

DÉBORA MELLO DA SILVA

“Efeito de Altas Temperaturas Sobre Aspectos Biológicos de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) e no Potencial de Infecção por *Bacillus thuringiensis* Berliner”

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Área de concentração em Entomologia, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas.

Curitiba

2010

A Deus, acima de tudo,
AGRADEÇO

*A minha irmã Jéssica por todo apoio e em especial aos meus pais Aparecida e João pelo incentivo e confiança, fornecendo-me força para atingir meus objetivos, fonte de todo amor e perseverança que existe em mim, por estarem sempre dispostos a me ouvir e aconselhar, mostrando sempre o caminho a seguir,
Amo vocês mais do que possam imaginar...*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Flávio Moscardi pela orientação e confiança.

A Dr. Clara Beatriz, pelo estímulo, pelos valiosos conhecimentos transmitidos e apoio imprescindível para realização deste trabalho.

Ao Dr. Adeney de Freitas Bueno, pela amizade, atenção e por disponibilizar o laboratório de criação de Parasitóides, para realização de parte dos experimentos.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Soja, pela concessão do espaço físico e apoio técnico.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

A Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de realização do curso.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação da UFPR, pelos ensinamentos recebidos.

À Dra. Maria Cristina do Departamento de Estatística, pelo imenso auxílio nas análises estatísticas.

Aos funcionários e estagiários do Laboratório de Entomologia e Fitoquímica, Serginho, João, Giovanni, Maira, Jaqueline, José Perez, Bruno e Tatiani pela agradável companhia e auxílio.

A todos os funcionários da equipe de Entomologia Ivanilda, Fábio, Carneiro, Neiva, Rose, e Sérgio.

Aos secretários Tica (Embrapa Soja) e Jorge (UFPR), sempre atenciosos e dispostos.

Aos amigos conquistados, pelo apoio e agradável companhia, Regiane, Fernanda, Silvia, Neto, Tati, Bruno, José, Jaque e em especial aos meus amigos José Perez e Máira: "Quem encontrou um amigo encontrou um tesouro!"

A minha amiga Mariana por todo apoio, incentivo e por tornar meus dias mais alegres.

A minha família, e em especial a minha prima Carla pelo imenso prazer do convívio, e por tornar a minha estadia em Curitiba extremamente agradável.

Aos colegas do Mestrado: Camila, Rodrigo, Alberto, Mário, Leandro, Angélico, Bolívar, Diana, e em especial as minhas amigas Silvia, Mirian e Dayana.

Aos funcionários de manutenção João, Jurandir e Osmar.

A todos que colaboraram com a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
RESUMO GERAL.....	v
ABSTRACT.....	vii
CAPÍTULO I	
CONSIDERAÇÕES GERAIS	
1.1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1.2 Aquecimento global.....	2
1.1.3 As mudanças climáticas na agricultura.....	3
1.1.4 Influência da temperatura sobre insetos.....	6
2. OBJETIVOS.....	9
2.1 Objetivo Geral.....	9
2.1.2 Objetivos Específicos.....	9
3. REFERÊNCIAS.....	10
CAPÍTULO II	
Efeito de Diferentes Temperaturas Sobre Aspectos Biológicos de <i>Anticarsia gemmatalis</i> Hübner	
RESUMO.....	16
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
2.1 Condução do experimento.....	19
2.1.2 Análise estatística.....	21
3. RESULTADOS.....	22
3.1 Sobrevivência, duração média das fases de desenvolvimento de	
A. <i>gemmatalis</i> , taxa de razão sexual, longevidade e viabilidade de ovos.....	22
3.1.2 Peso de pupas.....	29
4. DISCUSSÃO.....	30
5. REFERÊNCIAS.....	35

CAPÍTULO III

Efeito de Diferentes Temperaturas no Potencial de Infecção de *Bacillus thuringiensis* Berliner Sobre *Anticarsia gemmatalis* Hübner

RESUMO.....	41
1. INTRODUÇÃO.....	42
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.1 Condução do experimento.....	44
2.1.2 Análise estatística.....	45
3. RESULTADOS.....	46
4. DISCUSSÃO.....	48
5. REFERÊNCIAS.....	50
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
ANEXOS.....	54

LISTA DE TABELAS

PÁGINA

CAPÍTULO II

Tabela 1. Sobrevivência (média \pm EP) de *A. gemmatalis* nos diferentes instares criadas em dieta artificial e submetidas a diferentes temperaturas, por três gerações..... 23

Tabela 2. Duração em dias (média \pm EP) dos instares de *A. gemmatalis* criadas em dieta artificial submetidas a diferentes temperaturas, por de três gerações..... 25

Tabela 3. Tempo de desenvolvimento em dias (média \pm EP) de *A. gemmatalis* (1^o ínstar - pupa), criadas em dieta artificial e submetidas a diferentes temperaturas, por três gerações..... 26

Tabela 4. Razão Sexual (média \pm EP) de *A. gemmatalis* criadas em dieta artificial e submetidas a diferentes temperaturas, por três gerações..... 27

Tabela 5. Longevidade em dias (Média \pm EP) de adultos de *A. gemmatalis* submetidos a diferentes temperaturas por três gerações..... 28

Tabela 6. Viabilidade de ovos (%) eclodidos de *A. gemmatalis* (Média \pm EP) submetidos a diferentes temperaturas por três gerações..... 28

CAPÍTULO III

Tabela 1. Sobrevivência (Média \pm EP) de *A. gemmatalis* dentro e entre as temperaturas para o tratamento inoculado com *B. thuringiensis* e testemunha..... 46

LISTA DE FIGURAS**PÁGINA****CAPÍTULO II**

- Figura 1. Gaiolas de acrílico (A) para vôo nupcial dos adultos e de PVC (B) para oviposição..... 20
- Figura 2. Adultos de *A. gemmatalis* desenvolvidas em ambientes com temperatura de 25°C (A) e 34°C (B)..... 27
- Figura 3. Efeito dos tratamentos no peso de pupa (mg) em relação as diferentes temperaturas..... 29

CAPÍTULO III

- Figura 1. Peso de pupas (mg) de *A. gemmatalis* inoculadas e não inoculadas com *Bacillus thuringiensis* submetidas a diferentes temperaturas..... 47

Efeito de Altas Temperaturas Sobre Aspectos Biológicos de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) e no Potencial de Infecção de *Bacillus thuringiensis* Berliner

RESUMO – As mudanças climáticas podem afetar a distribuição e o grau de infestação dos artrópodes pragas através de efeitos diretos em seus ciclos de vida. Além disso, o clima pode causar efeitos indiretos sobre seus hospedeiros, competidores e inimigos naturais (predadores, parasitóides e entomopatógenos), o que, por conseqüência, pode afetar os danos causados pelos insetos. Neste estudo avaliou-se o efeito de cinco temperaturas (25°C, 28°C, 31°C, 34°C e 37°C) sobre aspectos biológicos de *A. gemmatalis* e no potencial de infecção de *Bacillus thuringiensis* (Bt). Constatou-se que todo o processo de desenvolvimento e sobrevivência sofreu influência significativa das diferentes temperaturas estudadas, sendo o ciclo de desenvolvimento inversamente proporcional ao aumento da temperatura. Nas temperaturas acima de 31°C, os insetos atingiram a fase de pupa ou até mesmo emergiram, mas produziram indivíduos deformados ou as fêmeas não ovipositaram ou seus ovos eram inférteis. Conseqüentemente, na geração F1 não houve sobreviventes entre os insetos encontrados nas temperaturas mais elevadas. A viabilidade de ovos manteve-se alta nas temperaturas de 25°C e 28°C e a razão sexual não foi influenciada pelas temperaturas testadas. A longevidade foi maior a 25°C, enquanto na temperatura de 28°C, a longevidade das fêmeas, diferentemente do macho, foi reduzida. O peso de pupas sofreu influência somente das temperaturas, decrescendo com o aumento da mesma e não foi influenciado pelo tempo de alimentação dos insetos. De modo geral, os dados obtidos mostram que o aumento de temperatura afeta negativamente a biologia de *A. gemmatalis*, através da redução na duração dos ínstar e, conseqüentemente, no tempo de desenvolvimento. Além disso, diminui a sobrevivência dos adultos e a viabilidade dos ovos. A mudança de temperatura não afeta a ação do entomopatógeno Bt em *A. gemmatalis* na dose testada, que apresentou baixo número de sobreviventes em todas as temperaturas. Nas testemunhas o peso de pupas foi significativamente maior em relação às inoculadas com Bt em todas as temperaturas estudadas. Os dados obtidos até o momento permitem sugerir que o aquecimento global drástico e rápido pode causar impactos negativos nas populações de *A. gemmatalis* e, assim, diminuir a sua ocorrência e o problema na cultura da soja. Porém, estudos adicionais

com sobreviventes da praga em altas temperaturas (31°C a 37°C), visando uma possível adaptação do inseto são necessários.

Palavras- chave: Aquecimento Global, Mudanças climáticas, Temperatura, *Anticarsia gemmatalis*, *Bacillus thuringiensis*.

**Effect of High Temperatures on Biological Aspects of *Anticarsia gemmatalis*
Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) and in the Infection Potential by *Bacillus
thuringiensis* Berliner**

SUMMARY – Climatic changes can affect arthropod pest distribution and infestation intensity through direct effect in their life cycle. Besides, climate can also cause indirect effects on pests by affecting their hosts, competitors and natural enemies (predators, parasitoids and entomopathogens). In this study, the effect of five temperatures (25°C, 28°C, 31°C, 34°C and 37°C) on *Anticarsia gemmatalis* biological aspects, over three generations (F₀, F₁ and F₂), as well as on the infection potential of *Bacillus thuringiensis* (Bt) were evaluated. It was observed a significant influence of the different temperatures over the whole insects' development process; survivorship and development cycle life was inversely proportional to increases of temperature. In temperature over 31°C, the insects reached pupae stage or even adulthood, but produced deformed individuals or females that did not lay eggs or laid unfertile eggs. Consequently, from F₁ generation there was no survivorship among insects reared on the higher temperatures (31°C, 34 °C e 37°C). The viability of eggs kept on high on 25°C and 28°C, and the sexual ratio was not affected by tested temperatures. The longevity of adults was higher at 25°C while at 28°C, female longevity, differently of males, was reduced. Pupal weigh was only dependent of treatments (temperatures), decreasing with the increasing of temperature and was not affected by insects feeding time. In general the data shows that the increase of temperature affects negatively *A. gemmatalis* biology. Besides, adult survivorship and egg viability was lower. Changes of temperature did not affect *A. gemmatalis* Bt infection at tested doses whose survivorship was low in all tested temperatures. On the control samples the pupae weigh was significantly higher then the inoculated ones with Bt for all temperatures studied. With results obtained by now it is possible to suggest that drastic and rapid global warming can cause negative impacts on *A. gemmatalis* populations and, thus, reduce its occurrence and problems to soybean crop. However, additional studies by using pest survivorships from high temperatures (31°C to 37°C), aiming a possible insect adaptation are necessary.

Key - Words: Global warming, Climatic changes, Temperature, *Anticarsia gemmatalis*, *Bacillus thuringiensis*.

CAPÍTULO I- CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 INTRODUÇÃO GERAL

Alterações climáticas têm afetado as condições ambientais atuando no aumento da temperatura média do planeta, da concentração de CO₂, perda de cobertura das calotas polares, alteração na disponibilidade de recursos hídricos, mudanças nos ecossistemas, extinção ou favorecimento de algumas espécies, desertificação, além de impactos sócio-econômicos, como a saúde da população e perdas na produção de culturas de importância mundial (EEROLA, 2003; ESTAY et al., 2009). O aumento da temperatura tem efeito direto sobre problemas fitossanitários, atuando no favorecimento ou em detrimento da ocorrência de pragas e doenças. As pragas causam impactos econômicos negativos em sistemas agrícolas, principalmente quanto à redução da produtividade de culturas em algumas regiões. Entretanto, essas pragas têm sua atividade altamente influenciada pelas condições climáticas, que podem favorecer ou limitar sua ocorrência (GHINI et al., 2008). O mesmo acontece com os patógenos que atuam no controle natural desses insetos, como fungos, bactérias e vírus. A mudança da temperatura média e a frequência de eventos extremos podem ter forte impacto sobre a população de pragas e seus inimigos naturais, interferindo na duração do ciclo de desenvolvimento, número de gerações, densidade populacional, extensão da exploração da planta, bem como a distribuição local e geográfica (PORTER et al., 1991; BALE et al., 2002; HOFFMANN et al., 2008).

A limitação do conhecimento de efeitos ambientais sobre a interação planta-inseto dificulta encontrar soluções para minimizar impactos negativos que possam surgir em consequência do aquecimento global. Hamada et al. (2006), estudando a principal praga do café, *Leucoptera coffeella* Guérin-ménéville, conhecida popularmente como broca-do-café, observou o aumento do número de ciclos da praga em modelos utilizados: um com incremento constante de temperatura e outro com variação espacial, ambos com projeções até o ano de 2080 considerando as médias dos anos de 1961 a 1990 em comparação com o clima atual, levando a um resultado de maior infestação e nível de dano em ambos os modelos.

Para minimizar o efeito das mudanças climáticas nas próximas décadas, o fomento a linhas de pesquisa que favoreçam a utilização de parâmetros climáticos que abordem as características regionais, como localização, umidade, pluviosidade e histórico de temperaturas e relacioná-las as pragas e inimigos naturais, com intuito de elaborar sistemas de manejo que minimizem danos ao sistema produtivo (GHINI, 2005) torna-se imprescindível e de crucial importância para o futuro do manejo integrado de pragas (MIP).

1.1.2 Aquecimento global

A composição química da atmosfera tem sofrido alterações resultantes da intensificação de atividades antrópicas como elevação da concentração de gases de efeito estufa, principalmente de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxidos de nitrogênio (NO_x), que têm levado a modificações intensas no regime climático global (COSTA, 2004; GHINI et al., 2008). Essa perturbação no clima interfere nas condições ambientais, como observado no aumento da temperatura do planeta, elevação da concentração de CO_2 , perda de cobertura das calotas polares, elevação do nível dos oceanos, alteração na distribuição das águas pluviais, mudanças nos ecossistemas, extinção de espécies, desertificação e comprometimento das regiões agrícolas (EEROLA, 2003; NÓBREGA, 2008).

Tentativas de discussão sobre o clima em uma escala global, por iniciativa do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, levaram a criação, em 1988, do International Panel on Climate Change (IPCC), órgão que é referência e autoridade científica em relação ao aquecimento global. O IPCC tem como finalidade fornecer informações científicas sobre eventos climáticos e fazer previsões sobre mudanças futuras, contando com a parceria de resultados de diversos centros de pesquisa em todo o mundo (MARENGO & VALVERDE, 2007). O quarto relatório apresentado pelo IPCC mostrou os problemas do aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera devido à relutância dos países industrializados em reduzir suas emissões, assim como a incapacidade de países em desenvolvimento em diminuir e/ou estabilizar as emissões de poluentes (IPCC, 2007). Esse relatório prevê que, em função do aumento da concentração desses gases, a temperatura média global deve se elevar entre 1,4 a 5,8 °C até 2100 sendo

maior próximo aos pólos que na região equatorial (CHRISTENSEN et al., 2007), além disso mudanças na intensidade e frequência de chuvas, na evaporação, temperatura dos oceanos, entre outros fenômenos (MARENGO & VALVERDE, 2007). Segundo o IPCC (2001) no século XX houve um aumento de 0,65 °C na média da temperatura global, com efeito evidente na década de 90, onde estão registrados os anos mais quentes desde 1850, e com previsão de aumento de 0,2°C por década nos próximos 20 anos. Esperam-se, ainda, alterações climáticas localizadas, diminuição da diferença entre temperaturas noturnas e diurnas, aumentos na evaporação e precipitação, ondas de calor e frio, chuvas intensas, enchentes e secas, especialmente em médias e altas latitudes. A distribuição atual de pragas pode ser resultado da disponibilidade de água e alimentos de cada região e podem ser modificados com essas alterações, que devem influenciar também em vários aspectos da lavoura como época de plantio e colheita, sistemas de cultivo etc. (PARMESAN et al., 2005). Muitas dessas alterações já têm sido observadas, sendo que o aumento da quantidade de vapor d'água na atmosfera, provocado pelo aquecimento, pode causar um efeito positivo sobre o efeito estufa (IPCC, 2003; MARENGO et al., 2007).

No Brasil, essas projeções climáticas ainda são restritas, devido a diferenças metodológicas e falta de informações meteorológicas nos bancos de dados, o que torna difícil inferir extremos climáticos a longo prazo, principalmente em regiões tropicais (MARENGO & CAMARGO, 2007). A economia brasileira é fortemente ligada a fatores dependentes do clima. A agricultura e a biodiversidade são significativamente vulneráveis a essas alterações e o aquecimento global pode comprometer a produção de alimentos, com previsões de perdas de R\$ 7,4 bilhões em 2020, atingindo R\$ 14 bilhões em 2070, em todos os continentes (PINTO et al., 2008).

1.1.3 As mudanças climáticas na agricultura

Fatores abióticos, como temperatura, umidade e luz, têm grande influência no desenvolvimento de plantas sendo que o aumento da temperatura é diretamente proporcional à atividade fotossintética. No entanto, o calor pode afetar as reações enzimáticas elevando as atividades até um ponto ótimo, e a partir deste ponto as

enzimas podem sofrer desnaturação prejudicando a tolerância da planta ao calor (BIETO & TALON, 1996). Espera-se que o aumento anunciado pelo quarto relatório do IPCC traga mudanças que afetarão significativamente a agricultura mundial (ESTAY et. al, 2009) e com isso a distribuição e a dinâmica dos pragas e seus patógenos (WOIWOD, 1997; ESTAY et. al, 2009). Eventos de seca temporária são característicos em várias regiões, e provavelmente a frequência e a intensidade de secas aumentarão nas próximas décadas (BRESHEARS et al., 2005; CHRISTENSEN et al., 2007). A falta de chuvas pode causar o estresse hídrico nas plantas desencadeando alterações morfológicas, fisiológicas e químicas, a seiva pode se tornar uma fonte rica em aminoácidos e açúcares para alguns insetos sugadores, contudo é também esperado aumento da concentração de compostos secundários responsáveis pelo sistema de defesa da planta. Com relação a alterações físicas, as folhas podem sofrer transformações tanto de forma quanto de cor, tornando-se atrativas ou menos palatáveis aos insetos herbívoros (HARRINGTON, 2002). O aumento da temperatura média global poderá causar o declínio populacional de plantas e mudanças em seu período de florescimento, além disso, já foi atribuída às mudanças climáticas a proliferação de insetos, bem como, alterações na duração do desenvolvimento, tamanho, peso, longevidade, fecundidade, razão sexual, comportamento e distribuição geográfica do inseto (HENCE et al., 2007).

A soja (*Glycine max*) é uma das principais culturas de exportação brasileira (CARMO et. al, 2009). Essa cultura é atacada por várias pragas, principalmente lagartas como *Anticarsia gemmatalis* Hübner e *Pseudoplusia includens* Walker. Por exemplo, algumas características fisiológicas dessa leguminosa permitem sua recuperação quando desfolhada, mas isso ocorre até um determinado causado pelo ataque de lagartas, mas quando a densidade populacional é intensa, a planta perde área foliar acima desse nível, prejudicando o enchimento dos grãos (MOSCARDI, 1983). Devido à relativa amplitude térmica no país, o plantio de soja é realizado em diversas regiões (PINTO et al., 2008). Entretanto, a cultura se adapta melhor a temperaturas entre 20°C e 30°C. Na temperatura de 10°C o crescimento vegetativo é pequeno e acima de 40°C ocorrem distúrbios na floração e diminuição da capacidade de retenção de vagens.

O Brasil, devido a sua grande extensão territorial e as condições adequadas para o desenvolvimento agrícola, destaca-se como grande produtor e exportador de

diversos produtos agrícolas. Entretanto, está sujeito a adversidades climáticas que podem afetar direta ou indiretamente a produção (PINTO et al., 2008).

A configuração agrícola será modificada de acordo com as mudanças climáticas de cada região, que poderão ter efeitos diversos tanto positivos quanto negativos (GHINI, 2005). Em 1996 foi desenvolvido um programa computacional denominado “Zoneamento de Riscos Climáticos”, pelo Ministério da Agricultura e do Desenvolvimento Agrário em cooperação com outras instituições, com o intuito de avaliar os impactos das mudanças no setor agrícola e definir regiões menos propensas a riscos climáticos. O zoneamento orienta sobre o nível de risco de culturas mais comuns em mais de cinco mil municípios brasileiros. Foram simulados cenários agrícolas para os anos de 2010, 2020, 2050 e 2070, para as nove culturas economicamente importantes para o país (algodão, arroz, café, cana-de-açúcar, feijão, girassol, mandioca, milho e soja), baseados nos modelos climáticos do quarto relatório do IPCC e no zoneamento agrícola de 2007. Essas projeções mostraram para a cultura do café que, em um cenário positivo, deve perder em média 33% da área de baixo risco em São Paulo e em Minas Gerais e deverá aumentar sua área de baixo risco no Sul do país. No Nordeste, a redução da área de baixo risco para o plantio, de acordo com o zoneamento, será para o arroz, milho, feijão, algodão e o girassol. A cultura mais favorável em termos de espaço e produção, devido às condições climáticas, será a cana-de-açúcar, que deverá dobrar em área nas próximas décadas (PINTO et al., 2008).

Alterações no clima devem influenciar em vários aspectos da lavoura, como a época de plantio e colheita, cultivares, sistemas de cultivo, ocorrência de pragas, principalmente para culturas anuais (PARMESAN et al., 2005). De acordo com dados da CONAB (2009), espera-se para a safra 2009/2010 que a área de plantio de culturas de verão atinja 47.977,9 mil hectares, destes 23,05 milhões de hectares será destinada a soja, 496,8 mil hectares superior à da safra 2008/09. Atualmente, o Brasil tem uma área favorável ao plantio de soja de cerca de 3,4 milhões de quilômetros quadrados e modelos de previsões com relação ao aquecimento global, baseados em dados do IPCC, mostram que o aumento na temperatura média em 1°C reduziria essa área para três milhões. Estudos promovidos por pesquisadores da Embrapa e Unicamp apontam a soja como uma das culturas que mais sofrerá com o aquecimento global. Estimativas indicam uma redução de 21% na área de produção de baixo risco climático em todo o território brasileiro até 2020 (PINTO et

al., 2008). Nas pragas as mudanças climáticas provocarão efeitos diretos no ciclo de vida e indiretos através dos efeitos do clima sobre seus hospedeiros, competidores e inimigos naturais, uma vez que a distribuição destes insetos é reflexo da interação com outras espécies, aumentando os danos causados por esses agentes (ULRICHS & HOPPER, 2008).

1.1.4 Influência da temperatura sobre insetos

A maioria dos insetos é pecilotérmica, e seguem uma curva de crescimento sigmóide, onde a sobrevivência e a fecundidade são influenciadas negativamente por temperaturas limítrofes (baixas ou altas), e entre estes limites há uma relação linear positiva entre o desenvolvimento do inseto e a temperatura (BOWLER & TERBLANCHE, 2008). O desenvolvimento, reprodução, comportamento e ocorrência destes são diretamente influenciados por fatores abióticos, dentre eles, a temperatura (SALVADORI & PARRA, 1990). O sucesso ou fracasso pode variar em decorrência da estrutura do organismo do inseto e suas circunstâncias ecológicas particulares, que depende do ajuste às mudanças ambientais, de maneira que cada tipo de resposta pode afetar o número de descendentes, a sobrevivência e a adaptação deste. Os insetos apresentam comportamento variado para evitar extremos térmicos, sendo comum a migração e a diapausa, porém, alguns tipos de comportamento também podem minimizar os efeitos de temperaturas oscilantes, como esconder-se em buracos no solo, debaixo de folhas ou realizar suas atividades ao amanhecer e/ou entardecer (GULLAN & CRANSTON, 2008). Modelos climáticos apontam maior aumento de temperatura próximo aos pólos. Espera-se, assim, que ocorra menor efeito da temperatura sobre as pragas de regiões tropicais, embora alguns insetos menos tolerantes a mudanças térmicas terão seus ciclos comprometidos (CHRISTENSEN et al., 2007).

O conhecimento das necessidades térmicas dos insetos permite a definição de estratégias para interromper o desenvolvimento das futuras gerações no campo, através de medidas de controle planejadas (GRELLMANN, 1991). Alguns trabalhos têm sido feitos para verificar o efeito da temperatura sobre a fisiologia e a interação inseto-planta, principalmente para inimigos naturais e pragas (CIVIDANES &

FIGUEIREDO, 1997). Por exemplo, Stireman et al., (2005) combinando dados de variabilidade climática e interações lagartas-parasitoides, concluíram que há um decréscimo no parasitismo quando a variabilidade climática aumenta. Assim com a possibilidade de aumento na frequência de eventos extremos no clima (chuvas torrenciais, secas) poderia favorecer o ataque de pragas devido a maiores desequilíbrios nas interações tróficas. Além deste, *A. gemmatalis* conhecida popularmente como lagarta-da-soja é a principal praga desfolhadora desta cultura e possui ampla distribuição em clima tropical e subtropical, ocorrendo desde os Estados Unidos da América do Norte até a Argentina (FORD et al., 1975), esta praga também têm sido afetada com relação ao aumento de temperatura em aspectos como a atividade de cópula que foi reduzida em temperatura extremas (15°C e 35°C) e a longevidade dos adultos que foi inversamente proporcional as temperaturas estudadas (MILANO et al., 2008). O aumento da temperatura deverá estender a amplitude geográfica de algumas pragas. Esse efeito será maior nas altas latitudes, onde as temperaturas mais baixas são limitadoras do desenvolvimento de algumas espécies de pragas (MUSOLIN & NUMATA, 2003; ANDREW & HUGHES, 2005).

O Manejo Integrado de Pragas - MIP é uma estratégia de controle múltiplo de pragas, que se fundamenta no controle ecológico e nos fatores de mortalidade naturais, procurando desenvolver táticas de controle, com o objetivo de diminuir as chances dos insetos ou doenças de se adaptarem a alguma prática defensiva (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000). Nesse contexto, o controle biológico da lagarta-da-soja *A. gemmatalis* através de microrganismos entomopatogênicos é um aliado para evitar danos econômicos e minimizar impactos ambientais, contribuindo para a agricultura sustentável (PANIZZI & CORRÊA-FERREIRA, 1997; POLANCZYK & ALVES, 2003). Um dos entomopatógenos amplamente utilizados no Brasil é o *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt), bactéria gram-positiva em forma de bastonete encontrada na microflora do intestino dos insetos que recebe atenção especial por sua entomopatogenia. Foi descrito pela primeira vez por Berliner, em 1971, isolado de *Anagasta kuehniella* Zeller (POLANCZYK & ALVES, 2003). Apesar de sua grande utilização na agricultura, o Bt pode sofrer influência de fatores ambientais, reduzindo sua eficiência na interação com o inseto alvo (GLARE & CALLAGHAM, 2000). Borgonie et al. (1996) afirmaram que Bt é termo-sensitivo, e quando incubado juntamente com *Caenorhabditis elegans* Maupas, um tipo de nematóide, em

temperaturas de 16°C, 20°C e 25°C apresentou toxicidade atenuada em função do decréscimo de temperatura, sendo a toxicidade nula a temperatura de 16°C, enquanto que 25°C foi a temperatura de maior ação.

As relações patogênicas entre insetos e microrganismos podem ser prejudicadas devido à baixa umidade, alta incidência de luz solar e altas temperaturas, que podem reduzir a virulência dos patógenos (AMARASEKARE & EDELSON, 2004). As culturas transgênicas resistentes a insetos também sofrerão implicações climáticas, principalmente as que expressam proteínas Bt (TRUMBLE & BUTLER, 2009). Em plantas de algodão Bt produzidas em atmosferas com CO₂ elevados há redução em até 25% da expressão dessas proteínas, o que resulta em uma maior infestação de pragas (COVIELLA et al., 2000). Tanto pesquisas realizadas pelo IPCC quanto prognósticos realizados por várias pesquisas em instituições brasileiras apontam para uma mudança inequívoca na temperatura do planeta, indicando que essas mudanças afetarão plantas, insetos e seus patógenos com os efeitos devendo ser mitigados minuciosamente. Sendo assim pesquisas se fazem necessárias para que danos iminentes possam ser prevenidos ou atenuados.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de altas temperaturas sobre *Anticarsia gemmatalis* ao longo de três gerações, e no potencial de infecção de *B. thuringiensis* em *A. gemmatalis*.

2.2.2 Objetivos Específicos

- Verificar alterações causadas pelos tratamentos na duração de ínstar, sobrevivência, longevidade de adultos, viabilidade de ovos e razão sexual por três gerações nas temperaturas de 25°C, 28°C, 31°C, 34°C e 37°C.
- Verificar a interferência da temperatura sobre a capacidade de infecção do entomopatógeno *Bacillus thuringiensis* nas temperaturas de 19°C, 22°C, 25°C, 28°C e 31°C

3. REFERÊNCIAS

AMARASEKARE, K. G.; EDELSON, J. V. Effect of Temperature on Efficacy of Insecticides to Differential Grasshopper (Orthoptera: Acrididae). **Journal of Economic Entomology**, v. 97, n. 5, p. 1595-1602, 2004.

ANDREW, N. R.; HUGHES, L. Diversity and assemblage structure of phytophagous Hemiptera along a latitudinal gradient: predicting the potential impacts of climate change. **Global Ecology & Biogeography**, v. 14, n. 3, p. 249-262, 2005.

BALE, J. S.; MASTERS, G. J.; HODKINSON, I. D.; AWMACK, C.; BEZEMER, T. M.; BROWN, V. K.; BUTTERFIELD, J.; BUSE, A.; COULSON, J. C.; FARRAR, J.; GOOD, J. E. G.; HARRINGTON, R.; HARTLEY, S.; JONES, T. H.; LINDROTH, R. L.; PRESS, M. C.; SYMRNIODIS, I.; WATT, A.; WHITTAKER, J. B. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. **Global Change Biology**, v. 8, n. 1, p. 1-16, 2002.

BIETO, J.A.; TALON, M. **Fisiologia y bioquímica vegetal**. Madrid: Interamericana; McGraw-Hill, 1996. p. 537-553.

BORGONIE, G.; CLAEYS, M.; LEYNS, F. ARNAUT, G.; WAELE, D.; COOMANS, A. Effect of nematicidal *Bacillus thuringiensis* strain on free-living nematodes.3. Characterization of the intoxication process. **Fundamental and applied Nematology**, v. 19, n. 6, p. 523-528, 1996.

BOWLER, K.; TERBLANCHE, J. S. Insect thermal tolerance: what is the role of ontogeny, ageing and senescence? **Biological Reviews**, v. 83, n. 3, p. 339-355, 2008.

BRESHEARS, D. D.; COBB, N. S.; RICH, P. M.; PRICE, K. P.; ALLEN, C. D.; BALICE, R. G.; ROMME, W. H.; KASTENS, J. H.; FLOYD, M. L.; BELNAP, J.; ANDERSON, J. J.; MYERS, O. B.; MEYER, C. W. Regional vegetation die-off in response to global-change-type drought. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 102, n. 42, p.15144-15148, 2005.

CARMO, E. L. do.; BUENO, A. F.; BUENO, R. C. O. F.; VIEIRA, S. S.; GOBBIL, A. L.; VASCO, F. R. Seletividade de diferentes agrotóxicos usados na cultura da soja ao parasitóide de ovos *Telenomus remus*. **Ciência Rural**. v. 39, n. 8, 2009.

CHRISTENSEN, J. H.; HEWITSON, B.; BUSUIOC, A.; CHEN, A.; GAO, X.; HELD, I.; JONES, R.; KOLLI, R. K.; KWON, W. T.; LAPRISE, R.; MAGAÑA RUEDA, V.; MEARNS, L.; MENÉNDEZ, C. G.; RÄISÄNEN, J.; RINKE, A.; SARR, A.; P, W. Regional Climate Projections. In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L. (Ed.). **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 847-940, 2007.

CIVIDANES, F.J.; FIGUEIREDO, J.G. Previsão da ocorrência de picos populacionais de percevejos pragas da soja em condições de campo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. Londrina, dez. 1997. v. 26, n. 3, p. 517-527.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2009/2010. Brasília, 2009.

COSTA, P. M.F. **Efeitos da alta concentração de co2 sobre o crescimento e o estabelecimento de plântulas do jatobá de mata *Hymenaea courbaril* l. var. *Stilbocarpa* (heyne) lee & langenheim (leguminosae, caesalpinioideae, detarieae)**. Campinas – SP: UNICAMP. 2004. 88p. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 2004.

COVIELLA, C.; MORGAN, D. J. W.; TRUMBLE, J. T. Interaction of elevated CO₂ and nitrogen fertilization: Effects on the production of *Bacillus thuringiensis* toxins in transgenic plants. **Environmental Entomology**, v. 29, p. 781-787, 2000.

EEROLA, T. T. Mudanças climáticas globais: Passado, presente e futuro. In: **FÓRUM DE ECOLOGIA**, Florianópolis, 2003, 10p. Disponível em: <http://www.helsinki.fi/hum/ibero/xaman/articulos/200401/mudancas_climaticasglobais.pdf>. Acesso em: 22 set. 2009.

ESTAY, S. A.; LIMA, M.; LABRA, F. A. Predicting insect pest status under climate change scenarios: combining experimental data and population dynamics modelling. **Journal of Applied Entomology**, 133, p. 491-499, Blackwell Verlag, 2009.

FORD, B. J.; STRAYER, J. R.; REID, J., BLOUNT, V. N.; RIDDLE, T. C. **The literature of arthropods associated with soybean, a bibliography of the velvetbean caterpillar *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae)**. Urbana: Illinois National History Survey, 1975. 15p. (Biological Notes, 92).

GHINI, R. **Mudanças climáticas globais e doenças de plantas**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2005. 104p.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre as doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 16, p. 1-37, 2008.

GLARE, T.R.; O'CALLAGHAM, M. ***Bacillus thuringiensis*: biology, ecology and safety**. Chichester: John Wiley & Sons, 2000. 350p.

GRELLMANN, E. **Exigências térmicas e estimativa do número de gerações de *Grapholita molesta* (Busk,1916) (Lepidoptera: Olethreutidae) em Pelotas, RS**. Tese de mestrado, FAEM/UFPEL, Pelotas, 1991, 42p.

GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. **Os Insetos: Um Resumo de Entomologia**. Editora Rocca : São Paulo, 2008.

HAMADA, E.; GHINI, R.; GONÇALVES, R.R.V. Efeito da mudança climática sobre problemas fitossanitários de plantas: metodologia de elaboração de mapas. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 3, p. 73-85, 2006.

HARRINGTON, R. Insect pest and environmental change. In: MUNN, T. (Ed.). **Encyclopedia of Global Environmental Change**. Chichester: John Wiley & Sons, p. 381-386, 2002.

HENCE, T.; BAAREN, J.; VERNON, P.; BOIVIN, G. Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. **Annual Review of Entomology**, v.52, p.107-126, 2007.

HOFFMANN, A. A.; WEEKS, A. R.; NASH, M. A.; MANGANO, G. P.; UMINA, P. A. The changing status of invertebrate pests and the future of pest management in the Australian grains industry. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, n. 12, p.1481-1493, 2008.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L. J.; SOSA-GOMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B.de. **Pragas da Soja no Brasil e seu Manejo Integrado**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. (Embrapa Soja, Circular Técnico, 30).

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC (2001) Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability. Working Group II. TAR: Summary for Policymakers.

IPCC. Climate change 2007: the physical science basis: summary for policymakers. Geneva: IPCC, 2007. 18p. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2009.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SALATI, E.; AMBRIZZI, T. **Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI**: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Relatório 5, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Diretoria de Conservação da Biodiversidade (DCBio). Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade - Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, fevereiro 2007.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do Clima no século XX e Cenário de Mudanças de Clima para o Brasil no século XXI usando modelos do

IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, Campinas, Edição nº 8, Mudanças Climáticas, maio, 2007.

MARENGO, J.; CAMARGO, C.G.C., Trends in Extreme air temperatures in Southern Brazil, Accepted, Int. **Journal of Climatology**, 2007.

MILANO, P.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; CÔNSOLI, F. L. Influência da temperatura na frequência de cópula de *Anticarsia gemmatalis* Hübner e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v. 37, p. 528-535, 2008.

MOSCARDI, F. **Utilização de *Baculovirus anticarsia* no controle da lagarta da soja, *Anticarsia gemmatalis***. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1983, 21p. (EMBRAPA CNPSO, Comunicado Técnico, 23)

MUSOLIN, D. L.; NUMATA, H. Timing of diapause induction and its life-history consequences in *Nezara viridula*: is it costly to expand the distribution range? **Ecological Entomology**, v. 28, n.6, p. 694-703, 2003.

NÓBREGA, R.N. **Modelagem de Impactos do Desmatamento nos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Jamari (Ro) utilizando dados de Superfície e do TRMM**. Campina Grande, PB: UFCG. 2008. 238 pág. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande, 2008.

PANIZZI, A. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. Dynamics in the insect fauna adaptation to soybean in the tropics. **Trends in Entomology**, v. 1, p. 71- 88, 1997.

PARMESAN, C.; GAINES, S.; GONZALEZ, L.; KAUFMAN, D. M.; KINGSOLVER, J.; TOWNSEND PETERSON, A. T.; SAGARIN, R. Empirical perspectives on species borders: from traditional biogeography to global change. **Oikos**, v. 108, p. 58-75, 2005.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; ZULLO JUNIOR, J.; EVANGELISTA, S. R. de M.; OTAVIAN, A. F.; ÁVILA, A. M. H. de; EVANGELISTA, B. A.; MARIN, F.; MACEDO

JUNIOR, C.; PELLEGRINO G.; COLTRI, P. P.; CORAL, G. A nova geografia da produção agrícola no Brasil. In: DECONTO, J. G. (Coord.). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária: Unicamp, 2008. 82p. Disponível em: www.agritempo.gov.br/climaeagricultura. Acessado em 07 de novembro de 2009.

POLANCZYK, R.; ALVES, S. *Bacillus thurigiensis*: Uma breve revisão. **Agrociência**, Chapingo, v. 2, n. 2, p. 1-10, 2003.

PORTER, J. H.; PARRY, M. L.; CARTER, T. R. The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 57, n. 1-3, p.221-240, 1991.

SALVADORI, J.R.; PARRA, J.R.P. Efeito da temperatura na biologia e exigências térmicas de *Pseudaletia sequax* (Lepidoptera: Noctuidae), em dieta artificial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 12, p.1693-1700, 1990.

STIREMAN, J. O.; DYER, L. A.; JANZEN, D. H.; SINGER, M. S.; LILL, J. T.; MARQUIS, R. J.; RICKLEFS, R. E.; GENTRY, G. L.; HALLWACHS, W.; COLEY, P. D.; BARONE, J. A.; GREENEY, H. F.; CONNAHS, H.; BARBOSA, P.; MORAIS, H. C.; DINIZ, I. R. Climatic unpredictability and parasitism of caterpillars: Implications of global warming. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 102, n. 48, p.17384-17387, 2005.

TRUMBLE, J. T.; BUTLER, C. D. Climate change will exacerbate California's insect pest problems. **California Agriculture**, v. 63, n. 2, p. 73-78, 2009.

ULRICHS, C.; HOPPER, K. R. Predicting insect distributions from climate and habitat data. **Biocontrol**, v. 53, n. 6, p. 881-894, 2008.

WOIWOD, I. P. Detecting the effects of climate change on Lepidoptera. **Journal of Insect Conservation** 1, p. 149-158, 1997.

CAPÍTULO II - Efeito de Diferentes Temperaturas Sobre Aspectos Biológicos de *Anticarsia gemmatalis* Hübner

RESUMO - O objetivo do trabalho foi estudar o efeito de diferentes temperaturas sobre aspectos biológicos de *Anticarsia gemmatalis* Hübner por três gerações consecutivas e verificar a influência de altas temperaturas no desenvolvimento deste inseto. Para isso observou-se o desenvolvimento de larvas de *A. gemmatalis* em cinco temperaturas (25°C, 28°C, 31°C, 34°C e 37°C), em câmaras climatizadas, com fotofase de 14h. As lagartas foram criadas em dieta artificial. A duração do ciclo total de desenvolvimento (1^oinstar- pupa) decresceu com o aumento da temperatura na faixa de 25°C a 34°C. A longevidade decresceu tanto para machos como para fêmeas em relação ao aumento da temperatura entre 25°C e 28°C. Em todas as gerações, a viabilidade de ovos foi maior na temperatura de 25°C com 92,82%. Na primeira geração a 28°C a viabilidade foi de 57,49% aumentando ao longo das gerações atingindo 83,90%, mostrando uma tendência de adaptação do inseto ao aumento de temperatura. A razão sexual não foi influenciada pelas temperaturas, permanecendo semelhante (1:1) em todos os tratamentos nas três gerações. O peso de pupa não apresentou influência do tempo de alimentação, somente das temperaturas estudadas, sendo inversamente proporcional ao aumento de temperatura. Concluiu-se, portanto, que a faixa ótima de desenvolvimento do inseto situa-se entre as temperaturas de 25°C e 28°C e que, com a elevação da temperatura o inseto acelera processos metabólicos inviabilizando a realização de mudanças necessárias para completar todas as fases do desenvolvimento. O aquecimento global drástico e rápido pode causar impactos negativos nas populações de *A. gemmatalis* e, assim, diminuir a sua ocorrência e o problema na cultura da soja. Entretanto elevações menos bruscas na temperatura, como verificado a 28°C, pode acelerar o processo de desenvolvimento do inseto, encurtando a duração dos instares, resultando em uma maior infestação da praga.

Palavras-chave: *Anticarsia gemmatalis*, geração, desenvolvimento.

1. INTRODUÇÃO

A temperatura pode limitar a distribuição geográfica dos insetos, atuando diretamente na sua ocorrência, desenvolvimento e fecundidade, que podem influenciar positiva ou negativamente, dependendo da faixa de variação térmica a que são submetidos ou indiretamente, afetando a disponibilidade de recursos alimentares e os inimigos naturais (GASTON, 2003; BOWLER & TERBLANCHE, 2008). Por exemplo, o aumento de 1°C na temperatura atual sobre o ciclo de *Spodoptera frugiperda* Smith, praga polífaga que ataca milho e arroz, pode levar ao aumento de até cinco gerações anuais da praga acima do seu ciclo natural, dependendo da temperatura em cada região (AFONSO et al., 2009).

A lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818, é um lepidóptero de ampla distribuição em clima tropical e subtropical ocorrendo desde os Estados Unidos da América do Norte até a Argentina (FORD et al., 1975, HOMRICH et al., 2008). Apesar de ser considerada uma praga primária de leguminosas, com hospedeiras importantes como alfafa e amendoim (HERZOG & TODD, 1980), foram registrados surtos em algodoeiro (DOUGLAS, 1930) e arroz (TARRAGÓ et al., 1977). A época de ocorrência da praga está correlacionada à latitude onde se encontra a lavoura, sendo observado que em latitudes baixas os ataques são mais precoces, enquanto no sul do país os ataques são mais tardios (GAZZONI et al., 1988). Segundo Greene et al. (1973), *A. gemmatalis* efetua seu processo reprodutivo durante a noite, com maior atividade entre 21 e 23 h, sendo que as posturas tornam-se maiores com a diminuição da temperatura e aumento da umidade relativa. Os ovos são esféricos, verdes, escurecendo gradualmente até a coloração marrom avermelhada que antecede a eclosão da lagarta com período de incubação de três a cinco dias (PRAÇA et al., 2006). Milano et al. (2008) estudando a atividade de cópula de *A. gemmatalis* constatou que a frequência de cópula foi afetada nas temperaturas estudadas (15°C e 35°C), que levaram a uma redução drástica na atividade de cópula.

A fase larval de *A. gemmatalis* compreende 5 a 6 ínstaes que podem ser influenciados por variações na temperatura, onde temperaturas amenas podem aumentar o número de ínstaes (FUGI, 2003). Segundo Gallo et al. (2002), as lagartas apresentam coloração verde a verde escuro, pardo avermelhadas e até

mesmo pretas em condições de alta população, com cinco listras longitudinais de cor branca. Ao atingirem o último ínstar as lagartas cessam a alimentação, ficam encolhidas e apresentam coloração rosada e se deslocam ao solo para formação do casulo e transformação em pupa (PRAÇA et al., 2006). O período pupal inicialmente apresenta coloração verde clara, logo após torna-se marrom e brilhante ficando quase preta próxima a emergência do adulto, período este que pode variar em função da temperatura (FUGI, 2003). Em geral, os adultos apresentam coloração acinzentada, com uma listra transversal escura unindo as pontas das asas. Greene (1974) relatou que os machos apresentam escamas alongadas, localizadas no fêmur das pernas protorácicas e na tíbia das pernas metatorácicas, em contraste com as fêmeas, cujas escamas são curtas e escassas. Toda a biologia deste inseto (larva, pupa, adulto, reprodução e oviposição) sofre grande influência da temperatura e do tipo de alimentação em seu desenvolvimento (MAGRINI et al., 1996; FUGI, 2003; MILANO et al., 2008).

Dessa forma o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das diferentes temperaturas sobre aspectos biológicos (larva, pupa, adulto, longevidade, viabilidade de ovos e razão sexual) de *A. gemmatilis* por três gerações consecutivas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condução do experimento.

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Entomologia da Embrapa Soja, em Londrina, PR, utilizando-se lagartas provenientes da criação de lagartas da mesma instituição. Estudou-se o desenvolvimento das diferentes fases do ciclo de *A. gemmatalis* em cinco temperaturas (25°C, 28°C, 31°C, 34°C e 37°C ± 1°C), em câmaras climatizadas, com fotofase de 14h e umidade relativa de 80% ± 10%, por três gerações sucessivas. Durante o período dos ensaios, a temperatura e a umidade dentro de cada câmara foram registradas com termo-higrômetro onde se verificava visualmente na hora em que era aberta a B.O.D. e *datalogger* que armazenava os dados registrando a cada um minuto a temperatura e a umidade até o limite de 16.000 leituras, sendo essas informações observadas semanalmente. Para cada temperatura foram utilizadas quatro repetições contendo 50 lagartas individualizadas, mantidas em copos plásticos com volume de 50 ml, contendo dieta artificial do inseto (GREENE et al., 1976; HOFFMANN-CAMPO et al., 1985) e vedados com tampas de papelão. Foram realizadas observações diárias para verificar a duração de cada ínstar e a mortalidade. A dieta foi substituída sempre que houvesse uma perda excessiva de umidade e isto variou em tempo, de acordo com cada temperatura utilizada.

Após atingirem estágio de pupa, estas foram sexadas e, logo após a emergência, os adultos foram colocados em gaiolas de acrílico (Figura 1A) nas dimensões 34 cm x 34 cm x 47 cm (MAGRINI et al., 1996) para abertura das asas e realização do vôo nupcial, essas gaiolas eram forradas com papel toalha, contendo recipiente com alimento (solução de água e mel 10%). Para manter a luminosidade mínima necessária para o acasalamento do inseto, durante o período de escotofase, lâmpadas de 15 watts foram mantidas acesas (HOFFMANN-CAMPO et al., 1985; MAGRINI, 1993). Após 72h, 18 casais foram retirados aleatoriamente das gaiolas de acrílico e individualizados em gaiolas confeccionadas com de tubos de PVC (Figura 1B), com 20 cm de altura por 10 cm de diâmetro (MILANO, 2008). Estas foram vedadas na extremidade superior por filme plástico e na inferior com placa de petri, forrada com papel filtro, contendo algodão embebido com alimento (solução de água

e mel 10%). Para a oviposição e coleta dos ovos, a gaiola foi revestida internamente com papel tipo sulfite.

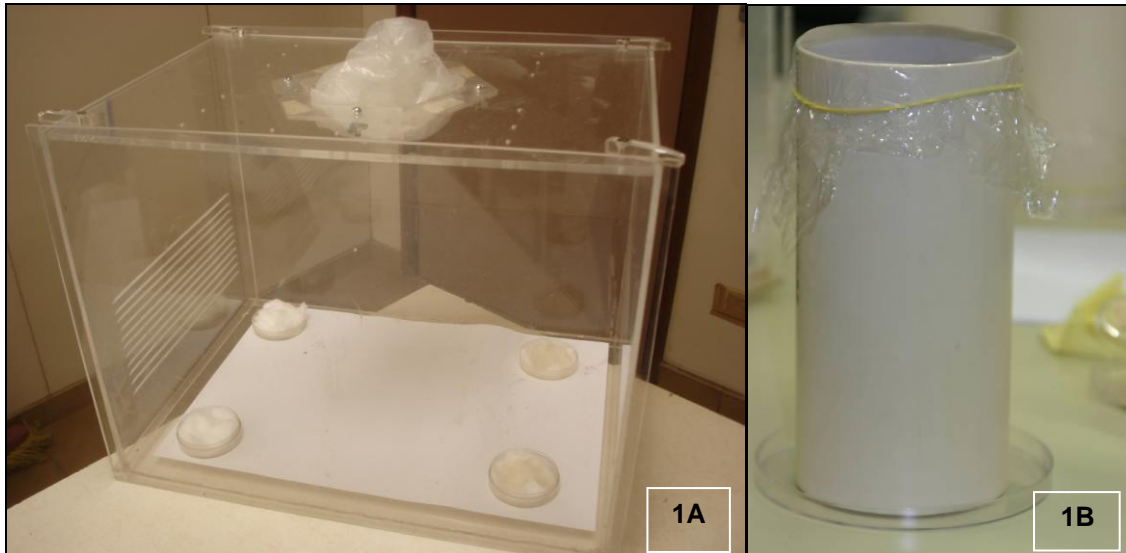


Figura 1. Gaiolas de acrílico (A) para vôo nupcial dos adultos e de PVC (B) para oviposição.

Os casais individualizados foram mantidos na mesma temperatura durante as três gerações, para a análise da viabilidade dos ovos, longevidade dos adultos e continuidade das gerações. As gaiolas com os casais de adultos foram observados diariamente, substituindo-se o alimento e anotando-se a mortalidade em cada repetição. Para a viabilidade de ovos, foram retirados 100 ovos de cada casal por três dias consecutivos, após o primeiro dia de postura das fêmeas, que foram colocados em copos vedados com tampa plástica contendo dieta artificial, onde permaneceram até a eclosão. Posteriormente, as lagartas foram contadas e utilizadas para a composição das próximas gerações.

Para se obter o peso seco de pupas, 100 indivíduos foram mantidos dentro das câmaras até a fase de pupa, e após 48 h da transformação foram secas em estufa a 60°C por 72 h sendo posteriormente pesadas (PIUBELLI, 2004). A razão sexual foi calculada dividindo-se o número de fêmeas pelo número de machos + fêmeas, enquanto a taxa de sobrevivência para cada ínstar foi obtida dividindo-se o número de indivíduos vivos pelo número de indivíduos total do ínstar anterior.

2.3 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial 5x3 (cinco temperaturas e três gerações). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação entre médias foi realizada pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados referentes à duração das fases larval, pré-pupal, pupal e peso de pupas foram analisados através do pacote estatístico software SANEST 2.0 (ZONTA et al., 1986).

A análise de covariância (ANCOVA) proposta por Raubenheimer & Simpson (1992) foi utilizada para estimar o crescimento do inseto submetido às diferentes temperaturas, que foi obtido pelo ajuste do peso de pupa, pelo tempo de desenvolvimento. Para a realização dessa análise, utilizou-se o peso seco. Após a realização da ANCOVA, quando a interação entre a covariável e o tratamento foi significativa, considerou-se o efeito dos tratamentos ajustados pela covariável. Entretanto, quando a interação covariável x tratamento não foi significativa, utilizou-se o modelo de linhas paralelas, considerando somente o efeito dos tratamentos.

3. RESULTADOS

3.1 Sobrevivência, duração média das fases de desenvolvimento de *A. gemmatalis*, taxa de razão sexual, longevidade e viabilidade de ovos

Houve efeito altamente significativo dos fatores ($P < 0,001$) quanto à geração e a temperatura (Anexo 1), tanto na forma isolada como em suas combinações entre geração e temperatura para duração de ínstars e taxa de sobrevivência.

Na Tabela 1 é apresentada a taxa de sobrevivência de *A. gemmatalis* do segundo instar até pupa, nas cinco temperaturas testadas e nas três gerações. Na geração F_0 , a sobrevivência do segundo ao quarto instar, manteve-se acima de 90% e não apresentou diferença significativa entre todas as temperaturas (Tabela 1). No quinto instar e pré-pupa até 34°C, esta taxa se manteve no mesmo patamar, diminuindo para 88,12% e 24,62%, respectivamente, na temperatura mais alta (37°C). Na fase de pupa (Tabela 1), observou-se, tendência gradual de diminuição na taxa de sobrevivência que oscilou de 94,87% a 76,68%, respectivamente, de 25°C a 34°C. Nenhuma pupa submetida à temperatura de 37°C completou o seu desenvolvimento. Na geração F_1 , apenas no segundo e terceiro instar, a taxa de sobrevivência foi significativamente maior a 25°C, em relação a 28°C. Na geração F_2 , a sobrevivência dos insetos foi de mais de 95% e não variou nas duas menores temperaturas (25°C e 28°C).

Quando se compara as gerações dentro de cada temperatura, observa-se que houve diferença na taxa de sobrevivência das lagartas que se desenvolveram a 25°C apenas no quinto instar e na fase de pupa. Nesses estágio de desenvolvimento, a maior sobrevivência foi observada na F_2 . A 28°C, até o quarto instar, a sobrevivência das lagartas foi menor na geração F_1 quando comparada com as demais gerações. A partir do quinto instar, não se detectou diferenças na sobrevivência das lagartas, nas diferentes gerações. A partir de 31°C, não houve sobreviventes nas gerações F_1 e F_2 .

Tabela 1. Sobrevivência (%) (média ± EP) de *A. gemmatalis* nos diferentes instares criadas em dieta artificial e submetidas a diferentes temperaturas, por três gerações

	25°C	28°C	31°C	34°C	37°C
(1° instar)					
F ₀	100,00 ± 0,00 aA	100,00 ± 0,00 aA	100,00 ± 0,00 A	100,00 ± 0,00 A	100,00 ± 0,00 A
F ₁	100,00 ± 0,00 aA	100,00 ± 0,00 aA	-**	-	-
F ₂	100,00 ± 0,00 aA	100,00 ± 0,00 aA	-	-	-
C.V %	0,00				
(2° instar)					
F ₀	100,00 ± 0,00 aA	97,50 ± 0,50 abA	100,00 ± 0,00 A	98,00 ± 0,00 A	99,5 ± 0,50 A
F ₁	99,00 ± 1,00 aA	94,98 ± 2,64 bB	-**	-	-
F ₂	100,00 ± 0,00 aA	100,00 ± 0,00 aA	-	-	-
C.V %	2,53				
(3° instar)					
F ₀	100,00 ± 0,00 aA	97,94 ± 0,85 aA	98,00 ± 1,15 A	97,96 ± 1,44 A	95,50 ± 2,63 A
F ₁	98,50 ± 0,95 aA	90,54 ± 3,03 bB	-	-	-
F ₂	99,50 ± 0,50 aA	100,00 ± 0,00 aA	-	-	-
C.V %	4,09				
(4° instar)					
F ₀	100,00 ± 0,00 aA	98,40 ± 1,03 abA	100,00 ± 0,00 A	97,41 ± 1,27 A	97,83 ± 0,90 A
F ₁	99,48 ± 0,52 aA	95,66 ± 3,59 bA	-	-	-
F ₂	99,50 ± 0,50 aA	99,50 ± 0,05 aA	-	-	-
C.V %	3,62				
(5° instar)					
F ₀	96,00 ± 2,45 bA	97,87 ± 0,04 aA	97,48 ± 0,15 A	98,90 ± 0,63 A	88,12 ± 1,95 B
F ₁	98,98 ± 1,02 abA	100,00 ± 0,00 aA	-	-	-
F ₂	99,50 ± 0,50 aA	98,99 ± 0,58 aA	-	-	-
C.V %	3,16				
(Pré-pupa)					
F ₀	99,46 ± 0,53 aA	99,46 ± 0,53 aA	94,27 ± 2,60 A	90,80 ± 1,05 A	24,62 ± 12,49 B
F ₁	100,00 ± 0,00 aA	96,31 ± 0,67 aA	-	-	-
F ₂	100,00 ± 0,00 aA	98,99 ± 0,58 aA	-	-	-
C.V %	12,38				
(Pupa)					
F ₀	94,87 ± 2,66 bA	92,44 ± 2,77 aA	81,68 ± 0,85 B	76,68 ± 1,88 B	0,00 C
F ₁	92,21 ± 1,52 bA	95,46 ± 2,10 aA	-	-	-
F ₂	100,00 ± 0,00 aA	95,33 ± 2,31 aA	-	-	-
C.V %	5,93				

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Não houve sobreviventes

A duração das diferentes fases de desenvolvimento de *A. gemmatilis* também variou de acordo com as temperaturas utilizadas e as gerações. O tempo de duração do primeiro instar (Tabela 2) foi significativamente maior na geração F_0 com a temperatura de 25°C, seguida de 37°C. Contudo, nas gerações F_1 e F_2 não houve diferença significativa entre 25°C e 28°C. Nas demais temperaturas, nestas gerações não houve sobreviventes. Na comparação entre as gerações, o tempo de desenvolvimento necessário para completar o primeiro instar foi menor na temperatura de 28°C, na geração F_0 .

. No segundo instar, dentro das gerações F_0 e F_1 , não houve diferença estatística nas temperaturas de 25°C e 28°C. Em F_0 , ocorreu redução na duração desse instar a partir de 31°C (Tabela 2). Já, na geração F_2 , na temperatura de 28°C houve uma redução da duração do instar (1,47) em relação à temperatura de 25°C (1,99). Na geração F_2 , na temperatura de 25°C observou-se um maior tempo de desenvolvimento em relação às demais temperaturas.

Na geração F_0 do terceiro instar (Tabela 2), a temperatura de 25°C resultou em maior tempo de duração, seguida da temperatura de 37°C. Enquanto a menor duração do instar ocorreu nas temperaturas de 28°C, 31°C e 34°C com 1,10; 1,14 e 1,17 dias respectivamente. Entre as gerações, houve diferença significativa entre as temperaturas de 25°C e 28°C, sendo observada a menor duração dentro da geração F_1 , e F_2 , respectivamente.

Para o quarto instar (Tabela 2) na geração F_0 , quando se compara às temperaturas, a duração do instar foi semelhante não diferindo estatisticamente. Na geração F_1 , não houve diferença entre 25°C e 28°C. Embora, quando comparado dentro da mesma temperatura nas três gerações, houve maior duração do quarto instar, em F_1 , na temperatura de 28°C com 2,27 dias.

No quinto instar, na geração F_0 , a maior duração em dias, ocorreu nas temperaturas de 25°C, seguida de 37°C e de 31°C com 2,71; 2,25 e 2,15 dias respectivamente. Na temperatura de 25°C, na geração F_2 , observou o maior tempo de desenvolvimento, enquanto a 28°C houve diferença estatística em todas as gerações sendo a menor duração observada F_0 (Tabela 2).

Tabela 2. Duração em dias (média \pm EP) dos instares de *A. gemmatilis* criadas em dieta artificial submetidas a diferentes temperaturas, por três gerações

	25°C	28°C	31°C	34°C	37°C
(1° instar)					
F ₀	3,00 \pm 0,00 aA	2,01 \pm 0,01 bC	2,00 \pm 0,00 C	2,05 \pm 0,06 C	2,16 \pm 0,00 B
F ₁	3,00 \pm 0,00 aA	3,04 \pm 0,04 aA	-**	-	-
F ₂	3,00 \pm 0,00 aA	2,97 \pm 0,02 aA	-	-	-
C.V %	2,78				
(2° instar)					
F ₀	2,00 \pm 0,00 aA	2,01 \pm 0,00 aA	1,14 \pm 0,03 B	1,22 \pm 0,14 B	1,59 \pm 0,00 B
F ₁	2,01 \pm 0,01 aA	2,06 \pm 0,01 aA	-	-	-
F ₂	1,99 \pm 0,01 aA	1,47 \pm 0,13 bB	-	-	-
C.V %	1,03				
(3° instar)					
F ₀	2,00 \pm 0,00 aA	1,10 \pm 0,00 aC	1,14 \pm 0,02 C	1,17 \pm 0,10 BC	1,40 \pm 0,01 B
F ₁	1,61 \pm 0,16 bA	1,24 \pm 0,06 aB	-	-	-
F ₂	1,85 \pm 0,07 aA	1,04 \pm 0,02 bB	-	-	-
C.V%	13,73				
(4° instar)					
F ₀	2,00 \pm 0,00 aA	1,96 \pm 0,05 bA	1,93 \pm 0,02 A	1,97 \pm 0,10 A	1,84 \pm 0,00 A
F ₁	2,00 \pm 0,03 aA	2,27 \pm 0,12 aA	-	-	-
F ₂	2,21 \pm 0,02 aA	1,46 \pm 0,19 cB	-	-	-
C.V%	11,43				
(5° instar)					
F ₀	2,71 \pm 0,13 bA	1,96 \pm 0,04 bC	2,15 \pm 0,04 BC	2,00 \pm 0,12 C	2,25 \pm 0,00 B
F ₁	2,96 \pm 0,02 aA	2,16 \pm 0,09 abB	-	-	-
F ₂	3,00 \pm 0,00 aA	2,17 \pm 0,07 aB	-	-	-
C.V%	8,46				
(Pré Pupa)					
F ₀	2,00 \pm 0,00 aA	1,97 \pm 0,05 aA	1,34 \pm 0,06 B	1,39 \pm 0,12 B	1,27 \pm 0,42 B
F ₁	2,00 \pm 0,00 aA	1,88 \pm 0,11 aA	-	-	-
F ₂	2,00 \pm 0,00 aA	1,95 \pm 0,05 aA	-	-	-
C.V%	22,92				
(Pupa)					
F ₀	11,34 \pm 0,02 aA	7,79 \pm 0,05 aB	7,00 \pm 0,05 C	6,98 \pm 0,12 C	0,00 D
F ₁	10,34 \pm 0,24 bA	8,01 \pm 0,13 aB	-	-	-
F ₂	10,60 \pm 0,15 bA	7,88 \pm 0,29 aB	-	-	-
C.V%	5,08				

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Não houve sobreviventes

A fase de pré-pupa (Tabela 2), em F₀, não houve diferença na duração do instar das lagartas criadas a 25°C e 28°C, que foi maior do que nas demais temperaturas. Comparando-se gerações, observou-se que nas duas temperaturas onde houve sobrevivência a partir de 31°C, ou seja, 25°C e 28°C, não ocorreram diferenças significativas entre as gerações.

A duração média, em dias, dentro da geração F₀, para o estágio de pupa (Tabela 2) foi inversamente proporcional ao aumento da temperatura, sendo a maior duração observada a 25°C (11,34) e menor duração a 34°C (6,98). Nenhuma pupa emergiu quando as lagartas foram mantidas em 37°C de temperatura. Dentro da temperatura de 25°C, a duração da fase de pupa foi reduzida na geração F₁ e F₂ em relação a F₀, enquanto a 28°C a duração manteve-se constante em todas as gerações.

A Tabela 3 apresenta o ciclo total de desenvolvimento de *A. gemmatalis* nas gerações F₀, F₁ e F₂, sob o efeito de diferentes temperaturas. De acordo com teste de médias (P<0,05), houve diferença significativa entre as temperaturas dentro de cada geração, exceto para a geração F₀, onde não houve diferença significativa entre as temperaturas de 31°C e 34°C. O maior tempo de desenvolvimento foi relatado para a temperatura de 25°C e o menor a 31°C e 34°C, em F₀. Na comparação de cada temperatura, a 25°C não houve diferença entre as gerações F₀ e F₂ que foram maiores quando comparadas à geração F₁. Enquanto 28°C observou-se o contrário, o tempo de desenvolvimento foi maior na geração F₁.

Tabela 3. Tempo de desenvolvimento em dias (média ± EP) de *A. gemmatalis* (1^o instar - pupa), criadas em dieta artificial e submetidas a diferentes temperaturas, por três gerações

	25°C	28°C	31°C	34°C	37°C
F ₀	25,05± 0,14 aA	18,80± 0,08 bB	16,71 ± 0,03 C	16,80 ± 0,47 C	-
F ₁	23,91 ± 0,05 bA	20,68 ± 0,06 aB	-**	-	-
F ₂	24,66 ± 0,20 aA	18,94 ± 0,23 bB	-	-	-
C.V %	3,19				

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Não houve sobreviventes

A Fig. 2A mostra os adultos oriundos de lagartas mantidas em 25°C de temperatura, onde se observa o desenvolvimento normal, a abertura completa das asas. Na Fig. 2B, observa-se a má formação das asas dos adultos que emergiram de lagartas criadas em ambiente com temperatura de 34°C.

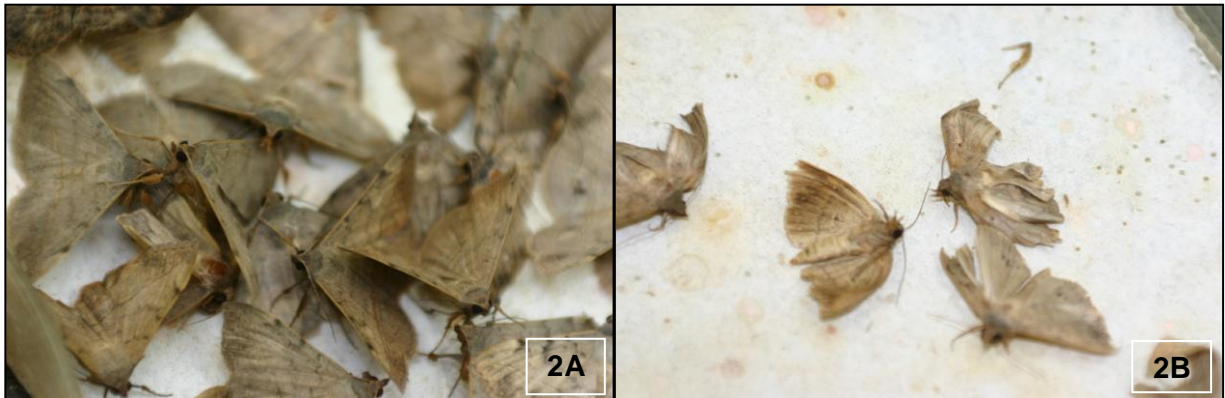


Figura 2. Adultos de *A. gemmatalis* desenvolvidas em ambientes com temperatura de 25°C (A) e 34°C (B).

A razão sexual (Tabela 4) não foi afetada pelo aumento de temperatura nas diferentes gerações e manteve-se constante dentro das três gerações. Os valores observados oscilaram entre 0,56 (F_0 , 37°C) e 0,43 (F_1 , 25°C).

Tabela 4. Razão Sexual (média \pm EP) de *A. gemmatalis* criadas em dieta artificial e submetidas a diferentes temperaturas, por três gerações

	25°C	28°C	31°C	34°C	37°C
F_0	0,52 \pm 0,05 ^{ns}	0,54 \pm 0,03	0,54 \pm 0,03	0,44 \pm 0,03	0,56 \pm 0,19
F_1	0,43 \pm 0,02	0,47 \pm 0,05	-*	-	-
F_2	0,53 \pm 0,04	0,55 \pm 0,03	-	-	-
C.V %	38,12				

ns – Diferenças não significativas

* não houve sobreviventes

Observou-se diferença significativa, dentro e entre as gerações, na longevidade dos machos, nas temperaturas de 25°C e 28°C (Tabela 5). Na geração F_0 , mantida em 25°C, a longevidade dos machos foi menor do que nas demais gerações. Entretanto, em 28°C, ocorreu o inverso, ou seja, os machos duraram mais na geração F_0 , sendo a diminuição gradual em F_1 e F_2 .

Tabela 5. Longevidade em dias (Média ± EP) de adultos de *A. gemmatalis* submetidos a diferentes temperaturas por três gerações

Machos					
Geração	25 °C	28 °C	31 °C	34 °C	37 °C
F ₀	11,11 ± 1,29 bB	16,50 ± 1,06 aA	-**	-	-
F ₁	15,83 ± 1,10 aA	12,61 ± 0,60 bB	-	-	-
F ₂	14,94 ± 0,86 aA	10,55 ± 0,60 bB	-	-	-
CV%	29,77				
Fêmeas					
F ₀	12,28 ± 1,12 bB	15,00 ± 1,06 aA	-	-	-
F ₁	14,67 ± 0,71 bA	11,94 ± 0,46 bB	-	-	-
F ₂	15,89 ± 0,85 aA	8,44 ± 0,77 cB	-	-	-
C.V%	27,89				

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

** não houve sobreviventes

Para a longevidade de fêmeas, foi observada diferença significativa dentro e entre gerações e regimes de temperatura. Na temperatura de 25°C, a longevidade das fêmeas nas gerações F₀ e F₁ não diferiram estatisticamente e foram menores do que aquelas da geração F₂. Entre as gerações para temperatura de 28°C ocorreu redução gradual da longevidade das fêmeas de F₀ para F₂ (Anexo 4).

A viabilidade de ovos na temperatura de 25°C não diferiu significativamente entre as gerações (Tabela 6). Na temperatura de 28°C a viabilidade de ovos aumentou ao longo das gerações. Ainda, esta variável nas temperaturas testadas, 25°C e 28°C, diferiram entre si nas gerações F₀ e F₁, permanecendo semelhante na geração F₂.

Tabela 6. Viabilidade de ovos (%) eclodidos de *A. gemmatalis* (Média ± EP) submetidos a diferentes temperaturas por três gerações

Temperaturas					
Geração	25 °C	28 °C	31 °C	34 °C	37 °C
F ₀	89,47 ± 2,87 aA	57,49 ± 8,97 bB	-**	-	-
F ₁	90,58 ± 2,34 aA	71,85 ± 5,84 abB	-	-	-
F ₂	92,82 ± 0,79 aA	83,90 ± 3,50 aA	-	-	-
C.V%	25,39				

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

** não houve sobreviventes

3.1.2 Peso de pupas

Pela ANCOVA (Anexo 6), a interação entre a covariável tempo de desenvolvimento e as temperaturas não foi significativa, na sua relação com peso de pupa. Assim, essa relação pode ser representada pelo modelo de linhas paralelas, considerando-se somente o efeito das temperaturas e, portanto, validando os resultados obtidos pela ANOVA.

O aumento da temperatura nos ensaios afetou negativamente o peso de pupas (Figura 3). Nas temperaturas de 25°C, 28°C e 31°C não houve diferença significativa para o peso, contudo, a partir de 34°C e 37°C houve um decréscimo acentuado no peso médio de pupas, atingindo 49,13 mg e 33,15 mg respectivamente. Este último valor representa aproximadamente a metade do peso das pupas cujas lagartas foram mantidas a 25°C.

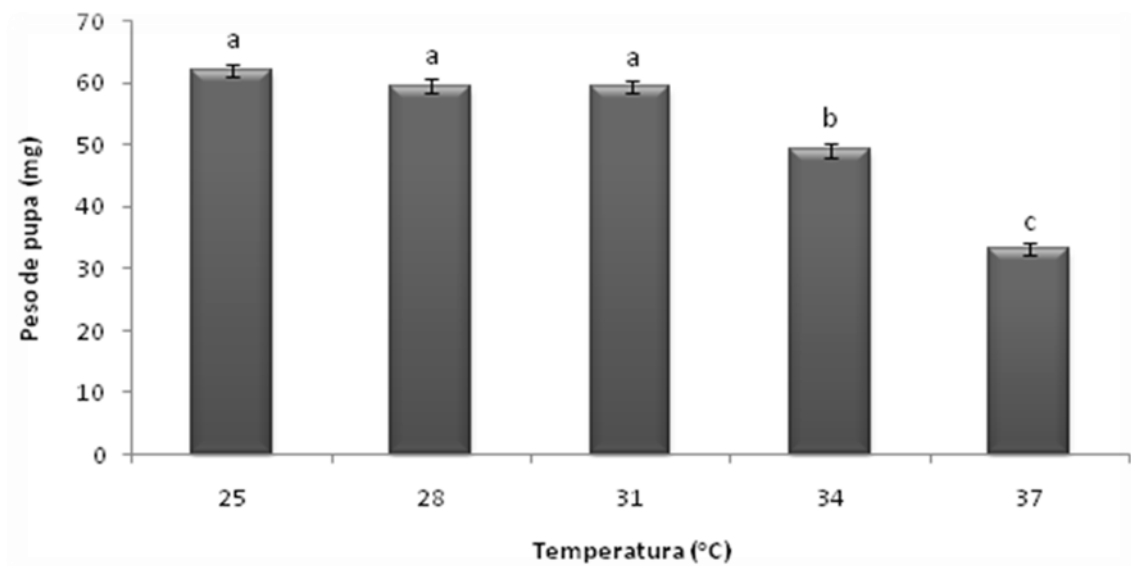


Figura 3. Efeito dos tratamentos no peso de pupa (mg) (média \pm EP) em relação as diferentes temperaturas.

4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos em três gerações mostraram que durante todo o ciclo de desenvolvimento, os parâmetros biológicos de *A. gemmatalis* foram afetados pelo aumento a temperatura. Na maioria dos casos, ocorreu uma relação inversa entre o aumento térmico e o tempo para o desenvolvimento, principalmente no que se refere à sobrevivência e à duração das fases de desenvolvimento do inseto; quanto maior a temperatura, menor a sobrevivência e mais curta a duração dos instares. Resultados semelhantes foram obtidos por Magrini et al. (1996) para *A. gemmatalis*, em estudos envolvendo uma geração, onde também constataram reduções no período larva-adulto na faixa térmica de 24°C, 27°C, 30°C e 33°C, proporcional ao aumento de temperatura. Outros autores também relataram resultados similares, como Bavaresco et al. (2002) para outros insetos lepidópteros como *Spodoptera cosmioides* e Cardoso et al. (2007) para *Galleria mellonella*.

Embora muitos autores tenham avaliado o efeito da temperatura sobre *A. gemmatalis*, a maioria dos estudos se limitaram a uma geração. Na presente pesquisa, entretanto, avaliou-se esse efeito em três gerações e, desta forma, foi possível observar que, embora, nas temperaturas acima de 31°C, os insetos chegaram à fase de pupa, ou mesmo adulta, as fêmeas não ovipositaram, ou produziram ovos inférteis e grande parte dos adultos apresentou deformações nas asas. Durante três gerações em que a pesquisa foi conduzida, a duração e a sobrevivência não apresentaram grande variação nas temperaturas de 25°C e 28°C, consideradas adequadas para o desenvolvimento de insetos. Na primeira geração, na temperatura de 31°C, os insetos foram viáveis e ovipositaram normalmente, porém a maior parte dos ovos foi infértil, inviabilizando as gerações seguintes. Assim sendo, o aumento da temperatura drástico irá prejudicar o desenvolvimento de *A. gemmatalis*, quando mantidos na fase jovem em temperaturas acima de 31°C. O lepidóptero *Stenoma catenifer* Walsingham, também não completou o desenvolvimento larval em temperaturas acima de 32°C (NAVA, 2005), enquanto os insetos mantidos a temperatura de 30°C, a viabilidade larval foi baixa, na ordem de 43 %.

A taxa de sobrevivência, até o quinto ínstar, em todas as temperaturas, (exceto na temperatura de 37°C) foi superior a 90 %, reduzindo, porém nas fases seguintes. Esse aumento de mortalidade, entretanto, foi mais drástico nas fases de

pré-pupa e pupa, quando há exigência de alta umidade e observam-se inúmeras alterações morfológicas e de comportamento (secretam o casulo, cessam a alimentação e locomoção). Alguns trabalhos evidenciam, também, que a taxa de sobrevivência pode ser alterada em função da alimentação do inseto, em dieta natural, artificial ou ainda em hospedeiros diferentes (SANTOS et al., 2005; BORTOLI et al., 2005; SÁ et al., 2009). No primeiro ínstar a sobrevivência de *A. gemmatalis* foi de 100% para todos os tratamentos nas três gerações. A taxa de sobrevivência até o 4º instares também foi alta, sofrendo uma pequena redução na geração F₁ na temperatura de 28°C nos respectivos ínstars. Entretanto, a temperatura de 25°C proporcionou sobrevivência superior aos demais tratamentos, ao contrário do que foi descrito por Bavaresco et al. (2002) que, estudando *S. cosmioides* verificaram maior viabilidade de ovos e sobrevivência em temperaturas de 28°C e 30°C.

Alguns aspectos comportamentais peculiares foram observados nos insetos mantidos nas temperaturas mais elevadas, possivelmente em função de mudanças provocadas no seu metabolismo e na tentativa de economizar energia, as lagartas de *A. gemmatalis* permaneceram, a maior parte do tempo sobre o alimento sem grandes movimentações. Em geral, na seqüência ocorreu a desidratação e a morte dos indivíduos. De acordo com Chapman (1998), os insetos reagem frente a mudanças térmicas provocando alterações no metabolismo, que varia de espécie para espécie.

A duração da fase larval foi reduzida em, aproximadamente 10 dias, quando a temperatura aumentou de 25°C para 34°C, devido à aceleração do metabolismo, mas não suportando o desenvolvimento total do inseto. O consumo dos insetos, não foi avaliado neste experimento, mas com o encurtamento do ciclo, o inseto não conseguiu suprir suas necessidades nutricionais, considerando-se o peso menor das pupas observado nas temperaturas extremas. Bavaresco et al. (2002) também observaram que para *Spodoptera frugiperda* houve redução de seis dias no período larval em temperaturas de 25°C para 32°C.

Embora caracterização da fase de pré-pupa para alguns insetos seja difícil (SPECHT et al., 2006), neste experimento foi facilmente percebida, já que *A. gemmatalis* na fase de pré-pupa para de se alimentar, faz uma cavidade na dieta artificial onde permanece imóvel, fechando a abertura por fios de seda misturados às fezes, formando um casulo. Assim, observou-se que a duração desse estágio foi

maior na temperatura de 25°C, e menor na temperatura de 37°C. Para outras espécies de lepidópteros, como *S. cosmioides* também foi relatada a diminuição da duração de pré-pupa, quando a temperatura aumentou de 25°C para 32°C (BAVARESCO et al., 2002).

Na maior temperatura testada (37°C), as pupas apresentaram peso inferior aos demais tratamentos e os adultos não emergiram. A duração média em dias para o estágio de pupa, sem distinção entre machos e fêmeas, foi inversamente proporcional ao aumento da temperatura. Também, ao avaliarem a duração desse mesmo estágio (pupa) de *A. gemmatalis* mantidas em temperaturas distintas, Magrini et al. (1996), observaram diminuições de, aproximadamente seis e sete dias, para fêmeas e machos, respectivamente, quando a temperatura aumentou de 24°C para 33 °C. Ainda, como as pupas foram sexadas e mantidas nos recipientes até a emergência dos adultos foi possível observar a ocorrência de protoginia, fêmeas emergindo primeiro que machos. Crocomo & Parra (1985) descrevem esse comportamento, protoginia, como um mecanismo que reduz a probabilidade de acasalamento entre indivíduos oriundos da mesma postura, permitindo que as fêmeas, emergindo antes dos machos, voem para outros locais ou, se permanecerem na área, acasalem com machos provenientes de outras posturas, evitando assim a ocorrência de consangüinidade.

A longevidade dos adultos de *A. gemmatalis* pode variar em função da temperatura, mas também depende da alimentação e do acasalamento. Segundo Milano (2008), quanto maior o número de cópulas, menor é a longevidade das fêmeas. Em condições de dieta artificial em cinco temperaturas diferentes, a longevidade de *A. gemmatalis* variou de 11,2 dias (32,2°C) para 24,8 dias (21,1°C) (MOSCARDI et al., 1981) . No presente trabalho, na primeira geração a longevidade de adultos foi maior na temperatura de 28°C tanto para machos como fêmeas, mas decresceu nas demais gerações, corroborando com os resultados obtidos por Moscardi et al. (1981) e Magrini (1996). Na temperatura de 25 °C, machos e fêmeas da geração F₁ e F₂ apresentaram maior longevidade, com tendência de maior duração para fêmeas.

De acordo com Silva (1981) a temperatura de 25°C é a mais adequada para a oviposição de *A. gemmatalis*. Em seus estudos esse autor, obteve aproximadamente 10 vezes mais ovos por fêmeas mantidas a 25°C, em comparação com as mantidas a 30°C e 35°C. No presente trabalho, a viabilidade de

ovos foi alta na temperatura de 25°C durante as três gerações, reduzindo com aumento das temperaturas. Este comportamento pode estar possivelmente relacionado à menor atividade de cópula em altas temperaturas, que pode dificultar a fecundação dos ovos. Na temperatura de 28°C, a viabilidade de ovos foi baixa durante a primeira geração, mas aumentou nas gerações seguintes, indicando que, possivelmente, a espécie passou por um processo de adaptação a pequeno aumento de temperatura. Milano (2008) registrou uma redução na viabilidade de ovos de *A. gemmatalis* com o aumento da temperatura, de 89,18 % (25°C) para 68,44 % (30°C). Ferraz (1982) e Busato et al. (2005) verificaram que para *S. frugiperda* a maior viabilidade de ovos foi na temperatura de 25°C.

A razão sexual de pupas no presente trabalho não foi afetada pelo aumento na temperatura. Entretanto, em outras espécies de insetos em temperaturas mais baixas que as testadas podem ocorrer interferência na razão sexual em função da mesma. Em populações de *Cerconota anonella* foi observa-se maior número de fêmeas a 18°C e de machos a 30°C de temperatura (PEREIRA & BERTI-FILHO, 2009).

O peso de pupas variou de acordo com os tratamentos, o maior peso seco foi registrado na temperatura de 25°C e o menor valor na de 37°C. No entanto, até 31°C, não houve diferença significativa em relação a temperaturas mais baixas. Em dieta natural, Silva (1981) determinou peso médio fresco de pupas de *A. gemmatalis* constatando menor peso nas lagartas quando mantidas em temperaturas mais elevadas. Esta diferença no peso de pupas em temperaturas mais elevadas pode estar relacionada à baixa assimilação nutricional do alimento pelo inseto, devido a sua baixa atividade, evitando gastar energia para manter o equilíbrio térmico corporal.

Os dados obtidos neste trabalho permitem concluir que o aquecimento global intenso e rápido pode causar impactos negativos nas populações de *A. gemmatalis* e, assim, diminuindo a sua ocorrência e o problema na cultura da soja, mas mudanças amenas na temperatura, como constatado de 25°C para 28°C, permitem que o inseto sofra adaptação e conseqüentemente aumente a incidência da praga na cultura alvo. Entretanto, neste estudo as populações de *A. gemmatalis* utilizadas são oriundas de laboratório, onde são criadas há bastante tempo e embora ocorra introdução periódica de novas populações, pesquisas adicionais de campo são necessárias para verificar a influência de altas temperaturas onde essa espécie

sofre oscilação diurna e noturna de temperatura e a variabilidade genética dos insetos é maior, apresentando possivelmente, uma tendência maior no processo de adaptação do inseto ao longo de gerações.

4 REFERÊNCIAS

AFONSO, A.P. S.; WREGGE, M.; MARTINS, J.F. da S.; NAVA, D.E. Simulação do Zoneamento Ecológico da lagarta-do-cartucho no Rio Grande do Sul com o Aumento de Temperatura. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v.76, n.4, p.607-612, 2009.

BAVARESCO, A.; M.S. GARCIA; A.D. GRÜTZMACHER; J. FORESTI & R. RINGENBERG. Biologia e Exigências Térmicas de *Spodoptera cosmioides* (Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**. v.31, n.1, p.49-54, 2002.

BORTOLI, S. A. et al. Aspectos nutricionais de *Ceraeochrysa cincta* Schneider, 1851 (Neuroptera: Chrysopidae) em diferentes presas. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 80, n. 1, p. 1-11, 2005.

BOWLER, K.; TERBLANCHE, J. S. Insect thermal tolerance: what is the role of ontogeny, ageing and senescence? **Biological Reviews**, v.83, n.3, p.339-355, 2008.

BUSATO, G. R. *et al.* Biologia comparada de populações de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de milho e arroz. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 5, Londrina, 2005.

CARDOSO, A. C.; PRATA, M. C. DE A.; FURLONG, J.; PREZOTO, F. Exigências térmicas de estágios imaturos de *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). **Neotropical Entomology**. vol.36 no.5 Londrina, 2007.

CHAPMAN, R. F. (1998) **The insects: structure and function**. 4th ed, Cambridge, Cambridge University Press, 788p.

CROCOMO, W.B. & J.R.P. PARRA. 1985. Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) sobre milho, trigo e sorgo. **Revista Brasileira de Entomologia**. 29: 363-368.

DOUGLAS, N. A. The velvetbean caterpillar as a pest of soybeans in southern Louisiana and Texas. **Journal of Economic Entomology**, Baltimore, v. 23, n.4, p.683 – 690. 1930.

FERRAZ, M. C. V. D. **Determinação das exigências térmicas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em cultura de milho.** 1982. 281p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 1982.

FORD, B. J.; STRAYER, J. R.; REID, J., BLOUNT, V. N.; RIDDLE, T. C. **The literature of arthropods associated with soybean, a bibliography of the velvetbean caterpillar *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae).** Urbana: Illinois National History Survey, 1975. 15p. (Biological Notes, 92).

FUGI, C. G. Q. 2003. **Aspectos biológicos de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 em genótipos de soja com diferentes graus de resistência a insetos.** Dissertação (mestrado). Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas-SP, 59p.

FUGI, C. G. Q.; LOURENÇÃO, A.L.; PARRA, J.R.P. Biology of *Anticarsia gemmatalis* on soybean with different degrees of resistance to insects. **Scientia Agricola**, 62: 31- 35. 2005.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO,S.;CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINE, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Manual de entomologia agrícola.** Piracicaba: FEALQ, 2002.

GASTON, K. J. (2003) **The Structure and Dynamics of Geographical Ranges.** Oxford University Press, Oxford.

GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA, E.B.; CORSO, I.C.; FERREIRA, B.S.C.; VILLAS BOAS, G.L.; MOSCARDI, F.; PANIZZI, A.R. **Manejo de pragas da soja.** Londrina: Embrapa, CNPSo, 1988. 44p. (Circular Técnica).

GREENE, G. L. **Sexual dimorphism of *Anticarsia gemmatalis* leg scales.** Florida Entomologist, Gainesville, v. 57, n. 3, p. 280, 1974.

GREENE, G. L.; LEPPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, Baltimore, v. 69, n. 4, p. 487-488, 1976.

GREENE, G. L.; REID, J. C.; BLOUNT, V. N.; RIDDLE, T. C. Mating and oviposition of the velvetbean caterpillar in soybeans. **Environmental Entomology**, College Park, v. 2, n. 6, p. 1113-1115, 1973.

HERZOG, D. C.; TODD, J.W. Sampling velvetbean caterpillar on soybean. In: Kogan, M. & Herzog, D. C., ed. Sampling methods in soybean entomology. New York, **Springer. Verlag**, p. 107- 40, 1980.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; OLIVEIRA, E. B. DE & MOSCARDI, F. **Criação massal da lagarta da soja.** Londrina, EMBRAPA. 23p. 1985.

HOMRICH, M. S.; PASAGLIA, L. M. P.; PEREIRA, J.F.; BERTAGNOLI, P.F, PASQUALI, G.; ZAIDE, M. A.; ALTOSAAR, I.; BODANEZI-ZANETTINI, M.H. Resistance to *Anticarsia gemmatalis* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) in transgenic soybean (*Glycine max* (L.) Merrill Fabales, Fabacea) cultivar IAS5 expressing a modified Cry1Ac endotoxin. **Genetics and Molecular Biology** 31: 522-531. 2008.

MAGRINI, E. A. **Tabela de vida para *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (*Lepidoptera: Noctuidae*) em condições de laboratório.** Piracicaba, 1993. 77p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

MAGRINI, E. A.; SILVEIRA NETO, S.; PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P.S.M. Biologia e exigências térmicas de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 25, n. 3, p. 513-519, 1996.

MAGRINI, E.A.; BOTELHO, P.S.M.; SILVEIRA NETO, S. Biologia de *Anticarsia gemmatalis* Hüber, 1818 na cultura de soja, *Glycine max* (L.) Merrill. **Scientia Agricola**, v.56, n.3, p.527-535, 1999.

MILANO, P. 2008. **Influência da nutrição e temperatura na reprodução de representantes de Noctuidae, Crambidae, Tortricidae e Elachistidae**. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, 75p.

MILANO, P.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; CÔNSOLI, F. L. Influência da temperatura na frequência de cópula de *Anticarsia gemmatalis* Hübner e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v.37, p.528-535, 2008.

MOSCARDI, F.; BARFIELD, C. S.; ALLEN, G. E. Effects of temperature on adult velvetbean caterpillar oviposition, egg hatch and longevity. **Annals of the Entomological Society of America**, Columbus, v. 74, n. 2, 167-171, 1981.

NAVA, D. E. **Comportamento de oviposição, bioecologia e subsídios para o controle biológico de *Stenoma catenifer* Walsingham, 1912 (Lepidoptera: Elachistidae)**. 2005. 140p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

PEREIRA, M. J. B.; BERTI-FILHO, E. Exigências térmicas e estimativa do número de gerações da broca-do-fruto *Annona* (*Cerconota anonella*). **Ciência Rural, Santa Maria**, v.39, n.8, p.2278-2284, 2009.

PIUBELLI, G.C. **Bioatividade de genótipos de soja resistentes a *A. gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) e interações de suas substâncias químicas com inimigos naturais**. 2004. 152p. Tese Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

PRAÇA, L. B.; NETO, S.P.S; MONNERAT, R.G. (2006). ***Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) Biologia, amostragem e métodos de**

controle. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 196, 18p.).

RAUBENHEIMER, D.; SIMPSON S.J.. Analysis of covariance: an alternative to nutritional indices. **Entomology Experimentalis et Applicata**. v. 62, p. 221-231,1992.

SÁ, V. G. M.; FONSECA, B. V. C.; BOREGAS, K. G. B.; WAQUIL, J. M. Sobrevivência e Desenvolvimento Larval de *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em Hospedeiros Alternativos. **Neotropical Entomology**. vol.38 no.1 Londrina, 2009.

SANTOS, K. B.; MENEGUIM, A. M.; NEVES, P.M.O.J. Biologia de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros. **Neotropical Entomology**. 34: 903-910. 2005.

SILVA, R.F.P. 1981. **Aspectos biológicos e nutrição de *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) em meios natural e artificial e influência da temperatura e fotoperíodo no seu desenvolvimento.** Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, 130p

SPECHT, A.; FORMENTINI, A.C.; CORSEUIL, E. Biologia de *Automeris illustris* (Walker) (Lepidoptera, Saturniidae, Hemileucinae). **Revista Brasileira de Zoologia**.Rio Grande do Sul 23(2): 537-546p. 2006.

TARRAGÓ, M. F. S.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, S.; BARBIN, D. Influência de fatores ecológicos na flutuação populacional das lagartas da soja, *Anticarsia gemmatilis* Hübner, e *Rachiplusia nu* (Guen.) em Santa Maria-RS. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 6, n. 2, p. 180-193, 1977.

WATSON, J.R. Life-history of the velvetbean caterpillar *Anticarsia gemmatilis* Hübner. **Journal of Economic Entomology**, v.9, p.521-528, 1916.

ZONTA, E.P.; SILVEIRA, P.S.; ALMEIDA, A. **Sistema de Análise Estatística para Microcomputador - SANEST**. Pelotas: Instituto de Física e Matemática, UFPel, 1986.

CAPÍTULO III- Efeito de Diferentes Temperaturas no Potencial de Infecção de *Bacillus thuringiensis* Berliner Sobre *Anticarsia gemmatalis* Hübner

RESUMO - O objetivo do trabalho foi estudar a influência de diferentes temperaturas no potencial de infecção de *Bacillus thuringiensis* (Bt) sob *Anticarsia gemmatalis* Hübner. Para isso observou-se o desenvolvimento de larvas de *A. gemmatalis* em dieta artificial inoculadas com dosagem única da bactéria (4,8 µg/ml) e a testemunha (dieta sem patógeno) em cinco temperaturas (19°C, 22°C, 25°C, 28°C e 31°C), em câmaras climatizadas, com fotofase de 14h. As diferentes temperaturas não influenciaram na ação do entomopatógeno, sendo a sobrevivência pequena em todas as temperaturas estudadas. Na testemunha a sobrevivência apresentou-se mais alta em relação ao tratamento inoculado, mas não foi influenciada pelas diferentes temperaturas. Na testemunha, o peso de pupa foi significativamente maior em relação às inoculadas. Os dados obtidos sugerem que a ação do entomopatógeno *B. thuringiensis* não é afetada pela mudança de temperatura.

Palavras – chave: *Bacillus thuringiensis*, entomopatógeno, temperatura.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas podem alterar as relações patogênicas entre insetos e microrganismos através da redução da virulência dos patógenos. Esses podem ser prejudicados pelas altas temperaturas, diminuição da umidade e pelo aumento na incidência de luz solar (SUN et al., 2003; AMARASEKARE & EDELSON, 2004). Existem poucos trabalhos que verificam a interferência da temperatura em entomopatógenos.

Um dos entomopatógenos amplamente utilizados no Brasil, a bactéria *B. thuringiensis* é encontrada na microflora do intestino dos insetos e nos solos. Apesar de sua grande utilização na agricultura, o Bt pode sofrer influência de fatores ambientais, reduzindo sua eficiência na interação com o inseto alvo (GLARE & CALLAGHAM, 2000). Segundo Mendonça (2002), *B. thuringiensis* é uma bactéria de solo Gram-positiva que, após a fase acelerada de crescimento, passa por um processo de esporulação devido à exaustão de nutrientes, produzindo um esporângio que contém um endósporo e inclusões cristalinas de proteínas que são responsáveis por sua ação entomopatogênica. Esse cristal protéico é composto por um polipeptídeo denominado δ -endotoxina. Quando formas larvais de um inseto alimentam-se dessas proteínas, inicia-se uma série de reações que culminam com a morte das mesmas, caracterizando, assim, o efeito do controle biológico. Sendo assim, essa proteína tem sido amplamente utilizada em programas de controle biológico, por apresentar propriedades entomopatogênicas específicas e não apresentar, geralmente, risco ambiental ao ecossistema. Borgonie et al. (1996) afirmaram que *B. thuringiensis* é termo-sensitivo e, quando incubado juntamente com *Caenorhabditis elegans* Maupas, um tipo de nematóide, em temperaturas de 16 °C, 20°C e 25°C apresentaram toxicidade atenuada em função do decréscimo de temperatura, sendo nula em temperatura de 16°C, enquanto que 25°C foi a temperatura que propiciou maior ação.

Adicionalmente a utilização do Bt por aplicação direta nas plantas, visando o controle biológico de pragas, principalmente da ordem Lepidoptera, as proteínas *Cry* de Bt através da biotecnologia obteve-se plantas geneticamente modificadas contendo toxinas *Cry* de Bt. Essas toxinas são expressas em tecidos específicos das plantas, como as folhas, que são o principal alvo de ataque de insetos herbívoros e também são utilizadas no controle de pragas, e, em algumas culturas

como algodão e milho. No caso da soja, esta tecnologia já esta em testes e em breve poderá estar disponível para plantio pelos agricultores (COVIELLA et al., 2000). Dessa forma, estudos se fazem necessários para averiguar as implicações de fatores abióticos e bióticos sobre microrganismos entomopatogênicos como *B. thuringiensis*. Assim, o objetivo do trabalho foi analisar o efeito das diferentes temperaturas no potencial de infecção de *B. thuringiensis* em lagartas de *A. gemmatalis*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condução do experimento

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Entomologia e Fitoquímica da Embrapa Soja, utilizando-se de lagartas provenientes do laboratório de criação massal dessa instituição. Para determinar a CL_{80} de *B. thuringiensis* foi realizado um pré – ensaio a 25°C, onde foram testadas quatro diluições da estirpe HD1 (1,0 µg; 3,0 µg; 5,0 µg; 8,0 µg/ml de dieta). Para cada diluição foram testadas lagartas individualizadas em copos plásticos, com capacidade para 50 ml, em um total de vinte lagartas. A primeira leitura de mortalidade foi feita 48 h após o início do ensaio, ocasião em que as lagartas foram transferidas para dieta livre do patógeno, e o número de indivíduos sobreviventes foi pesado após 24 h da transformação em pupa. As testemunhas foram mantidas em dieta normal durante a condução do experimento. Os dados obtidos foram analisados pelo programa POLO PC para determinação da concentração letal que indicou a concentração de 4,8 µg/ml de dieta para a CL_{80} .

Na seqüência, câmaras climatizadas tipo B.O.D. foram ajustadas para as temperaturas de 19°C, 22°C, 25°C, 28°C e 31°C \pm 1°C, 80 \pm 10% UR e fotofase de 14h. A dieta artificial (GREENE et al., 1976; modificada por HOFFMANN-CAMPO et al.,1985), contendo 4,8 µg Bt /ml de dieta foi preparada e colocada em copos plásticos (50 ml). Outros copos contendo apenas a dieta sem Bt (testemunha) foram mantidos em câmaras e também mantidas nas respectivas temperaturas. A temperatura das câmaras foi testada por duas horas para que a dieta atingisse temperatura semelhante em todas as B. O. D. antes das lagartas começarem a se alimentar. As lagartas neonatas foram individualizadas e distribuídas nas respectivas temperaturas, em um total de seis lagartas em dieta inoculada e seis lagartas em dieta livre do patógeno em cada bloco e para cada temperatura testada, totalizando 60 lagartas entre inoculadas e testemunha para cada temperatura. Após 48 h do início do ensaio, as lagartas que estavam em dieta inoculada com o *B. thuringiensis* foram transferidas para dieta comum, sem o patógeno, onde os indivíduos que sobreviveram à infecção pela bactéria permaneceram até a transformação em pupa. As lagartas foram observadas diariamente, com anotação

da mortalidade e os indivíduos que atingiram a fase de pupa (inoculado e testemunha) foram pesados em balança analítica.

2.1.2 Análise estatística

O delineamento utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados em arranjo fatorial, contendo cinco blocos com seis repetições por tratamento (inoculada e testemunha) dentro de cada bloco. Todas as pressuposições da ANOVA, como a normalidade dos dados, homogeneidade das variâncias dos tratamentos e a aditividade do modelo foram observadas. Os dados foram submetidos à análise de variância com comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade pelo programa estatístico SANEST (ZONTA et al., 1986).

3. RESULTADOS

Não houve interação significativa entre os fatores temperatura e inoculação na sobrevivência de *A. gemmatalis*, havendo efeito significativo apenas para inoculação (Anexo 7). O peso de pupas, neste experimento, não foi analisado estatisticamente, em função da alta mortalidade dos indivíduos inoculados com Bt. Assim sendo, esta variável foi representada como média de peso de pupas em gráfico.

A taxa de sobrevivência média (Tabela 1) diferiu significativamente entre as lagartas inoculadas e não inoculadas. Embora não se observou diferença entre as temperaturas, as taxas de sobrevivência oscilaram entre 20%, na temperatura de 22°C e um sobrevivente (31°C). Nas testemunhas também as diferentes temperaturas não afetaram a capacidade de infecção do Bt, mas em todas as temperaturas testadas, exceto 25°C observou-se menos de 90% de sobrevivência. Quando se comparou o tratamento inoculado e testemunha em cada temperatura foram observadas diferenças significativas, sendo sempre menor a taxa de sobrevivência das lagartas infectadas com Bt.

Tabela 1. Sobrevivência (Média \pm EP) de *A. gemmatalis* dentro e entre as temperaturas para o tratamento inoculado com *B. thuringiensis* e testemunha.

Tratamento	19 °C	22 °C	25 °C	28 °C	31 °C	Média
Inoculado	13,00 \pm 0,06 bB	20,00 \pm 0,07 bB	06,00 \pm 0,04 bB	10,00 \pm 0,05 bB	-**	10,00 \pm 0,02 b
Testemunha	73,00 \pm 0,08 aA	76,00 \pm 0,07 aA	90,00 \pm 0,05 aA	73,00 \pm 0,08 aA	76,00 \pm 0,07 A	78,00 \pm 0,03 a
C.V %	82,05%					

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

** Os dados obtidos não foram suficientes para serem analisados

Os pesos médios das lagartas que atingiram o estágio de pupa podem ser vistos na Figura 1. Os pesos de pupas oriundas de lagartas inoculadas com Bt e mantidas nas diferentes temperaturas tenderam a pesar menos, em relação à testemunha. As pupas sobreviventes de lagartas inoculadas com Bt tenderam ao menor peso em relação à testemunha (não inoculadas) na maioria das temperaturas. Quando as lagartas não foram inoculadas com Bt e mantidas a 25°C, 28°C e 31°C, as pupas apresentaram pesos superiores a 250 mg comparados com

pesos abaixo de 180 mg, nas temperaturas 19°C e 22°C. Isto sugere o efeito negativo da temperatura mais baixa no desenvolvimento do inseto.

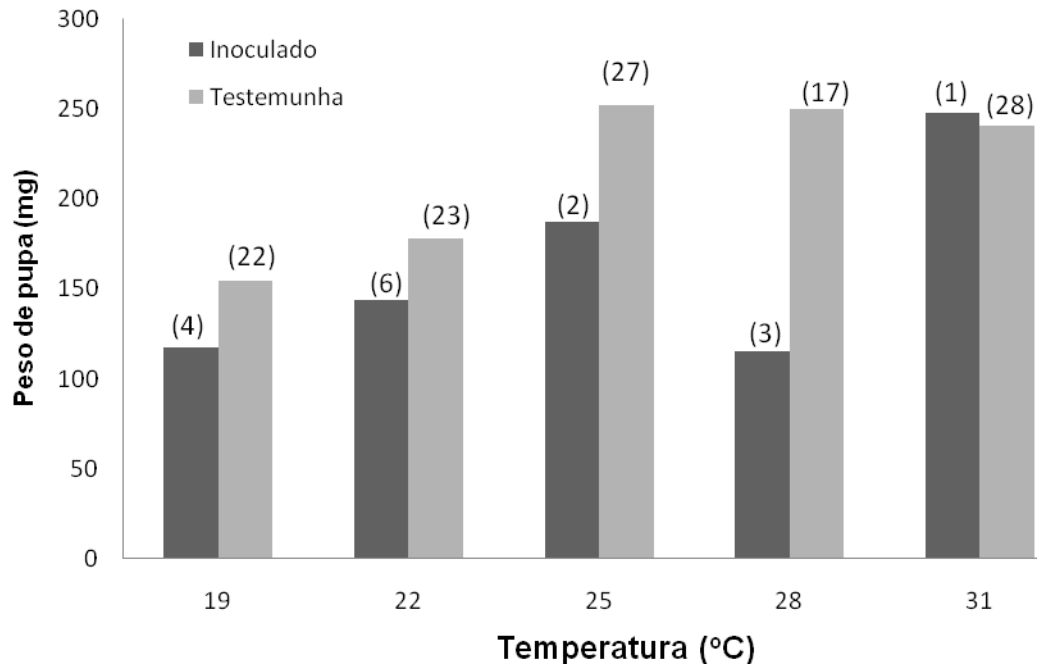


Figura 1. Peso de pupas (mg) de *A. gemmatilis* inoculadas e não inoculadas com *Bacillus thuringiensis* submetidas a diferentes temperaturas. O número de pupas sobreviventes em cada temperatura está representado entre parênteses na figura.

4. DISCUSSÃO

As temperaturas estudadas (19°C, 22°C, 25°C, 28°C e 31°C) não afetaram o potencial de infecção por *B. thuringiensis* considerando-se que inoculadas ou não as lagartas apresentaram baixa sobrevivência. Essa informação contraria os dados obtidos por Borgonie et al. (1996) que estudando o efeito de *B. thuringiensis* sobre o nematóide *C. elegans* nas temperaturas de 16°C, 20°C e 25°C constataram que a toxicidade da bactéria decresce com a temperatura. Porém, de acordo com o mesmo autor, tais diferenças podem ocorrer devido a diferentes mecanismos de infecção em insetos e nematóides; nos insetos a exposição à toxina (via oral) causa formação de poros na membrana intestinal, desbalanço osmótico e lise celular. Já nos nematóides, a toxina é transportada para dentro das células intestinais. Resultados obtidos com outros entomopatógenos, como os fungos também diferem do presente trabalho. No caso fungo *Sporothrix insectorum*, a maior produção de conídios dentre as temperaturas testadas (22°C, 25°C, 28°C e 31°C) ocorreu a 28°C, enquanto que a 31°C, a sua produção foi reduzida, assim como sua viabilidade (LOUREIRO et al., 2002). Ainda, Alexandre et al. (2006), estudando a virulência em diferentes temperaturas (26°C e 32°C) do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* em *Alphitobius diaperinus* observaram que os isolados mostraram-se termo-sensíveis na temperatura mais elevada (32°C).

Barreto et al. (2005), estudando efeitos de isolados de *Baculovirus spodoptera* em lagartas de *Spodoptera frugiperda*, constataram que insetos sobreviventes à infecção pelo vírus submetidos a diferentes concentrações do patógeno conseguiram atingir o estágio de pupa e manter o seu peso constante, no entanto a sobrevivência era baixa. No presente experimento, entretanto, devido à baixa sobrevivência das lagartas inoculadas não foi possível a realização da análise estatística, mas os dados obtidos sugerem efeito negativo da baixa temperatura (19°C e 22°C) no peso de pupa. Embora testando temperaturas mais elevadas, Silva (1981), constatou redução do peso de pupas de *A. gemmatilis*, com o aumento de temperatura sendo em 25°C observado o maior peso em relação às demais temperaturas. As pupas inoculadas com Bt tiveram menor peso devido à contaminação pelo entomopatógeno, que atua no intestino do inseto fazendo com que ele morra por inanição. Além do efeito da temperatura que pode atuar diminuindo o metabolismo, dos insetos (CHAPMAN, 1998), no caso de baixas

temperaturas (19°C) ou acelerando os processos metabólicos em temperaturas elevadas (28°C e 31°C). Segundo Praça et al. (2004), quando larvas de insetos suscetíveis à bactéria ingerem os cristais de Bt, o pH intestinal e as proteases solubilizam esses cristais ativando as toxinas que irão atuar no tecido epitelial do intestino das larvas, ocasionando um desbalanço osmótico e lise celular; desse modo, o conteúdo intestinal se perde para a hemocele fazendo com que a larva pare de se alimentar. Essa estratégia parece ser comum em *A. gemmatalis*. Hoffmann-Campo et al. (2006), estudando o efeito de dieta contendo rutina (quercetina 3-O-rutinosídeo) no comportamento e na nutrição dessa praga verificou que os insetos nas dietas com maiores concentrações do flavonóide se alimentam por mais tempo, entretanto ingerem menos alimento. Os autores sugerem que esta é uma estratégia do inseto para evitar ingestão de concentrações letais de substâncias tóxicas.

Estudos relativos à influência da temperatura sobre a atuação de entomopatógenos em *A. gemmatalis* não foram encontrados, sendo escassa inclusive esta informação em relação a outros insetos. Portanto, existe a necessidade premente de novas pesquisas, incluindo doses menores do que as utilizadas no presente experimento. Assim, estudos abordando o tema que é essencial na elaboração de estratégias de manejo para combate a pragas, considerando-se o crescimento na utilização de entomopatógenos pulverizados diretamente, ou inseridos em plantas geneticamente modificadas, principalmente contendo Bt.

5. REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, T. M.; L. F. A. ALVES; NEVES, P. M. O. J. & ALVES, S. B. 2006. Efeito da temperatura e substrato sobre *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* e sua relação no controle do cascudinho (*Alphitobius diaperinus*) (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Neotropical Entomology**. 35: 75-82.

AMARASEKARE, K. G.; EDELSON, J. V. Effect of Temperature on Efficacy of Insecticides to Differential Grasshopper (Orthoptera: Acrididae). **Journal of Economic Entomology**, v.97, n.5, p.1595-1602, 2004.

BARRETO, M. R.; GUIMARÃES, C. T.; TEIXEIRA, F. F.; PAIVA, E.; VALICENTE, F. H. Effect of Baculovirus spodoptera isolates in Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae and their characterization by RAPD. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 67-75, 2005.

BORGONIE, G.; CLAEYS, M.; LEYNS, F.; ARNAUT, G.; DE WAELE, D. 1996 Effect of a nematicidal *Bacillus thuringiensis* strain on free-living nematodes. 3. Characterization of the intoxication process. **FUNDAMENTAL AND APPLIED NEMATOLOGY**. 19:523-528

CHAPMAN, R. F. (1998) **The insects: structure and function**. 4th ed, Cambridge, Cambridge University Press, 788p.

COVIELLA, C.; MORGAN, D. J. W.; TRUMBLE, J. T. Interaction of elevated CO₂ and nitrogen fertilization: Effects on the production of *Bacillus thuringiensis* toxins in transgenic plants. **Environmental Entomology**, v.29, p.781-787, 2000.

GLARE, T. R.; O'CALLAGHAM, M. **Bacillus thuringiensis: biology, ecology and safety**. Chichester: John Wiley & Sons, 2000. 350p.

GREENE, G. L.; LEPPLA, N. C.; ICKERSON, W. A. 1976. Velvetbean Caterpillar: a rearing procedure and artificial médium. **Journal of Economic Entomology** 69: 487-488.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; OLIVEIRA, E. B. DE & MOSCARDI, F. 1985. **Criação massal da lagarta da soja**. Londrina, EMBRAPA. 23p.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; RAMOS NETO, J.A; OLIVEIRA, M. C. N.; OLIVEIRA, L. J. Detrimental effect of rutin on *Anticarsia gemmatalis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n, 10, p. 1453- 1459, 2006.

LOUREIRO, E. S.; FILHO, A. B.; ALMEIDA, J. E. M.; LEITE, L.G.; LAMAS, C. Efeito da temperatura e da luminosidade no desenvolvimento do fungo *Sporothrix insectorum* (HOOG & EVANS). **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 2, p. 79-83, 2002.

MENDONÇA, P. C. **Caracterização e seqüenciamento dos plasmídeos pMC1 e pMC2 de *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* isolado T01 328**. 2002. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade do Estado de São Paulo, Jaboticabal, 2002.

PRAÇA, L. B.; BATISTA, A.C.; MARTINS, E. S.; SIQUEIRA, C. B.; DIAS, D. G. S.; GOMES, A. C. M. M.; FALCÃO, R.; MONNERAT, R. G. 2004. Estirpes de *Bacillus thuringiensis* efetivas contra insetos das ordens lepidoptera, coleoptera e diptera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 39(1):11-16.

SILVA, R. F. P. **Aspectos biológicos e nutrição de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera – Noctuidae) em meios natural e artificial e influência da temperatura e fotoperíodo no seu desenvolvimento**. Piracicaba, 1981. 130p. (Mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” /USP).

SUN, J.; FUXA, J. R.; HENDERSON, G. Effects of virulence, sporulation, and temperature on *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* laboratory transmission in *Coptotermes formosanus*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.84, p.38-46, 2003.

ZONTA, E.P.; SILVEIRA, P.S.; ALMEIDA, A. **Sistema de Análise Estatística para Microcomputador - SANEST**. Pelotas: Instituto de Física e Matemática, UFPel, 1986.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As temperaturas que se mostram mais adequadas ao desenvolvimento de *A. gemmatalis* foram 25°C e 28°C, visto seu alto potencial de sobrevivência, curto tempo de desenvolvimento e viabilidade crescente dos ovos. Conclui-se assim, que a praga pode se adaptar a elevações graduais e amenas na temperatura ao longo de gerações sucessivas, sendo capaz de aumentar a infestação anual do inseto na cultura da soja. Temperaturas acima de 31°C interferem na viabilidade dos ovos de *A. gemmatalis* e no comportamento do inseto, levando-o a desidratação e morte, mostrando que com o provável aumento da temperatura esperado para os próximos anos, em função do aquecimento global, esta espécie não conseguirá se desenvolver na plenitude, completando seu ciclo nas culturas. O entomopatógeno mais comumente utilizado no controle desta praga, *Bacillus thuringiensis*, não apresentou, na CL testada, interferência da temperatura em sua atividade, que foi semelhante em todas as temperaturas testadas, indicando que Bt mesmo com a elevação da temperatura poderá ser empregado no controle da praga dentro da concentração testada no presente trabalho. *A. gemmatalis*. Entretanto as mudanças climáticas podem alterar as relações patogênicas através de baixa umidade, alta incidência de luz solar e altas temperaturas que podem reduzir a virulência dos patógenos. Estudos utilizando-se de outras concentrações da bactéria Bt se fazem necessários para maior esclarecimento da atividade entomopatogênica frente à oscilação de temperaturas prevista para os próximos anos com a finalidade de elaboração e adequação de estratégias de manejo.

Muitas adaptações fisiológicas e comportamentais dessa praga estão condicionadas a detecção de variações ambientais. Estudos que investiguem a adaptação deste inseto ao longo das gerações em condições de campo com relação às diferentes variações de temperatura são essenciais e importantes para o manejo sustentável devido às mudanças climáticas previstas nas próximas décadas.

ANEXOS

Quadro de Análises de Variância e Covariância

Anexo 1. Resumo da análise de variância (Graus de liberdade – GL; e valores de F) para duração de ínstar *Anticarsia gemmatalis* em dieta artificial submetidas a diferentes temperaturas, por de três gerações

Variação	GL	Valor de F								
		1 ° ínstar	2 ° ínstar	3 ° ínstar	4 ° ínstar	5 ° ínstar	Pré- pupa	Pupa	1°ínstar-pupa	Razão Sexual
Geração	2	3904,77***	432,78***	312,68***	487,84***	644,98***	75,45***	1028,47***	3656,45***	51,55***
Temperatura	4	9005,03***	725,89***	362,90***	364,01***	850,24***	142,86***	4292,47***	7873,88***	30,16***
Geração x Temperatura	8	1515,75***	62,06***	42,39***	90,52***	156,02***	11,84***	329,5***	697,39***	7,11***
Resíduo	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*** $P < 0,001$

Anexo 2. Resumo da análise de variância (Graus de liberdade – GL; e valores de F) para taxa de sobrevivência em diferentes fases do desenvolvimento de *Anticarsia gemmatalis* em dieta artificial submetidas a diferentes temperaturas, por de três gerações

Variação	GL	Valor de F					
		2 ° ínstar	3 ° ínstar	4 ° ínstar	5 ° ínstar	Pré - pupa	Pupa
Geração	2	10500,04***	4063,39***	5099,78***	6134,53***	269,36***	764,03***
Temperatura	4	6854,19***	2690,96***	3405,37***	4753,11***	491,99***	2766,63***
Geração x Temperatura	8	1736,97***	638,52***	831,84***	1120,18***	66,89***	314,60***
Resíduo	45	-	-	-	-	-	-

*** $P < 0,001$

Anexo 3. Resumo da análise de variância (Graus de liberdade – GL; e valores de F) para Razão sexual de *Anticarsia gemmatalis* em dieta artificial submetidas a diferentes temperaturas, por de três gerações

Variação	GL	Valor de F
		Razão Sexual
Geração	2	51,5555***
Temperatura	4	30,1586***
Geração x Temperatura	8	7,1111***
Resíduo	45	

***P<0,001

Anexo 4. Resumo da análise de variância (Graus de liberdade – GL; e valores de F) para Longevidade de machos e fêmeas de *Anticarsia gemmatalis* em dieta artificial submetidas a diferentes temperaturas, por de três gerações

Variação	GL	Valor de F	
		Longevidade de machos	Longevidade de fêmeas
Temperatura	1	0,9046 ^{ns}	12,5732***
Geração	2	1,2659 ^{ns}	1,6224 ^{ns}
Geração x Temperatura	2	15,673***	17,6169***
Resíduo	102		

***P<0,001, ns - não significativo

Anexo 5. Resumo da análise de variância (Graus de liberdade – GL; e valores de F) para viabilidade de ovos de *Anticarsia gemmatalis* em dieta artificial submetidas a diferentes temperaturas, por de três gerações

Variação	GL	Valor de F
		Viabilidade de ovos
Temperatura	1	25,2057***
Geração	2	4,71**
Geração x Temperatura	2	2,8473 ^{ns}
Resíduo	102	

***P<0,001, **P<0,01, ns - não significativo

Anexo 6. Análise de covariância (ANCOVA) para verificar o efeito dos diferentes tratamentos (temperaturas) no ajuste de peso de pupa pela covariável tempo de desenvolvimento em *A. gemmatalis*

Variação		GL	Peso de pupa
a)	Tempo de Desenvolvimento	1	0,34 ^{ns}
	Tratamento	4	2,79 ^{ns}
	Tempo Desenvolvimento X Tratamento	4	1,27 ^{ns}
	Resíduo	4,53	
b)	Tratamento	4	150,33***
	Tempo de Desenvolvimento	1	0,34 ^{ns}
	Resíduo	444	

***P<0,001, ns - não significativo

Anexo 7. Resumo da análise de variância (Graus de liberdade – GL; e valores de F) para o número de insetos sobreviventes em diferentes temperaturas no tratamento inoculado com *Bacillus thuringiensis* e testemunha

Variação	GL	Valor de F
		Número de insetos vivos
Blocos	4	-
Temperatura	4	0,8695 ^{ns}
Inoculado	1	266,0536 ^{***}
Temperatura X Inoculado	4	1,5088 ^{ns}
Resíduo	286	-

***P<0,001, ns - não significativo