maior para a prole do tratamento canibalístico, porém em *S. granarius* o peso não foi fortemente diferenciado entre tratamentos. Estudos anteriores sugerem que embora exista canibalismo, o peso não será

suficiente para diferenciar se o nível de adaptabilidade ao alimento disponível é baixo (Snydera et al. 2000). Além disso, o menor peso a emergir para descendentes de parentais não canibais evidencia uma menor qualidade de inseto comprometendo seu desempenho.

A taxa de emergência sugere que os insetos filhos de pais canibais, desenvolvem-se em menor tempo indicando vantagem na rapidez de desenvolvimento de ovo até adulto. O tratamento canibal de *S. zeamais* mostrou que, apesar de a curva de biomassa emergida apresentar um pico maior no tratamento não-canibal, o tratamento canibalístico consegue se manter com uma taxa maior de emergência diária durante mais tempo. Por outro lado, o tratamento não canibalista de *S. granarius* mostrou em geral uma diferença marcada na curva da taxa de emergência sendo superior a taxa de emergência de descendentes canibais ao longo dos trinta dias (figura 5).

A biomassa emergida (peso total diário emergido por casal) por casal evidencia a qualidade reprodutiva que apresenta o indivíduo. Para as duas espécies, a maior biomassa produzida foi por parte dos pais canibais, o que indica um melhor desempenho reprodutivo por parte de indivíduos que utilizaram como fonte de recurso seus co-específicos além do grão de milho. Porém, em *S. granarius* a biomassa foi consideravelmente maior no tratamento canibal. Ao comparar o peso e número de indivíduos emergidos, se observa uma tendência de *S. granarius* de gerar um maior número de indivíduos, porém com um peso baixo, similar ao peso do tratamento não canibal, isto se vê refletido na ampla diferença de curvas de biomassa (figura 6).

Em geral o canibalismo teve um impacto positivo no desempenho reprodutivo de *S. zeamais* e *S. granarius* em termos de peso, taxa de emergência e biomassa indicando uma vantagem em desenvolvimento e qualidade da prole.

Referências

Barbosa, W., Tomé, H., Bernardes, R., Siqueira, M., Smagghe, G., Guedes, R.N. (2015). Biopesticide-induced behavioral and morphological alterations in the stingless bee *Melipona Quadrifasciata*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, , Vol. 34, No. 9, pp. 2149–2158, .

Barros-Bellanda, H., & Zucoloto, F. (2001). Influence of chorion ingestion on the performance of *Ascia monuste* and its association with cannibalism. *Ecological Entomology* , 557–561.

Campbell, J. (2002). Influence of Seed Size on Exploitation by the Rice Weevil, *Sitophilus oryzae*. *Journal of Insect Behavior*, 15 (3) 429-445.

Carvalho, G., Vieira , J., Haro, M., Corrêa, A., Ribon , A., & et al. (2014). Pleiotropic Impact of Endosymbiont Load and Co-Occurrence in the Maize Weevil *Sitophilus zeamais*. *PLoS ONE* , 9(10): e111396.

Cotton, R., & Wilbur, D. (1982). Storage of cereal grains and their products. CHRISTENSEN, C. M.

Da Silva, C., & Postalí Parra, J. (2013). New method for rearing *Spodoptera frugiperda* in laboratory shows that larval cannibalism is not obligatory. *Revista Brasileira de Entomologia*, 347–349.

Danho, M., Alabi, T., Haubruge, E., & Francis, F. (2015). Oviposition strategy of *Sitophilus zeamais* Mostch. (Coleoptera: Curculionidae) in relation to conespecific infestation. *African Journal of Agricultural Research*, 10 (4), 301-307.

Dinuță, A., Bunescu, H., & Bodiș, I. (2009). Contributions to the Knowledge of Morphology of the Granary Weevil (*Sitophilus Granarius* L.), Major Pest of the Stored Cereals . *Bulletin UASVM Agriculture*, 1 59- 66.

Duan, J. J., Larson, K., Watt, T., Gould, J., & Lelito, J. P. (2013). Effects of Host Plant and Larval Density on Intraspecific Competition in Larvae of the Emerald Ash Borer (Coleoptera: Buprestidae). *Environmental Entomology*, 1193-1200.

Flay , C., Wang , Q., & He, X. (2014). Female Reproductive Fitness Declines with Increasing Male Density in the Polyandrous Weevil *Sitophilus oryzae*. *Journal of Insect Behavior* , 27:268–278.

Giga, D. P. (1991). Intraspecific competition in the bean weevils *Callosobruchus* and *Callosobruchus rhodesianus* (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Applied Ecology*, , 28, 918–929.

Guedes, N. M., Guedes, R. N., Campbell, J. F., & Throne, J. E. (2010). Contest behaviour of maize weevil larvae when competing within seeds. *Animal Behaviour*, 281-289.

Guedes, R. N., Guedes, N. M., & Smith, R. H. (2007). Larval competition within seeds: From the behaviour process to the ecological outcome in the seed beetle *Callosobruchus maculatus*. *Austral Ecology*, 697–707.

Guedes, R. N., Smith, R. H., & Guedes, N. M. (2003). Host suitability, respiration rate and the outcome of larval competition in strains of the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*. *Physiological Entomology*, , 298–305.

Ichikawa, T., Kurauchi, T. (2009). Larval Cannibalism and Pupal Defense Against Cannibalism in Two Species of Tenebrionid Beetles. *Zoological Science* 26: 525–529.

Jansen, V. A. A. ,Sevenster, J. G. 1997. An individual-based model for competing *Drosophila* populations. *Researches on Population Ecology*, 39, 215–225.

Lale, N., & Vidal, S. (2001). Intraspecific and interspecific competition in *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Callosobruchus* (Pic) on stored bambara groundnut, *Vigna subterranea* (L.) *Verdcourt*. *J. Stored Prod*, 329–38.

Magdaraog, P., Harvey, J., Tanaka, T., & Gols, R. (2012). Intrinsic competition among solitary and gregarious endoparasitoid wasps and the phenomenon of ‘resource sharing’. *Ecological Entomology*, 37, 65–74.

Messina, F. J. (2004). Predictable modification of body size and competitive ability following a host shift by a seed beetle. *Evolution*, 2788–2797.

Michaud, J. P. (2003). A comparative study of larval cannibalism in three species of ladybird. *Ecological Entomology*, 92–101.

Nicholson, A. (1954). An outline of the dynamics of animal populations. *Aust. J. Zool*, 9–65.

Reddy, D. B. (1951). Determination of sex in adult rice and granary weevils (Coleoptera: Curculionidae). *Pan-Pacific Entomologist*, 27, 13–16.

Richardson, M.L., R.F. Mitchell, P.F. Reagel, L.M. Hanks. 2010. Causes and consequences of cannibalism in non-carnivorous insects. *Annu. Rev. Entomol.* 55: 39–53.

SigmaPlot version 12.5, from Systat Software, Inc., San Jose California USA

Smith, R. (1986). Competition and population dynamics in storage insects. Proc 4th Int. Work. Conf Stored-Product Protection, Tel AVIV, Israel, Sept., 426-433.

Snydera, W.E., Joseph, S. B., Preziosi, R. F., Moore A.J. (2000) Nutritional Benefits of Cannibalism for the Lady Beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) When Prey Quality is Poor. Environmental Entomology 29(6):1173-1179.

SPSS 2000. TableCurve 2D User's Guide. Chicago: SPSS.

Tanahashi, M., & Togashi, K. (2009). Interference competition and cannibalism by *Dorcus rectus* (motschulsky) (coleoptera: lucanidae) larvae in the laboratory and field. The coleopterists bulletin, 301–310.

Tolpo, N. C. (1965.). Sex determination by snout characteristics of *Sitophilus zeamais* Motschulsky. . Texas Journal of Science, 17, 122–124.

Trematerra , P., Fontana, F., & Mancini , M. (1996). Analysis of developmental rates of *Sitophilus oryzae* (L.) in five cereals of the genus Triticum. .J Stored Prod Res, 32: 315–322.

Wise, D. H. (2006). Cannibalism, food limitation, intraspecific competition, of spider populations. Annu. Rev. Entomol. 51:441–65

YE, J., XU, Q., LI, Z., LU, X., HAN, S. *2014). Effect of Cannibalism on the Growth and Development of *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae). Florida Entomologist 97(3):1075-1080