

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Instituto de Biologia
Programa de Pós-Graduação em Entomologia



Dissertação

Biologia de *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa armigera* e *Diatraea saccharalis* em sorgo sacarino

Lauren Medina Barcelos

Pelotas, 2016

Lauren Medina Barcelos

Biologia de *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa armigera* e *Diatraea saccharalis*
em sorgo sacarino

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial a obtenção do título de Mestre em Ciências (área de conhecimento: Entomologia).

Orientadora: Dra. Ana Paula Schneid Afonso da Rosa

Coorientadora: Dra. Beatriz Marti Emygdio

Pelotas, 2016

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

B242b Barcelos, Lauren Medina

Biologia de *spodoptera frugiperda*, *helicoverpa armigera* e *diatraea saccharalis* em sorgo sacarino. / Lauren Medina Barcelos ; Ana Paula Schneid Afonso da Rosa, orientador. — Pelotas, 2016.

74 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Biologia. 2. Broca-do-colmo. 3. Índices nutricionais. 4. Lagartas desfolhadoras. I. Rosa, Ana Paula Schneid Afonso da, orient. II. Título.

CDD : 632.6578

Banca examinadora:

Dra. Ana Paula Schneid Afonso da Rosa (Orientadora)
Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.

Dra. Adrise Medeiros Nunes
Doutora em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas.

Dra. Andressa Lima de Brida
Doutora em Agronomia pela Universidade estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Dr. Flávio Roberto Mello Garcia
Doutor em Zoologia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Ao meu amado marido Higor e aos meus pais
Miguel e Luciana, por todo incentivo e amor.

Dedico

Agradecimentos

A Deus por me dar forças e me iluminar para seguir em frente vencendo minhas dificuldades.

À minha família que sempre esteve ao meu lado, me incentivando e acreditando em mim.

Ao meu marido Higor pelo amor, paciência, contribuições técnicas e por ser tão compreensivo sempre disposto a me apoiar e orientar nos diversos problemas encarados durante esse período.

Ao programa de Pós-graduação em Entomologia da Universidade de Pelotas pela oportunidade da realização do curso de mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela concessão da bolsa.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado – Embrapa Clima Temperado, pelo auxílio prestado.

À orientadora Dra. Ana Paula Schneid Afonso da Rosa da Embrapa Clima Temperado pela oportunidade, orientação e apoio para a realização do trabalho e por todos os ensinamentos durante esses 6 anos de convivência e participação da minha jornada acadêmica.

Aos professores da Pós-graduação, pelos ensinamentos durante o curso.

Ao secretário da Pós-graduação, Gustavo, pela prestação dos serviços e ajuda.

À Dra. Marieli Vacari da Universidade Estadual Paulista pela paciência e contribuição para construção desse trabalho.

Ao Ricardo Valgas pela ajuda nas análises estatísticas do trabalho.

Aos colegas e amigos do curso de Pós-graduação em Entomologia, pelo incentivo, companheirismo, dedicação e colaborações prestadas.

Aos estagiários do NUMIP (Núcleo de Manejo Integrado) da Embrapa Clima Temperado Emanoela, Luiza, Fábio, Caroline e Fabrício por toda ajuda e pelos bons momentos que passamos juntos.

São muitas as pessoas na qual contribuíram de alguma forma para construir esse trabalho, e a ajuda de todos foi essencial, meu muito obrigada!

Resumo

BARCELOS-MEDINA, L. **Biologia de *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa armigera* e *Diatraea saccharalis* em sorgo sacarino**. 2016. 74p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Programa de Pós-graduação em Entomologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O sorgo sacarino tem sido motivo de investigação como fonte complementar de matéria-prima para a produção de etanol, principalmente na época de entressafra da cana-de-açúcar, no entanto, tem-se mostrado sensível ao ataque de insetos durante o ciclo de cultivo. Nesse sentido destacam-se as lagartas desfolhadoras e a broca do colmo, pela voracidade e elevado potencial de dano, devido à redução da área fotossintética decorrente da alimentação. Este trabalho teve como objetivo estudar a biologia, estabelecer a tabela de vida, testar a preferência e determinar os índices nutricionais de *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa armigera* e *Diatraea saccharalis* em sorgo sacarino. Para todos os experimentos foram utilizados os cultivares de sorgo sacarino BRS 506, BRS 509 e BRS 511. Foram determinadas a duração e sobrevivência das fases de ovo, lagarta, pré-pupa e pupa, peso de pupas e lagartas, longevidade, fecundidade e período de pré-oviposição. Apesar de *S. frugiperda* ter conseguido completar o ciclo nos cultivares BRS 506 e BRS 511 foi baixa a oviposição e viabilidade dos ovos, sendo que no BRS 509 os insetos não ovipositaram. As lagartas de *H. armigera* quando alimentadas com os cultivares de sorgo tiveram duração inferior a 10 dias com 100% de mortalidade. *D. saccharalis* completou o ciclo biológico em todos os tratamentos, mas quando alimentada com extrato seco de BRS 509 obteve uma taxa líquida de reprodução, capacidade de aumentar em número e razão finita de aumento superior aos demais materiais de sorgo. No teste de preferência alimentar *S. frugiperda* mostrou-se atraída pelos cultivares BRS 506 e 509, a média nos três cultivares para as lagartas de *H. armigera* foi muito baixa, já para lagartas de *D. saccharalis*, houve uma preferência de 37% pelo cultivar BRS 506, esses resultados indicam variação interespecífica. O consumo de alimento por *S. frugiperda* evidenciou que não houve diferença significativa entre os cultivares de sorgo. Os resultados sugerem que sorgo sacarino não é um bom hospedeiro para as espécies *S. frugiperda* e *H. armigera*, já quando

incorporado à dieta artificial demonstra-se favorável ao desenvolvimento de *D. saccharalis*. Baseado nesses dados biológicos recomenda-se para um sistema de produção de grãos os três cultivares de sorgo sacarino, pois havendo ocorrência de *S. frugiperda* e *H. armigera* não haverá uma nova prole, por outro lado não é recomendado esses cultivares quando houver a presença de lagartas de *D. saccharalis*, já que apresentam bom desenvolvimento ao se alimentar com extrato seco de sorgo incorporado a dieta artificial.

Palavras chaves: Broca-do-colmo, Índices nutricionais, Lagartas desfolhadoras

Abstract

Barcelos-Medina, L. **Biology of *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa armigera* and *Diatraea saccharalis* sorghum saccharine** 2016. 74s. Dissertation (Master's) – Post Graduation Program in Entomology. Federal University of Pelotas, Pelotas.

The saccharine sorghum has been reason of investigation as completer font of raw material to the production of ethanol, mainly in the off season time of sugar cane, however, it's showing himself sensible to the attack of insects during the cultivation cycle. In this sense stand out the defoliating caterpillars and stem borer, for the voracity and elevated potential of damage, due to the reduction of photosynthetic due to diet. This study had as objective study the biology and the life board, test the preference and determinate the nutritional index of *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa armigera* e *Diatraea saccharalis* in saccharine sorghum. Were utilized in all the experiments the cultivars of saccharine sorghum BRS 506, BRS 509 e BRS 511. Were determined the length and survival phases of the egg, larvae, pre-pupae, pupae, and pupae and larvae weight, lifetime, fertility and pre-oviposition period. Although *S. frugiperda* achieved to complete the cultivars' cycle BRS 506 and BRS 511 the oviposition and egg viability was low, being that on BRS 509 the bugs hadn't had oviposition. The larvae *H. armigera* feed with the cultivars' sorghum had duration inferior to 10 days with 100% of mortality. *D. saccharalis* completed the biological cycle on all treatments, but when feed with BRS 509's dry extract obtained a liquid tax of reproduction, capacity of increase in number and finite reason of superior increase to the others materials of the sorghum. In the feed preference test *S. frugiperda* proved to be attracted by the BRS 506 and 509's cultivars, the average in the three cultivars for *H. armigera* larvae was very low, otherwise to the *D. saccharalis* larvae, there was a preference of 37% by BRS 506, these results indicate interspecific variation. Food consumption by *S. frugiperda* showed no significant difference between the sorghum cultivars. The results suggests that the saccharine sorghum isn't a good host to the species *S. frugiperda* e *H. armigera*, as when incorporated into artificial diet proves to be favorable to the development of *D. saccharalis*. Based on these biological data

is recommended for a system of grain production the three varieties of sorghum, because if the occurrence of *S. frugiperda* and *H. armigera* there will be a new offspring, on the other hand is not recommended these cultivars when the presence of *D. saccharalis*, since they have good development to feed sorghum dry extract incorporated into artificial diet.

Key Words: Stem borer, Nutritional rates, Defoliating Caterpillars

Lista de Figuras

Figura 1	A) Extrato seco de sorgo sacarino; B) dieta artificial incorporada com extrato seco de sorgo sacarino, Pelotas, RS.....	34
Figura 2	Sobrevivência estimada da duração de lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> em cultivares de sorgo sacarino, Pelotas, RS.....	39
Figura 3	Distribuição de frequência das medidas de cápsulas cefálicas de <i>Spodoptera frugiperda</i> em: (A) sorgo BRS 506, (B) sorgo BRS 509, (C) sorgo BRS 511, Pelotas, RS.....	41
Figura 4	Sobrevivência estimada da duração de pré-pupa de <i>Spodoptera frugiperda</i> em cultivares de sorgo sacarino, Pelotas, RS.....	43
Figura 5	Sobrevivência estimada de pupa de <i>Spodoptera frugiperda</i> em cultivares de sorgo sacarino, Pelotas, RS.....	44
Figura 6	Sobrevivência estimada da duração de adultos de <i>Spodoptera frugiperda</i> em cultivares de sorgo sacarino, Pelotas, RS.....	45
Figura 7	Fertilidade específica (mx) e taxa de sobrevivência (lx) de <i>Spodoptera frugiperda</i> em sorgo sacarino BRS 511, Pelotas, RS.....	46
Figura 8	Lagartas de <i>Helicoverpa armigera</i> mortas, após alimentação em folhas de sorgo sacarino, Pelotas, RS.....	47
Figura 9	Sobrevivência estimada da duração de lagartas de <i>Diatraea saccharalis</i> em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino, Pelotas, RS.....	50
Figura 10	Distribuição de frequência das medidas de cápsulas cefálicas de <i>Diatraea saccharalis</i> em: (A) dieta artificial + extrato seco de BRS 506, (B) dieta artificial + extrato seco de BRS 509, (C) dieta artificial + extrato seco de BRS 511, (D) dieta artificial, Pelotas, RS.....	51

Figura 11	Sobrevivência estimada da duração de pré-pupa de <i>Diatraea saccharalis</i> em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.....	52
Figura 12	Sobrevivência estimada da duração de pupa de <i>Diatraea saccharalis</i> em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.....	54
Figura 13	Sobrevivência estimada da duração de adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.....	56

Lista de tabelas

Tabela 1	Duração e viabilidade da fase de ovo de <i>Spodoptera frugiperda</i> em cultivares de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.....	38
Tabela 2	Duração, viabilidade e peso da fase larval de <i>Spodoptera frugiperda</i> em cultivares de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.....	39
Tabela 3	Número de instares, razão de crescimento (K) e coeficiente de determinação (R^2) para <i>Spodoptera frugiperda</i> em cultivares de sorgo sacarino, Pelotas, RS.....	41
Tabela 4	Duração e viabilidade da fase de pré-pupa de <i>Spodoptera frugiperda</i> em cultivares de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.....	42
Tabela 5	Duração, viabilidade e peso da fase pupal de <i>Spodoptera frugiperda</i> em cultivares de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.....	44
Tabela 6	Duração da fase adulta e razão sexual de <i>Spodoptera frugiperda</i> em cultivares de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.....	45
Tabela 7	Duração larval de <i>Helicoverpa armigera</i> em cultivares de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.....	47
Tabela 8	Duração e viabilidade da fase de ovo de <i>Diatraea saccharalis</i> em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.....	49
Tabela 9	Duração e viabilidade da fase larval de <i>Diatraea saccharalis</i> em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.....	49
Tabela 10	Número de instares, razão de crescimento (K) e coeficiente de determinação (R^2) para <i>Diatraea saccharalis</i> em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino, Pelotas, RS.....	51
Tabela 11	Duração e viabilidade da fase de pré-pupa de <i>Diatraea saccharalis</i> em dieta artificial com adição de extrato seco de	

	sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.....	52
Tabela 12	Duração e viabilidade da fase de pupa de <i>Diatraea saccharalis</i> em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.....	54
Tabela 13	Comparação do peso de pupas de <i>Diatraea saccharalis</i> através da comparação pelo teste Kruskal Wallis, Pelotas, RS.....	55
Tabela 14	Duração da fase de adulto e razão sexual de <i>Diatraea saccharalis</i> em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.....	56
Tabela 15	Duração média de uma geração (T), Taxa líquida de reprodução (R ₀), capacidade inata de aumentar em número (r _m) e razão finita de aumento (λ) de <i>Diatraea saccharalis</i> , em dieta artificial + matéria seca de sorgo sacarino, Pelotas, RS.....	57
Tabela 16	Número médio de lagartas recém-eclodidas ($\pm$ EP) de <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>Helicoverpa armigera</i> e <i>Diatraea saccharalis</i> presentes em folhas de sorgo sacarino, Pelotas, RS.....	58
Tabela 17	Duração da fase larval (T), alimento ingerido (I), fezes produzidas (F), ganho de peso (B), e alimento assimilado (I-F) e metabolizado (M) ($\pm$ EP) de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com sorgo sacarino, Pelotas, RS.....	59
Tabela 18	Taxa de consumo relativo (RCR), taxa metabólica relativa (RMR), razão de crescimento (RGR), digestibilidade aparente (AD), eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI), eficiência de conversão do alimento digerido (ECD), custo metabólico (100-ECD) de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com sorgo sacarino, Pelotas, RS.....	61
Tabela 19	Matéria Seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e matéria mineral (MM) de sorgo sacarino, Pelotas, RS.....	61

Sumário

1	Introdução.....	17
2	Revisão de Literatura.....	20
2.1	Cultura do Sorgo.....	20
2.2	Aspectos biológicos de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae).....	22
2.3	Aspectos biológicos de <i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae).....	24
2.4	Aspectos biológicos de <i>Diatraea saccharalis</i> (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae).....	26
2.5	Preferência alimentar.....	28
3	Material e Métodos.....	32
3.1	Estudo da biologia em laboratório de <i>Spodoptera frugiperda</i> e <i>Helicoverpa armigera</i> nos cultivares de sorgo BRS 506, BRS 509 e BRS 511.....	32
3.2	Estudo da biologia em laboratório de <i>Diatraea saccharalis</i> em dieta artificial incorporadas com extrato seco dos cultivares de sorgo BRS 506, BRS 509 e BRS 511.....	33
3.3	Elaboração da tabela de vida de fertilidade de <i>S. frugiperda</i> , <i>H.</i> <i>armigera</i> e <i>D. saccharalis</i>	34
3.4	Teste com chance de escolha para <i>S. frugiperda</i> , <i>H. armigera</i> e <i>D. saccharalis</i>	34
3.5	Estudo de consumo e utilização do alimento por <i>S. frugiperda</i> nos cultivares BRS 506, BRS 509, BRS 511.....	35
4	Resultados e discussão.....	37
4.1	Parâmetros biológicos de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com folhas de sorgo sacarino.....	37
4.1.1	Fase de ovo.....	37
4.1.2	Fase larval.....	38
4.1.3	Fase de pré-pupa.....	42
4.1.4	Fase de pupa.....	43
4.1.5	Fase de adulto.....	44
4.1.6	Tabela de vida.....	45

4.2	Parâmetros biológicos para <i>Helicoverpa armigera</i> alimentadas com folhas de sorgo sacarino.....	47
4.3	Parâmetros biológicos para <i>Diatraea saccharalis</i> alimentadas com dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino.....	49
4.3.1	Fase de ovo.....	49
4.3.2	Fase larval.....	49
4.3.3	Fase de pré-pupa.....	52
4.3.4	Fase de pupa.....	53
4.3.5	Fase de adulto.....	55
4.3.6	Tabela de vida.....	56
4.4	Preferência alimentar de lagartas de <i>S. frugiperda</i> , <i>H. armigera</i> e <i>D. saccharalis</i> em teste com chance de escolha.....	57
4.5	Estudo de consumo e utilização do alimento por <i>S. frugiperda</i> nos cultivares de sorgo BRS 506, BRS 509 e BRS 511.....	59
5	Considerações Finais.....	62
6	Referencias Bibliográficas.....	63

1. Introdução

O tema mudanças climáticas tornou-se recorrente no cotidiano da humanidade. No terceiro relatório de avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) de 2001 foi concluído que a temperatura média da atmosfera tem aumentado em $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ durante o século XX. Os modelos globais do IPCC têm mostrado que entre 1900 e 2100 a temperatura global pode aquecer entre $1,4$ e $5,8^{\circ}\text{C}$, o que representa um aquecimento mais rápido do que aquele detectado no século XX (MARENGO, 2006).

Segundo Oliveira (2008) existem diversas indicações do aumento da temperatura por consequências das atividades humanas, sendo estas que envolvem queima de combustíveis fósseis que por sua vez emitem gases de efeito estufa.

Devido à preocupação com o efeito estufa, diversos países iniciaram a busca por alternativas através de biocombustíveis, produzidos a partir de fontes renováveis de energia, deste modo o uso da bioenergia está em constante crescimento e têm sido dada prioridade a políticas que favoreçam a produção e utilização de biocombustíveis, sendo o etanol o principal (REDDY et al., 2007; MOREIRA, 2010).

O Brasil é um dos primeiros países a utilizar combustíveis renováveis, sendo considerado referência mundial pela produção de etanol a partir da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), decorrente da criação do Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool) em 1975, cujo objetivo era a redução da dependência nacional em relação ao petróleo importado. Consequentemente, o interesse por matérias-primas alternativas teve um aumento significativo, diante do aumento da procura por esse combustível (KOHLHEPP, 2010).

Em razão da escassez e alta dos preços dos combustíveis fósseis e da poluição por eles causada, o etanol é considerado uma alternativa para redução de problemas energéticos e com o meio ambiente. Comparado aos combustíveis fósseis, o etanol apresenta a vantagem de ser uma fonte

renovável de energia, e de contribuir para a redução das emissões de dióxido de carbono (PACHECO, 2011).

No atual cenário da agricultura brasileira, a produção de bioenergia, numa perspectiva de sustentabilidade, passa, obrigatoriamente pela diversificação de matérias-primas. O Brasil, além de concentrar amplo número de pequenos, médios e grandes produtores, apresenta uma diversidade de clima que permitem, ao explorar o potencial de culturas renováveis e com aptidão regional, promover a descentralização da produção de etanol (BARCELOS, 2013).

A cana-de-açúcar é uma das culturas capazes de suprir parte dessa demanda por etanol. Contudo, considerando sua magnitude, apostar no monocultivo da cana-de-açúcar e na centralização da produção em alguns Estados, não é uma boa estratégia, pois a cana apresenta exigências edafoclimáticas que restringem seu cultivo em diversas regiões do país (EMYGDIO, 2010).

Com isso, uma das alternativas mais promissoras para utilização das diversas matérias-primas renováveis para produção de etanol é o sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], o qual se assemelha muito com a cana-de-açúcar por apresentar colmo doce e succulento, podendo ser utilizado para o cultivo em regiões em que a cana-de-açúcar não se adapta bem, plantado em rotação com outros cultivos anuais e potencialmente semeado em áreas não cultivadas. Naquelas em que a cana tem adaptação, é uma cultura complementar na entressafra, estendendo o período de colheita por mais quatro meses, apresentando assim algumas vantagens sobre a cana-de-açúcar. Destaca-se por ser uma cultura totalmente mecanizável, desde o plantio até a colheita; produção de grãos em torno de $2,5 \text{ t ha}^{-1}$, que podem ser utilizados para alimentação humana, animal ou para a produção de biocombustível; utilização do bagaço como fonte de energia para industrialização, cogeração de eletricidade ou forragem para animais, contribuindo para um balanço energético favorável, tendo como primeira estratégia, seu cultivo nas áreas de renovação, visando antecipar o período de

moagem em cerca de 45 dias (TEIXEIRA et al., 1997; EMYGDIO, 2010; PARRELLA et al., 2011).

Em meio aos fatores bióticos, os insetos praga possuem acentuada relevância, pois atacam a cultura desde a semeadura até a colheita. Os danos implicam principalmente na diminuição do estande, vigor da planta e sistema radicular, cooperando para o maior acamamento e redução drástica do índice de colheita. São diversas pragas que atacam a cultura do sorgo sacarino, porem na parte vegetativa uma das espécies mais nocivas é a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). As lagartas alimentam-se de folhas novas que por sua vez são danificadas dentro do cartucho e, quando se expandem, apresentam lesões simétricas nos dois lados do limbo foliar. Nos dois últimos instares, as lagartas provocam os maiores danos, pois consomem grande quantidade de folhas (MAY et al., 2012; MENDES et al., 2012).

Recentemente, foi diagnosticada no Brasil a espécie *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae), que assemelha-se muito morfológicamente com a espécie *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae), porém, com algumas características adaptativas que a colocam numa situação de praga com grande potencial para causar prejuízos econômicos ao agronegócio brasileiro, pois as lagartas alimentam-se de várias culturas de importância econômica, tais como algodão, soja, milho, tomate, feijão, sorgo, milheto, guandu, trigo e crotalária, bem como em algumas espécies de plantas daninhas (ÁVILA et al., 2013; CZEPAK et al., 2013).

Já os insetos que atacam o colmo, destaca-se a broca-da-cana *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) que é uma praga importante nas culturas da cana-de-açúcar, do milho, arroz e sorgo. Após a eclosão, as lagartas raspam o limbo foliar e dirigem-se internamente para a base da bainha das folhas, por onde penetram no colmo e, ao se alimentarem, formam galerias, provocando danos diretos decorrentes do consumo dos tecidos da planta, e indiretos que estão relacionados com a entrada de microrganismos oportunistas (MAY et al., 2012; MENDES et al., 2012).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estudar a biologia, estabelecer a tabela de vida, testar a preferência alimentar e determinar os índices nutricionais de *S. frugiperda*, *H. armigera* e *D. saccharalis* em sorgo sacarino.

2. Revisão de Literatura

2.1 Cultura do Sorgo

O sorgo é uma gramínea anual que tem origem na África e parte da Ásia. Embora seja uma cultura muito antiga, desenvolveu-se somente em outros continentes no século passado, sendo as primeiras introduções feitas por escravos africanos (RIBAS, 2003).

Os Estados Unidos atualmente é o maior produtor mundial de grãos de sorgo, sendo esse, considerado o quinto cereal mais produzido no mundo, depois do milho, trigo, arroz e cevada (CONAB, 2015).

É uma planta C4, de dias curtos e com altas taxas fotossintéticas, é tolerante à seca e pode produzir entre 40-70t ha⁻¹ de biomassa com Brix (sólidos solúveis totais) variando de 16 até 23% (ALMODARES; HADI, 2009). A capacidade da planta de sorgo de adaptar-se a uma ampla gama de ambientes, principalmente, sob condições de deficiência hídrica, desfavoráveis à maioria de outros cereais, cultivado em ampla faixa de condições de solo, fez com que se tornasse uma cultura popular em muitas partes do mundo (WILLIAMS et al., 1999; PRASAD et al., 2007).

No Brasil, sua expansão iniciou na década de 70, e o Rio Grande do Sul (RS) tornou-se o maior produtor de grãos de sorgo do país, tendo área cultivada de 20 a 25 mil hectares de sorgo no município de Bagé. Contudo o RS apesar de ser um estado ainda produtor e consumidor do grão de sorgo, hoje o Centro Oeste é o líder de produção da cultura (RIBAS, 2003). Segundo os dados da CONAB (2015) a produtividade de sorgo no Brasil foi de 2.718 kg ha⁻¹ de grãos, com produção crescendo a cada ano.

Segundo Ribas (2003) o sorgo é classificado em termos agronômicos em quatro grupos:

- Granífero: sorgo de porte baixo, com grande produção de grãos e adaptado à colheita mecanizada;
- Forrageiro: sorgo de alta estatura, com grande produção de matéria verde, sendo utilizado principalmente para pastejo, corte verde, fenação e cobertura morta;
- Vassoura: sorgo de elevada estatura podendo atingir três metros, cuja panícula é utilizada para a confecção de vassouras, através da palha;
- Sacarino: sorgo de alta estatura, com colmos doces e produção mínima de grãos, mais voltado para a produção de etanol e açúcares.

O sorgo sacarino é uma espécie agrícola rústica, de porte alto, caracterizado, especialmente, por apresentar colmo doce e succulento como o da cana-de-açúcar. Seu cultivo é recomendado em áreas tropicais, subtropicais e temperadas. Possui ampla adaptabilidade, tolerância a estresses abióticos e pode ser cultivado em diferentes tipos de solos. Trata-se de uma espécie de ciclo rápido (quatro meses), cultura totalmente mecanizável, alta produtividade de biomassa verde, com altos rendimentos de etanol, bagaço utilizável como fonte de energia. Essas características colocam o sorgo sacarino como uma excelente matéria prima para produção de etanol (DURÃES, 2011).

O cultivar de sorgo sacarino BRS 506 é de grande versatilidade, resistência a estiagens, alta qualidade de forragem e alto potencial de produção de massa verde. Apresenta uma excelente produção de biomassa e de silagem de alta qualidade, com baixo custo de produção, além de apresentar insensibilidade ao fotoperiodismo. Apresenta porte alto, ciclo de 120 a 130 dias, colmo com alto teor de açúcares, boa produção de grãos e de silagem com alto padrão fermentativo. Recomenda-se essa cultivar para as regiões Sul, Sudeste, Nordeste e Centro Oeste (Embrapa, 2012a).

O sorgo sacarino BRS 509 é uma cultivar que apresenta estabilidade de produção e altos teores de açúcares fermentescíveis no caldo (média de 18° Brix), com ótimo padrão de fermentação, associados ao baixo custo de produção e alto potencial de produção de colmos (média de 60 t ha⁻¹). Apresenta porte alto (em torno de três metros), ciclo de 100 a 120 dias (ponto ideal para extração de caldo para a produção de etanol) é resistente ao acamamento e a alta sanidade foliar (PARELLA et al., 2011).

O cultivar BRS 511 apresenta também alto potencial de produção de colmos, podendo alcançar produtividades de 80 t ha⁻¹, associado a altos teores de açúcares fermentáveis no caldo (18° a 22° Brix), com ótimo padrão de fermentação. É recomendada para semeadura nas principais regiões que cultivam cana-de-açúcar (Sudeste, Centro-Oeste e Sul), com característica de resistência ao acamamento, podendo chegar a três metros de altura. Reúne as principais características buscadas para a produção de etanol e surge como uma das ótimas opções para a indústria sucroalcooleira (Embrapa, 2012b).

Contudo, o sorgo sacarino tem-se mostrado muito sensível ao ataque de insetos-pragas durante o ciclo de cultivo. Como a parte de interesse econômico da planta é o colmo para extração do caldo, as espécies-praga que atacam o sorgo durante sua instalação e seu desenvolvimento vegetativo têm ameaçado o sucesso dessa cultura, nesse sentido destacam-se as lagartas desfolhadoras e a broca do colmo, pela voracidade e elevado potencial de dano, devido à redução da área fotossintética decorrente da alimentação (MAY, 2013).

2.2 Aspectos biológicos de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)

Conhecida popularmente como lagarta-do-cartucho esse inseto é originário das zonas tropicais abrangendo todo o continente americano. No Brasil possui ampla distribuição geográfica, ocorre em todas as regiões produtoras por possuir hábito polífago e alta capacidade de dispersão (SARMENTO et al., 2002).

A metamorfose de *S. frugiperda* é completa, inicialmente os ovos são de coloração verde clara, colocados em massa cobertos por uma camada de escamas deixadas pelas fêmeas (CRUZ, 1995).

As lagartas ao eclodirem são esbranquiçadas, porem durante seu crescimento mudam a coloração, após iniciarem a alimentação são esverdeadas e medem aproximadamente 1,90 mm de comprimento. No último ínstar as larvas têm corpo cilíndrico, são marrom-acinzentadas no dorso, esverdeadas na parte ventral e subventral, com manchas de coloração marrom-avermelhada na região subventral, medindo aproximadamente 35 mm e com o Y invertido na parte frontal da cabeça. Ao alimentarem-se as lagartas recém eclodidas causam o sintoma de “folhas raspadas” (CRUZ, 1995; PRAÇA et al., 2006).

A lagarta passa por um período de pré-pupa no solo antes de pupar, que pode durar de um a cinco dias, em seguida após sua formação, a pupa é de coloração verde-clara, sendo transparente o integumento com as vísceras visíveis. Dentro de poucos minutos a pupa torna-se alaranjada ficando, marrom-avermelhada e tornando-se progressivamente mais escura, até ficar praticamente preta próximo a emergência (CRUZ, 1995). Butt; Cantu (1962) descrevem os caracteres morfológicos nos urômeros genitais (VIII e IX) para caracterizar as diferenças sexuais entre macho e fêmea.

O adulto é uma mariposa que mede, em média, 35 mm de envergadura. Ocorre dimorfismo sexual, sendo que as asas anteriores dos machos possuem manchas mais claras, diferenciando-os totalmente das fêmeas. As asas posteriores de ambos os sexos são de coloração clara, circuladas por linhas marrons. A cópula ocorre à noite e cada mariposa pode colocar mais de 2.000 ovos (PINTO et al., 2004).

Apresenta ampla distribuição no Brasil, ocorrendo em praticamente todos os Estados, é considerada praga-chave do milho (*Zea mays* L.) e sorgo (METCALF; FLINT, 1965; PORTILLO et al., 1998), tornando-se uma das mais nocivas pragas em lavouras de sorgo sacarino no Brasil, com perdas de 20% (CORTEZ; WAQUIL, 1997; MAY et al., 2013).

Segundo Silva et al. (2002) no Sul do Brasil *S. frugiperda* utiliza uma sequência extensa de plantas hospedeiras para alimentação e reprodução. A presença do alimento adequado com a alta umidade do ar e do solo, na estação do verão, pode determinar o desenvolvimento de altas densidades populacionais da lagarta em áreas cultivadas com soja (*Glycine max* L.), milho, sorgo, milheto (*Pennisetum americanum* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), arroz (*Oryza spp.*) e cana-de-açúcar.

As lagartas raspam o limbo foliar e direcionam-se para o cartucho da planta. As folhas novas são danificadas ainda dentro do cartucho e, quando se abrem, apresentam lesões simétricas nos dois lados do limbo foliar. É nos dois últimos instares que as lagartas provocam os maiores danos, pois alimentam-se de grande quantidade de folhas (MAY, 2013).

2.3 Aspectos biológicos de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae)

De acordo com Hardwick (1965) o complexo de espécies do Novo e do Velho Mundo pertencentes a ordem Lepidoptera, família Noctuidae e subfamília Heliiothiinae, são referidas como apenas uma única espécie do gênero *Heliothis* (tanto *H. armigera* quanto *Helicoverpa obsoleta*), no entanto, trata-se de um complexo de espécies. Também foi proposto que *Helicoverpa zea* e *H. armigera* eram espécies distintas, com base em diferenças nos órgãos genitais e que ambas as espécies pertenciam ao gênero *Helicoverpa*, abrangendo ao todo, 17 espécies.

As espécies *H. zea* e *H. armigera* possuem caracteres morfológicos muito semelhantes, por isso não podem ser identificados de forma confiável sem a dissecação do adulto e as lagartas apenas com análise de DNA (POGUE, 2004).

Conhecida popularmente como a lagarta-do-algodão *H. armigera* tem ampla distribuição, sendo considerada uma praga importante em toda a África, Austrália, Europa, Ásia e Oceania (ZALUCKI et al., 1986; AGUSTI et al., 1999).

No continente americano essa praga não havia sido registrada até 2013, sendo considerada praga quarentenária A1 no Brasil, quando sua ocorrência foi detectada em alguns estados brasileiros (CZEPAK et al., 2013). Esse inseto além de estar estabelecido no Brasil, também já se encontra na Argentina, onde o primeiro registro feito por Murúa (2014) e, recentemente, em junho de 2015 foi confirmado a presença de adultos no estado da Flórida (EUA) (ELLISSY, 2015), evidenciando o potencial migratório da espécie.

Os adultos de *H. armigera* possuem hábito crepuscular realizando a maioria da sua atividade à noite, permanecendo em repouso durante o dia, é uma espécie polífaga, de alta mobilidade e alta fecundidade, diapausa facultativa e adaptação às mudanças sazonais (FITT, 1989).

Por ser uma migrante facultativa, *H. armigera* responde a estímulos ambientais no local de emergência, podendo migrar a uma distância de até 1.000 km, quando as condições locais não estão favoráveis. É possível ter várias gerações ao longo do ano, uma vez que o ciclo de ovo a adulto pode ser completado dentro de quatro a cinco semanas (PEDGLEY, 1985; FITT, 1989;).

Os ovos são de coloração branco-amarelada, tornando-se marrom-escuro próximo do momento de eclosão da lagarta. A porção apical do ovo é lisa, porém o restante da sua superfície é esculpida em forma de nervuras longitudinais (ÁVILA et al., 2013).

As lagartas possuem uma diversidade de cores, o primeiro e segundo estágios larvais são geralmente branco-amarelada a marrom-avermelhada. A partir do quarto instar, as lagartas apresentam, no primeiro segmento abdominal, o formato de “sela”, devido à presença de tubérculos abdominais. Uma outra característica peculiar de *H. armigera* é a presença de tegumento coriáceo, diferente de outras espécies de Heliothinae no Brasil. Ao sentir-se ameaçada a lagarta encurva a cápsula cefálica em direção ventral, onde localiza-se o primeiro par de falsas pernas (CZEPAK et al., 2013).

O desenvolvimento pupal ocorre no solo e, dependendo dos fatores abióticos, pode entrar em diapausa. A coloração da pupa é marrom, tendo duração de 10 a 14 dias (ALI; CHOUDHURY, 2009; CZEPAK et al., 2013).

O adulto é uma mariposa que apresenta dimorfismo sexual, o primeiro par de asas nos machos é de cor cinza esverdeado e nas fêmeas alaranjadas. As asas posteriores de ambos são mais claras, apresentando, na extremidade apical, uma borda marrom e nas asas anteriores existe uma linha de sete a oito manchas enegrecidas (EPPO, 1981; ALI; CHOUDHURY, 2009).

A gama de hospedeiros da lagarta-do-algodão é muito ampla. Além do algodão, ocorre em culturas agrícolas importantes como o milho, grão de bico (*Cicer arietinum*), sorgo, girassol (*Helianthus annuus*), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), soja e amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (FITT, 1989, CZEPAK et al., 2013, SPECHT et al., 2013).

Lammers; Macleod (2007) apontam que os danos causados pela *H. armigera* nas diversas culturas que ataca chega anualmente a 5 bilhões de dólares. As lagartas além de se alimentarem do fruto, causam perfurações visíveis e alimentam-se de sementes em desenvolvimento.

Na Europa, países como Espanha e Portugal sofrem com o prejuízo ocasionado pela lagarta-do-tomate, nome popular dado a *H. armigera* nessas regiões, sendo considerada espécie devastadora nos cultivos de tomate para a indústria (ARNÓ et al., 1999; PINÓIA, 2012).

Por ser uma espécie recente, estudos sobre biologia e comportamento são essenciais para definição de estratégias de manejo.

2.4 Aspectos biológicos de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae)

D. saccharalis é a espécie do gênero *Diatraea* mais amplamente distribuída, ocorrendo desde o sul dos EUA até o norte da Argentina (BOX, 1931). Segundo Cruz (2007) a broca da cana-de-açúcar é considerada uma

praga polífaga, no entanto, suas principais plantas hospedeiras são cana-de-açúcar, arroz, sorgo sacarino, milho, entre outras poáceas (INGRAN; BYNUM, 1941).

Sendo assim, a broca da cana-de-açúcar é considerada um inseto de importância econômica na sua fase larval, pois as lagartas perfuram os colmos abrindo galerias, causando prejuízos diretos e indiretos. Os danos diretos são decorrentes da alimentação do inseto nos tecidos da planta e se caracterizam por abertura de galerias, falhas na germinação, morte da gema apical, tombamento dos colmos, encurtamento do entrenó, perda de peso, enraizamento aéreo e germinação das gemas laterais. E os danos indiretos ocorrem através da entrada de microrganismos oportunistas, principalmente fungos *Fusarium moniliforme* Sheldon, 1904 e *Colletotrichum falcatum* Went, 1893 responsáveis pela podridão vermelha, que gera perdas industriais, provocando a inversão da sacarose e diminuição da pureza do caldo levando a um menor rendimento de açúcar e contaminações da fermentação alcoólica com menor rendimento do álcool (PINTO et al., 2006).

Nakano (2002) observou que de quatro a nove dias a partir postura, as lagartas recém eclodidas, começam a se alimentar do parênquima das folhas, após direcionam-se até o colmo, perfurando-o na região dorsal. No interior do colmo cavam galerias permanecendo até o estágio adulto. Após cerca de 40 dias, as lagartas com 22 a 25 mm, abrem um orifício, fechando-o com fios de seda e serragem. Após a fase de pupa, transforma-se em mariposa, saindo pelo orifício aberto e atingem novas plantas (SANDOVAL; SENÔ, 2010).

O ciclo de vida da *D. saccharalis* apresenta desenvolvimento holometabólico. Os ovos são de coloração esbranquiçada, tornando-se laranjas com pontos marrons que é quando as cápsulas cefálicas dos embriões dentro dos ovos tornam-se visíveis, possuem forma oval assemelhando-se a escamas de peixe, tendo um período embrionário que varia de quatro a 12 dias, de acordo com a temperatura do ambiente (CRUZ, 2007).

As lagartas apresentam cor esbranquiçada, com pontuações pelo dorso e cápsula cefálica larga e marrom. Possuem três pares de pernas torácicas,

quatro pares de falsas pernas abdominais e um par de falsas pernas anais, alcançando um tamanho máximo de 30 mm. O tempo de desenvolvimento larval requer 25 a 30 dias durante o verão e 30 a 35 dias em épocas mais amenas (BOTELHO; MACEDO, 2002).

A fase de pupa tem período variável de 9 a 14 dias até a emergência do adulto. A pupa é obtecta, e os apêndices corporais estão fortemente ligados ao corpo, podendo ser distinguidos. Nas pupas, as asas podem ser vistas na região mesoventral, encontram-se abertas e alcança o quarto segmento abdominal; o poro genital está na parte terminal do abdome, que, quando observada sob microscópio estereoscópico, permite a diferenciação sexual. As pupas recém-formadas são brancas e em poucas horas tornam-se marrons. As que originarão fêmeas são maiores e mais pesadas que as que originarão machos (BOTELHO; MACEDO, 2002).

O adulto é uma mariposa com cor de palha e envergadura de 25 mm. A asa anterior possui numerosas linhas estreitas de coloração marrom, que se estendem ao longo da mesma. A asa posterior da fêmea é mais clara do que a do macho. As pernas são curtas, com tarsos pentâmeros e fêmur longo, com dois esporos nas tíbias dos dois primeiros pares de pernas e quatro no último, o segundo par de pernas é mais longo que os demais. Nessa fase são noturnos, permanecendo escondidos durante as horas de luz do dia. A oviposição começa ao entardecer e continua ao longo da noite. As fêmeas podem depositar ovos por até quatro dias, mas comumente menos. A duração da fase de adulto é entre três e oito dias (CRUZ, 2007).

2.5 Preferência alimentar

Dentre os fatores abióticos que influenciam o desenvolvimento dos insetos, o alimento é extremamente importante, afetando diretamente na distribuição, abundância e nos seus parâmetros biológicos, como: fecundidade, longevidade, velocidade de desenvolvimento e comportamento (SILVEIRA NETO et al. 1976).

Portanto muitos aspectos da biologia, incluindo ecologia, comportamento e fisiologia estão envolvidos dentro do contexto alimentar. Além da nutrição quantitativa (quantidade de alimento), a nutrição qualitativa (nutrientes exigidos do ponto de vista químico) a presença de compostos secundários (aleloquímicos) causam impacto variável na biologia dos insetos (PARRA, 1991).

A nutrição quantitativa consiste na avaliação das quantidades de alimento consumido, digerido, assimilado, excretado, metabolizado e convertido em tecidos de crescimento. A análise desses parâmetros mostra como um organismo responde diante a um determinado tipo de alimento, os índices nutricionais como digestibilidade aparente (DA) a eficiência de conversão de alimento digerido (ECD), a eficiência de conversão de alimento ingerido (ECI) e principalmente o custo metabólico são altamente variáveis em função da qualidade nutricional do hospedeiro (PARRA et al., 2009) .

A qualidade do alimento influencia, principalmente, no ciclo biológico dos insetos, devido a sua composição em carboidratos, proteínas e vitaminas. Desse modo a nutrição qualitativa está interligada com a longevidade e velocidade de desenvolvimento (SILVEIRA NETO et al. 1976).

Waloff (1948) observou a duração do desenvolvimento de *Ephestia elutella* (Lepidoptera: Pyralidae) criada em diferentes dietas a 25° e 70% de U. R., e verificou que a duração variou de 42 a 137 dias em função do alimento consumido, já no trabalho de Andrewartha (1935) com *Trips imaginis* Bagnall (Thysanoptera: Thripidae), avaliando a influencia do alimento (com e sem pólen) na fecundidade do adulto a 23°C, constatou maior número de ovos por postura quando os insetos ingeriram alimento acrescido de pólen. Esses trabalhos evidenciam quanto um alimento pode influenciar no desenvolvimento dos insetos.

A dieta ingerida por um inseto pode influenciar seu estado interno, refletindo no seu comportamento. As substâncias químicas necessárias para a efetivação das funções biológicas dos insetos vêm do alimento consumido por eles (TAUBER; TAUBER, 1974).

No entanto, alimentar-se de uma dieta natural para insetos filófagos, que é o caso das lagartas de lepidóptera é um desafio, pois as plantas ao longo dos anos desenvolveram defesas, no nível comportamental, que podem repelir um inseto ou inibir a alimentação ou oviposição. Uma ampla gama de estudos tem demonstrado que as plantas podem responder a sinais que indicam futuros herbívoros. Hilker; Fatouros (2014) discutem em seu trabalho a capacidade das plantas ao reconhecer os ovos de insetos como sinais de alerta, relatam que as posturas indicam uma futura alimentação larval e danos na planta, e que ao identificar essa ameaça às plantas desencadeiam mudanças para prejudicar diretamente o desempenho larval, ou atrair os inimigos naturais de lagartas. No nível fisiológico, podem envenenar um inseto ou reduzir o conteúdo nutricional de seu alimento, a estrutura das folhas também tem impacto direto no comportamento das larvas (GULLAN; CRANSTON, 2012).

Parra (1991) descreve que quando uma dieta é inadequada seja ela por fator qualitativo ou quantitativo os insetos demonstram comportamento de compensação: a) ingerem mais alimento; b) absorvem e utilizam o que é ingerido com mais eficiência; e c) selecionam alternativamente fontes de nutrientes.

Sendo assim, é de suma importância o estudo de consumo e utilização do alimento, pois constituem condição básica para o crescimento, desenvolvimento e a reprodução de insetos, uma vez que a quantidade e qualidade do alimento utilizada na fase larval afeta a atividade dos adultos (SCRIBER; SLANSKY, 1981, PARRA, 1991).

Uma das maiores dificuldades no comportamento animal é como funciona a seleção hospedeiras pelos insetos (SCHOONHOVEN, 1996). Esta preferência envolve uma serie de fatores como: características físicas e conteúdos nutricionais variados de diferentes espécies de plantas utilizadas pelos insetos que podem influenciar na sobrevivência, no crescimento, no tempo de desenvolvimento, na reprodução e no comportamento de escolha (SINGER, 1986).

O contato com diversos hospedeiros pode resultar em variações de preferência pelo inseto. Testes com chance de escolha ajudam na

compreensão do comportamento de insetos na seleção hospedeira, portanto estudos sobre preferência alimentar de *S. frugiperda*, *H. armigera* e *D. saccharalis* têm sido realizado em vários hospedeiros (THANEE, 1987; BOTTON et al., 1998; BUSATO et al., 2002; CAMPOS et al., 2012, LOPES, 2014), no entanto, até o momento não existem estudos sobre a preferência destes insetos em sorgo sacarino, o que resulta em uma lacuna de informações.

A preferência alimentar de *S. frugiperda* foi avaliada em testes com chance de escolha por Botton et al. (1998) que constataram uma maior preferência das lagartas por plantas de capim arroz (*Echinochloa crus-galli* L.), independente do ínstar em que foram expostas ao alimento, esse resultado explica porque após o controle de plantas daninhas com herbicidas intensifica-se o ataque do inseto às plantas de arroz, pois os insetos presentes nessa plantas migram para a cultura do arroz, que também é hospedeira, no entanto, não preferencial, mas que permite o desenvolvimento do inseto

Busato (2004) quando estudou a preferência e consumo de dois biótipos da lagarta-do-cartucho em folhas de milho e arroz irrigado constatou que, independentemente do biótipo, folhas de milho foram preferidas, o autor julga que esse resultado deve-se ao fato das folhas possuírem elevados teores de aminoácidos, tanto essenciais quanto não essenciais, que são estimulantes para alimentação das lagartas.

A preferência alimentar de lagartas de *H. armigera* foi estudada por Truzzi et al. (2015) em genótipos de girassol, em testes com chance de escolha, e pelos resultados obtidos, observou-se que as lagartas preferiram se alimentar de folhas do genótipo SYN 042, enquanto que, o menor número de lagartas foi encontrado se alimentando do genótipo V60486, evidenciando que os materiais apresentam constituintes essenciais que afetam a preferência do inseto para a alimentação.

Castro et al. (2004) ao estudarem a preferência do alimento para *D. saccharalis* observaram que a sobrevivência da lagarta diminuiu significativamente para 16% depois de 96h de exposição ao alimento, a sobrevivência da broca-do-colmo alimentada com tecido foliar de milho pode

ter sido afetada pelo híbrido utilizado e tempo de avaliação, além da interação desses dois fatores.

Lopes (2014) estudando a preferência alimentar de *D. saccharalis* em cultivares de milho convencionais e transgênicos, separadamente, indicaram que lagartas com 15 dias de idade consomem igualmente cultivares convencionais, em testes com e sem chance de escolha, vale ressaltar que lagartas mais velhas são menos seletivas, apresentando um consumo indiscriminado das partes vegetais comparando-as com lagartas mais jovens que são mais seletivas (PARRA et al., 2009).

3. Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos no Núcleo de Manejo Integrado de Pragas (NUMIP) da Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas, localizado no município do Capão do Leão/RS, no período de abril/2014 a fevereiro/2016.

3.1 Estudo da biologia em laboratório de *Spodoptera frugiperda* e *Helicoverpa armigera* nos cultivares de sorgo BRS 506, BRS 509 e BRS 511

Os cultivares de sorgo foram semeados em casa-de-vegetação, em baldes com capacidade de 20L, sendo o manejo da cultura realizado de acordo com as recomendações técnicas da cultura (REUNIÃO, 2013). Foram utilizados três cultivares de sorgo sacarino BRS 506, BRS 509, BRS 511. Para cada cultivar, foram individualizadas 130 lagartas recém-eclodidas de cada espécie em tubos de vidro, contendo pedaços de folhas de sorgo (12 cm²) no estágio fenológico V4. Os tubos foram tamponados com algodão hidrófugo e mantidos em câmara climatizada à temperatura de 25±1°C, UR de 70±10% e fotofase/14h. As lagartas foram alimentadas com folhas de sorgo até a fase de pré-pupa. Para determinação do número de instares diariamente foram medidas a largura da cápsula cefálica por meio de ocular micrométrica acoplada ao microscópio estereoscópico.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os parâmetros biológicos utilizados nas avaliações dos estudos foram:

- fase de ovo: período de incubação e viabilidade;
- fase larval: duração, viabilidade e peso (14º dia);
- fase de pré-pupa: duração, viabilidade;
- fase de pupa: duração, peso com 24h de idade, viabilidade, deformações e razão sexual calculada pela fórmula ($RS = \frac{\text{número de fêmeas}}{\text{número de fêmeas} + \text{número de machos}}$), as pupas foram sexadas de acordo com a técnica de Butt; Cantu (1962);
- fase adulta: período de pré-oviposição, oviposição e fecundidade (número de ovos por fêmea e número de ovos por fêmea por dia) e longevidade.

Os dados dos parâmetros biológicos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Genes (CRUZ, 2010).

Para análise dos dados de duração das fases foi feita a comparação entre os dados temporais. As variáveis relacionadas com o tempo foram feitas através da Análise de Sobrevivência que é um método estatístico usado para análise de dados de sobrevivência derivados de estudos de laboratórios (LEE, 1992).

3.2 Estudo da biologia em laboratório de *Diatraea saccharalis* em dieta artificial incorporadas com extrato seco dos cultivares de sorgo BRS 506, BRS 509 e BRS 511

Utilizou-se a dieta de Hensley; Hammond (1968), composta pelos seguintes ingredientes: 15g de gérmen de trigo (Walmon Lote: 18112014), 54g de proteína de soja (Walmon Lote: 13102014), 52,5g de açúcar (união), 7,5g de Sais de Wesson (Walmon), 1,9g de ácido ascórbico (Synth), 0,40g de cloreto de colina puro (Walmon Lote: 232), 0,40g de Vita Gold (Tortuga), 3g de nipagin (metilparahidroxibenzoato) (Anastácio), 0,13g de tetraciclina (Medquímica), 11,3 mL de solução vitamínica (Rezenflex), 0,75mL de formaldeído (Synth), 11,3g de ágar (Dinâmica) e 900 mL água, com a inclusão de folhas e colmos

triturados de acordo com metodologia descrita por Bortoli et al. (1989) (Figura 1).

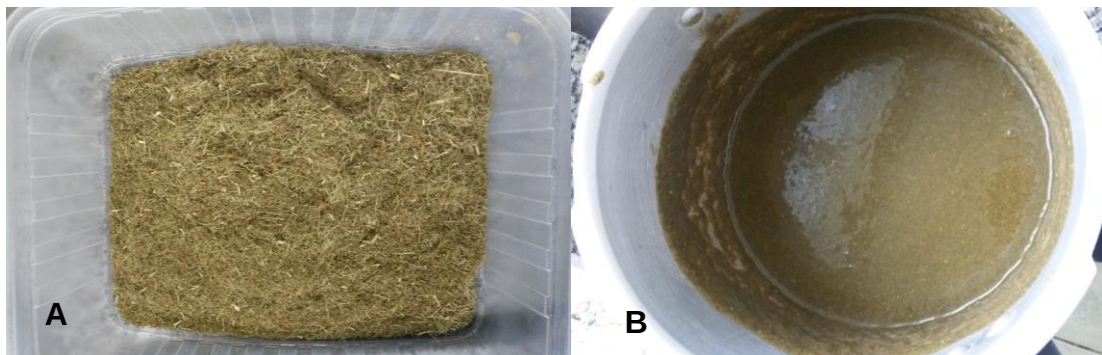


Figura 1. A) Extrato seco de sorgo sacarino; B) dieta artificial incorporada com extrato seco de sorgo sacarino, Pelotas, RS.

Tubos de vidro (8,5 cm x 2,5 cm) foram preenchidos com 1/3 de dieta preparada de acordo com a metodologia proposta por Parra (1999). Para a testemunha (dieta sem adição de extrato seco) os tubos foram inoculados com uma lagarta para cada tubo (130 tubos) e com duas lagartas para os demais tratamentos (200 tubos), sendo posteriormente tamponados com chumaços de algodão hidrófugos. Após a inoculação, os recipientes foram mantidos a $27 \pm 1^\circ\text{C}$, $75 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 14 horas (DE CONTI, 2012). A seguir, iniciaram-se as observações diárias:

- fase de ovo: período de incubação e viabilidade;
- fase larval: duração, viabilidade;
- fase de pré-pupa: duração, viabilidade;
- fase de pupa: duração, peso com 24h de idade, viabilidade, razão sexual e deformações;
- fase adulta: período de pré-oviposição, oviposição e fecundidade (número de ovos por fêmea e número de ovos por fêmea por dia) e longevidade.

Para determinação do número de instares, foram utilizados lotes de 10 lagartas diariamente para a medição da largura da cápsula cefálica por meio de ocular micrométrica acoplada ao microscópio estereoscópico. Depois de feita a

medição a lagarta retornou ao tubo, na avaliação seguinte, foram utilizadas outras 10 lagartas, devido ao fato de *D. saccharalis* desenvolver-se dentro do alimento e, ao remover esse inseto no interior da dieta diariamente, haveria um “stress”, que poderia afetar o desenvolvimento e resultar em erro de medição.

Os dados dos parâmetros biológicos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Genes (CRUZ, 2010).

Para análise dos dados de duração das fases foi feita a comparação entre os dados temporais. As variáveis relacionadas com o tempo foram feitas através da Análise de Sobrevivência que é um método estatístico usado para análise de dados de sobrevivência derivados de estudos de laboratórios (LEE, 1992).

3.3 Elaboração da tabela de vida de fertilidade de *S. frugiperda*, *H. armigera* e *D. saccharalis*

A partir dos dados de duração do período de desenvolvimento (ovo-adulto), viabilidade total, razão sexual, período de pré-oviposição, número de ovos por dia e mortalidade diária de fêmeas e machos, foi elaborada a tabela de vida de fertilidade, segundo Silveira Neto et al., (1976). A partir dos dados biológicos, elaborou-se a tabela de vida de fertilidade, estimando-se a duração média de uma geração (T), a taxa líquida de reprodução (R_0), a taxa intrínseca de aumento (r_m) e a razão finita de aumento (λ).

3.4 Teste com chance de escolha para *S. frugiperda*, *H. armigera* e *D. saccharalis*

Para cada tratamento foram montadas arenas contendo pedaços de sorgo sacarino de cada cultivar, sendo dispostos de forma equidistante em placa de Petri (9,0 cm de diâmetro). No centro de cada placa, foram liberadas 20 lagartas recém-eclodidas, num total de 20 repetições. A avaliação da preferência alimentar foi realizada após 24 horas, determinando-se o total de lagartas presentes nas plantas hospedeiras testadas.

Para análise estatística utilizou-se a transformação arco seno na qual os dados podem ser aproximados da distribuição binomial, comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

3.5 Estudo de consumo e utilização do alimento por *S. frugiperda* nos cultivares BRS 506, BRS 509 e BRS 511

Individualizou-se 25 lagartas recém-eclodidas em tubos de vidro (8,5 cm x 2,5 cm), sendo mantidos em câmara climatizada à temperatura de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase/14h. Foram pesadas e fornecidas folhas dos cultivares de sorgo sacarino BRS 506, BRS 509 e BRS 511 para as lagartas diariamente. O alimento e as fezes remanescentes foram secos em estufa a $55-60^{\circ}\text{C}$ (24hs) e pesados.

Ao atingirem o máximo desenvolvimento (último ínstar), as lagartas foram retiradas dos tubos de criação, pesadas, mortas por congelamento e levadas à estufa, juntamente com a sobra da dieta e as fezes existentes nos tubos, visando a obtenção do peso de matéria seca do alimento consumido e ganho de peso das lagartas. Paralelamente, foi separada uma alíquota de 10 tubos com dieta e sem lagarta para determinação de peso seco inicial da dieta, segundo Parra (1991).

Para a determinação dos índices de nutrição quantitativa da fase larval, adotou-se a metodologia proposta por Waldbauer (1968) e modificada por Scriber; Slansky Jr. (1981). Para o cálculo destes índices, foram utilizados os seguintes parâmetros (em peso de matéria seca):

T = duração do período de alimentação (dias);

Af = peso do alimento fornecido ao inseto (g);

Ar = peso da sobra do alimento fornecido ao inseto (g), após T;

F = peso das fezes produzidas (g) durante T;

B = ganho de peso pelas lagartas (g) durante T: $B = (I - F) - M$;

B = peso médio das lagartas (g) durante T;

I = peso do alimento ingerido (g) durante T;

I - F = alimento assimilado (g) durante T;

$M = (I - F) - B$ = alimento metabolizado durante período de alimentação (g).

Foram determinados os índices de consumo e utilização para cada tratamento, através das seguintes fórmulas:

$$\text{- Taxa de consumo relativo (g/g/dia) - RCR} = \frac{I}{\overline{B.T}}$$

$$\text{- Taxa de crescimento relativo (g/g/dia) - RGR} = \frac{B}{\overline{B.T}}$$

$$\text{- Taxa metabólica relativa (g/g/dia) - RMR} = \frac{M}{\overline{B.T}}$$

$$\text{- Digestibilidade aproximada (\%) - AD} = \frac{I - F}{I} \times 100$$

$$\text{- Eficiência de conversão do alimento ingerido (\%) - ECI} = \frac{B}{I} \times 100$$

$$\text{- Eficiência de conversão do alimento digerido (\%) - ECD} = \frac{B}{I - F} \times 100$$

$$\text{- Custo metabólico (\%) = } 100 - \text{ECD}$$

Para análise estatística utilizou-se a transformação arco seno na qual os dados podem ser aproximados da distribuição binomial, comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

4. Resultados e discussão

4.1 Parâmetros biológicos de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de sorgo sacarino

4.1.1 Fase de ovo

O período de incubação dos ovos de *S. frugiperda*, alimentadas com os cultivares de sorgo BRS 506 e BRS 511 foi em média de 3 dias, não havendo diferença significativa (Tabela 1). Este resultado é semelhante ao obtido por Rosa et al. (2012) que verificaram valores entre 2,8 e 3,3 dias quando estudaram aspectos biológicos de *S. frugiperda* fornecendo como alimento

linhagens de milho. Não houve duração dessa fase para os insetos criados no cultivar BRS 509, pois os adultos não realizaram oviposição. A viabilidade dos ovos de insetos oriundos de alimentação com os cultivares BRS 506 e BRS 511 foi de 57,0% e 17,0% respectivamente, havendo diferença significativa entre eles (Tabela 1), sendo que esses valores assemelham-se aos de Fernandes (2003) que verificou viabilidade de 18,4 a 24,0% quando os insetos alimentaram-se de milho convencional e de 16,0 a 19,3% em milho modificado, no entanto, diferem dos resultados de Sarro (2006), que obteve viabilidades superiores a 79,0% quando forneceu folhas de milho e alguns cultivares de algodão para *S. frugiperda*. É importante salientar que os adultos depositaram poucos ovos e com baixa viabilidade, esses fatos sugerem que o conteúdo nutricional dos cultivares de sorgo sacarino não são adequados para a lagarta-do-cartucho, corroborando para o fato de que algumas espécies adquirem os recursos nutricionais para a reprodução na fase larval, e os recursos energéticos investidos podem contribuir como o processo de vitelogênese e maturação dos ovos (CHAPMAN, 1998).

Tabela 1. Duração e viabilidade da fase de ovo de *Spodoptera frugiperda* em cultivares de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.

Cultivares	Duração (dias)	Viabilidade (%)
BRS 506	3,0±0,47a ¹ (n=120)	57,5±8,60a ²
BRS 511	3,0±0,01a (n=163)	17,0±8,76b
CV%	23,5	25,4

¹Médias seguidas de letras minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

²Dados transformados para $\sqrt{x + 0,5}$

4.1.2 Fase larval

A duração da fase larval, para os insetos alimentados com o sorgo BRS 509 e 511 teve duração de 31,8 e 32,4 dias, diferindo significativamente do cultivar BRS 506 (Tabela 2). Diferentemente dos resultados obtidos por Giolo et al. (2002), que avaliaram populações da lagarta-do-cartucho procedentes de diferentes localidades obtendo, assim, uma duração larval de 16,5 dias para lagartas criadas em milho. O prolongamento da duração da fase larval se verifica, em geral, pela reduzida ingestão de alimentos decorrente muitas vezes

da existência de um ou vários inibidores no alimento, ou ainda uma inadequação nutricional do substrato alimentar (MARTINEZ; EMDEN, 2001).

Tabela 2. Duração, viabilidade e peso da fase larval de *Spodoptera frugiperda* em cultivares de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.

Cultivares	Duração (dias)	Viabilidade (%)	Peso (mg)
BRS 506	19,5± 1,53b ¹ (n=130)	20,0±7,24b ²	0,10±0,001a ²
BRS 509	31,8± 2,17a (n=130)	20,0±6,46b	0,10±0,004a
BRS 511	32,4± 0,98a (n=130)	80,0±3,51a	0,20±0,001a
CV%	66,1	21,62	100,32

¹Médias seguidas de letras minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

²Dados transformados para $\sqrt{x + 0,5}$

Pela análise de sobrevivência observou-se que as lagartas oriundas da alimentação do cultivar BRS 511 podem prolongar o período de alimentação em até 40 dias, BRS 506 em até 60 dias e BRS 509 em 80 dias, evidenciando que, mesmo que os cultivares de sorgo não sejam apropriados nutricionalmente para que os insetos se desenvolvam adequadamente, as lagartas podem permanecer na cultura se alimentando e causando danos ao longo deste período (Figura 2).

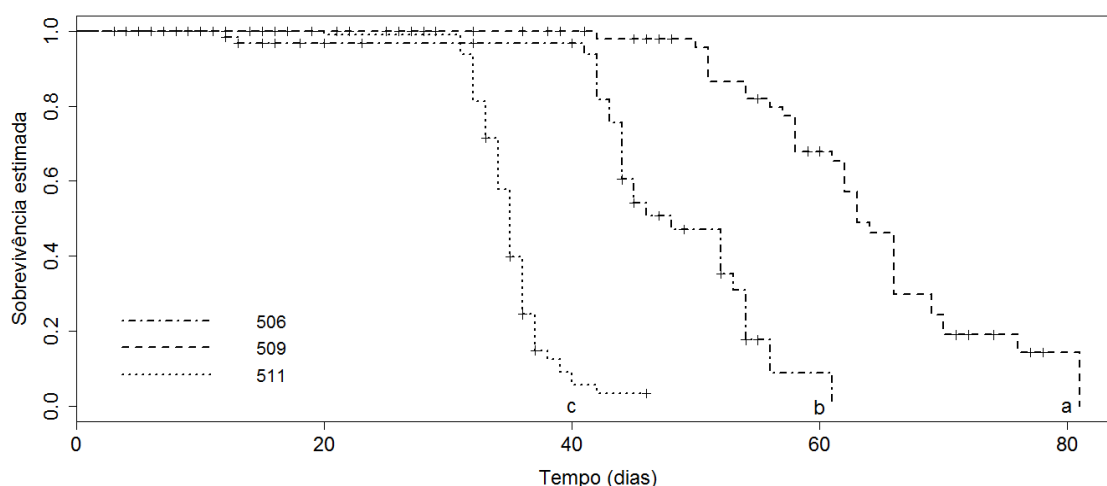


Figura 2. Sobrevivência estimada da duração de lagartas de *Spodoptera frugiperda* em cultivares de sorgo sacarino, Pelotas, RS.

A maioria das lagartas alimentadas com o cultivar BRS 511 conseguiram completar o ciclo, diferentemente das alimentadas com os outros dois cultivares, nos quais, poucas conseguiram mudar de fase, resultando em diferença significativa para viabilidade larval nesses cultivares (Tabela 2). Outros valores foram encontrados para a viabilidade larval em diferentes hospedeiros, como milho (85,0%), sorgo granífero (77,0%), sorgo selvagem (80,0%), soja (83,0%) e braquiária (68,0%) (SÁ et al., 2009).

Não verificou-se diferença significativa para o peso no 14º dia da fase de lagarta, sendo que os valores ficaram bem abaixo dos encontrados por Busato et al. (2005) quando alimentou as lagartas de *S. frugiperda* com folhas de milho de diferentes locais (Tabela 2). As lagartas que se alimentaram com o sorgo 511 adquiriram mais peso, provavelmente devido ao conteúdo nutricional desse cultivar ser mais favorável ao seu crescimento, em relação aos demais cultivares.

Em relação ao número de instares, de acordo como o método gráfico, as lagartas alimentadas com os cultivares BRS 506, e BRS 511 passaram por 5 instares e as alimentadas com o BRS 509 obtiveram 3 instares larvais (Figura 3), confirmando as hipóteses formuladas através do coeficiente de determinação (R^2) aceitável acima de 80%, e da estimativa constante de Dyar

(K) que deve estar no intervalo de 1.1 a 1.9 (Tabela 3) (PARRA; HADDAD, 1989).

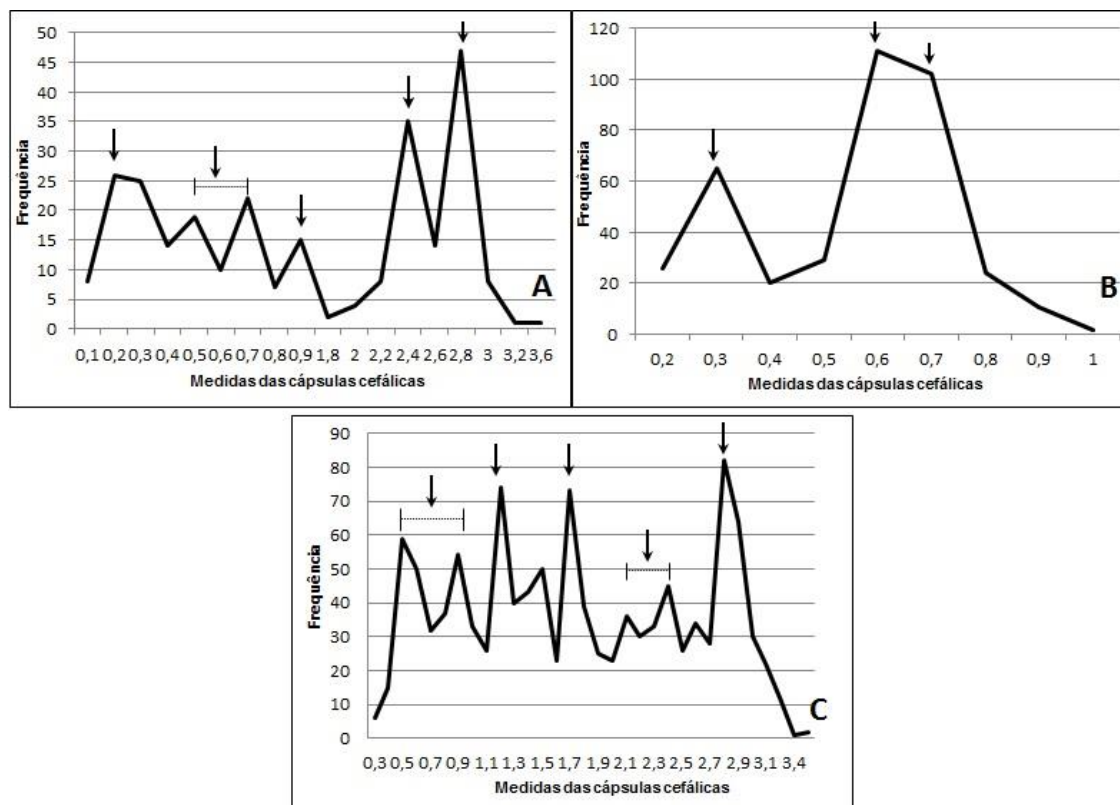


Figura 3. Distribuição de frequência das medidas de cápsulas cefálicas de *Spodoptera frugiperda* em: (A) sorgo BRS 506, (B) sorgo BRS 509, (C) sorgo BRS 511, Pelotas, RS.

Tabela 3. Número de instares, razão de crescimento (K) e coeficiente de determinação (R^2) para *Spodoptera frugiperda* em cultivares de sorgo sacarino, Pelotas, RS.

Cultivares	Número de instares	K	R^2 (%)
BRS 506	5	1,75	99,0
BRS 509	3	1,44	100,0
BRS 511	5	1,36	100,0

O número de instares nos insetos holometábolos não é constante, variando na maioria de 4 a 8. O fato das lagartas alimentadas com o sorgo BRS 509 terem atingido apenas 3 instares larvais, pode estar relacionado ao

valor nutricional desse cultivar, mas outros fatores além do alimento podem alterar o número de instares, a exemplo do sexo, temperatura e forma de criação (PARRA; HADDAD, 1989).

4.1.3 Fase de pré-pupa

As lagartas alimentadas com folhas de sorgo sacarino permaneceram no estágio de pré-pupa de 1,6 a 2,3 dias em média, diferindo entre si, valor similar ao de Lopes et al., (2008) que constataram valores em média de 2 dias para *S. frugiperda* criadas em folha de mandioca. A viabilidade da fase de pré-pupa foi de 78,0, 20,0 e 91,0% para as lagartas mantidas no sorgo BRS 506, 509 e 511 respectivamente, diferindo significativamente entre si, sendo a menor viabilidade observada para o cultivar BRS 509 (Tabela 4).

No entanto, a sobrevivência estimada desta fase pode ser de até 12 dias para insetos alimentados com sorgo BRS 506 (Figura 4), indicando que o alimento ingerido na fase larval é menos adequado, assim, há necessidade de mais tempo para acúmulo de reservas de nutrientes que são exigidos pelo inseto durante esta fase do ciclo.

Tabela 4. Duração e viabilidade da fase de pré-pupa de *Spodoptera frugiperda* em cultivares de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.

Cultivares	Duração (dias)	Viabilidade (%)
BRS 506	2,32±0,66a ¹ (n=28)	78,0±1,75a
BRS 509	1,77±0,19b (n=35)	20,0±3,76b
BRS 511	1,57 ±0,04b (n=100)	91,0±3,25a
CV%	84,8	43,2

¹Médias seguidas de letras minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

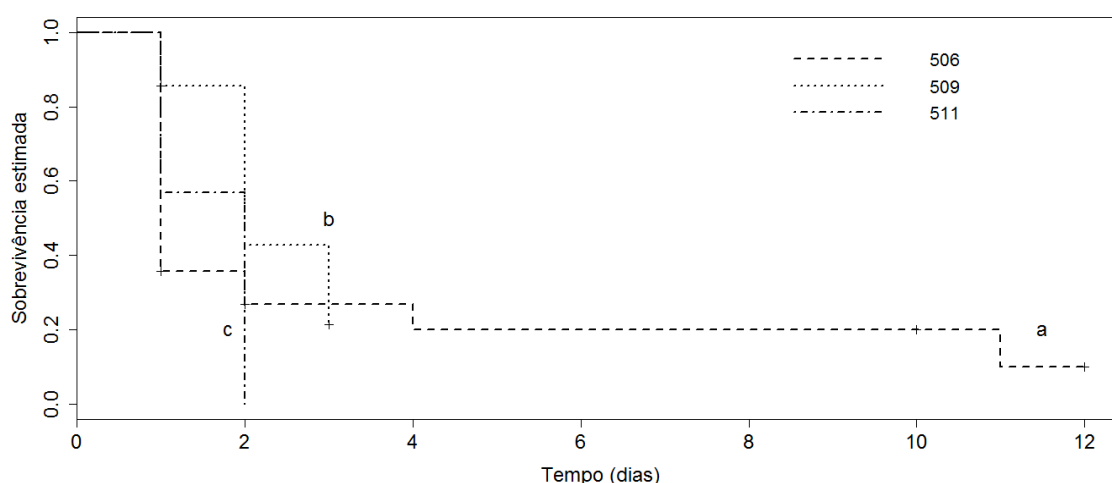


Figura 4. Sobrevivência estimada da duração de pré-pupa de *Spodoptera frugiperda* em cultivares de sorgo sacarino, Pelotas, RS.

4.1.4 Fase de pupa

Houve diferença significativa para essa fase para o cultivar BRS 506, sendo o tempo médio de 11 a 12 dias, como verificado no trabalho de Botton et al., (1998) que avaliaram a preferência alimentar da lagarta-do-cartucho e observaram dados médios de 12,9 e 12 dias em arroz e capim-arroz, respectivamente. Não houve diferença significativa para a viabilidade, no entanto, peso médio das pupas oriundas do cultivar de sorgo BRS 511 foi maior, diferindo dos demais cultivares, contudo os pesos estão abaixo dos encontrados por Botton et al., (1998), o que demonstra que houve influência do alimento, e consequentemente originou pupas leves, no qual emergiram adultos menores e frágeis (Tabela 5).

A partir da análise de sobrevivência, estimou-se que a duração da fase de pupa pode se prolongar até 15 dias para os cultivares BRS 509 e 511 (Figura 5). Estudos conduzidos por Pinheiro et al. (2008) indicam que a duração da fase de pupa pode variar de 5 a 20 dias dependendo da temperatura, sendo que em temperaturas mais baixas (20°C) a duração é maior e em temperaturas mais altas (32°C) o período é reduzido, evidenciando

a influencia da temperatura e a capacidade do inseto em sobreviver a amplitude térmica.

Tabela 5. Duração, viabilidade e peso da fase pupal de *Spodoptera frugiperda* em cultivares de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.

Cultivares	Duração (dias)	Viabilidade (%)	Peso (mg)
BRS 506	12,0± 1,89b ¹ (n=23)	82,6±3,39a	80,0±0,001b
BRS 509	11,7± 0,71a (n=7)	100,0±0,81a	80,0±0,003b
BRS 511	11,6± 0,09a (n=100)	89,5±3,14a	120,0±0,01a
CV%	13,0	34,4	35,4

¹Médias seguidas de letras minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

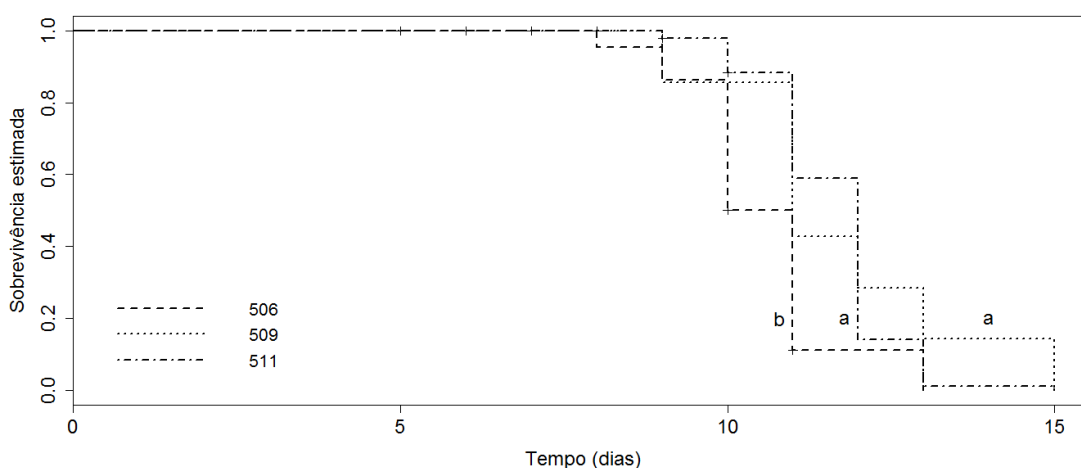


Figura 5. Sobrevivência estimada da duração de pupa de *Spodoptera frugiperda* em cultivares de sorgo sacarino, Pelotas, RS.

4.1.5 Fase de adulto

A sobrevivência estimada de adultos pode chegar a 40 dias quando os insetos na fase imatura foram alimentados com folhas do cultivar BRS 511 (Figura 6). Porém, a média de duração foi de 12,6, 6,4 e 15,1 dias para os insetos criados nos cultivares BRS 506, BRS 509 e BRS 511, respectivamente, no entanto, esses resultados não diferiram significativamente entre si (Tabela 6), por outro lado, são semelhantes ao trabalho de Rosa et al. (2012) que obtiveram uma variação na duração para a lagarta-do-cartucho de 14 a 32 dias dependendo da linhagem de milho que foi ofertada para a lagarta-do-cartucho.

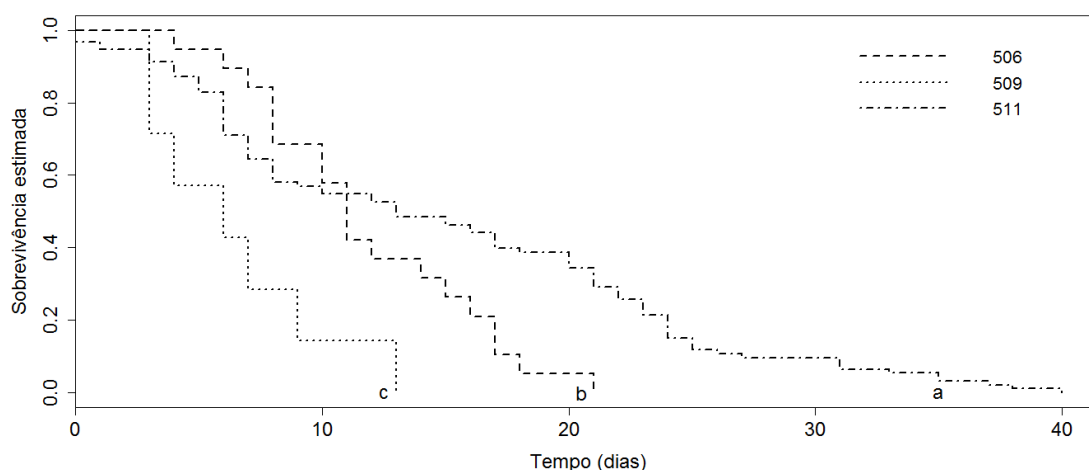


Figura 6. Sobrevivência estimada da duração de adultos de *Spodoptera frugiperda* em cultivares de sorgo sacarino, Pelotas, RS.

A razão sexual (Tabela 6) para os insetos mantidos em sorgo BRS 511 foi de 0,44, ou seja, maior número de machos na população, resultado semelhante ao resultado encontrado por Lopes (2008) quando estudou a biologia de *S. frugiperda* em folhas de mandioca. De acordo com Parra et al., (1983) quando o alimento não é adequado para o desenvolvimento do inseto, há prevalência de machos na população.

Tabela 6. Duração da fase adulta e razão sexual de *Spodoptera frugiperda* em cultivares de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.

Cultivares	Duração (dias)	Razão sexual (%)
BRS 506	12,6 $\pm$ 1,05a ¹ (n=19)	—
BRS 509	6,4 $\pm$ 1,37a (n=7)	—
BRS 511	15,1 $\pm$ 1,02a (n=90)	0,44
CV%	64,8	-

¹Médias seguidas de letras minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

4.1.6 Tabela de vida

A taxa líquida de reprodução (R_0) foi de 5,1 valor semelhante ao de Rosa et al. (2012) que obtiveram 4,5 para uma linhagem de milho, portanto o

aumento da população desenvolvida nesse cultivar pode ser considerado baixo, pois resultados obtidos no mesmo trabalho evidenciaram que a taxa líquida de reprodução pode atingir um máximo de 20,2, indicando a influência do alimento nos parâmetros reprodutivos. Busato et al. (2004) encontraram um R_0 de 361,5 para a população alimentada com milho em áreas adjacentes e de 504,6 em populações alimentadas com arroz de áreas isoladas.

A duração média de uma geração (T) foi de 62,1 esse resultado foi semelhante ao de Rosa et al. (2012) que obtiveram valores próximos de 60,1 dias para a lagarta-do-cartucho desenvolvida em linhagem de milho.

A taxa intrínseca de crescimento (r_m) foi de 0,026 e a taxa finita de aumento (λ) foi de 1,027 sendo próximos aos valores de Rosa et al. (2012) que encontraram r_m de 0,027 e um λ de 1,027 para a população de *S. frugiperda* nutrida com folhas de milho. A taxa máxima de aumento para a lagarta-do-cartucho ocorreu no 65º dia (Figura 7).

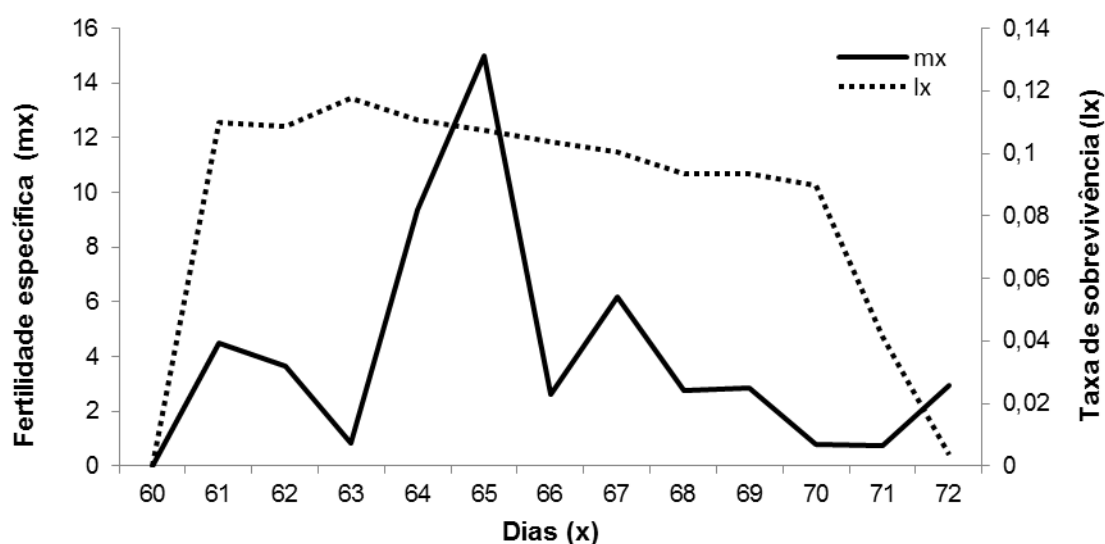


Figura 7. Fertilidade específica (mx) e taxa de sobrevivência (lx) de *Spodoptera frugiperda* em sorgo sacarino BRS 511, Pelotas, RS.

4.2 Parâmetros biológicos para *Helicoverpa armigera* alimentadas com folhas de sorgo sacarino

As lagartas de *H. armigera* alimentadas com folhas de sorgo sacarino não completaram a fase larval. Registrou-se mortalidade total antes que elas atingissem 10 dias de idade, principalmente durante os instares iniciais. Campos (2008) evidencia que a mortalidade da fase larval é um dos fatores mais importantes na limitação do crescimento populacional, e pode ser atribuída ao possível efeito de metabólicos secundários sobre a biologia dos insetos. Observou-se que as lagartas morreram durante a ecdise, sem conseguir liberar totalmente a exúvia e a cápsula cefálica (Figura 8).



Figura 8. Lagartas de *Helicoverpa armigera* mortas, após alimentação em folhas de sorgo sacarino, Pelotas, RS.

Verificou-se que a duração da fase larval dos insetos alimentados com os materiais de sorgo é igual, entre os cultivares BRS 506 e 511, sendo estes menores que para o cultivar BRS 509 (Tabela 7), contudo inadequados ao desenvolvimento de *H. armigera*. Esse evento pode estar relacionado aos fatores de nutrição qualitativa ou quantitativa do alimento, porém são necessários mais estudos sobre o comportamento desse inseto.

Estudos conduzidos com dieta artificial por Barbosa et al. (2016) evidenciaram que lagartas de *H. armigera* desenvolvem-se mais rapidamente e são menores quando comparadas com *H. zea*, no entanto, a dieta foi considerada favorável para a criação das duas espécies, esse resultado pode estar atribuído aos componentes da dieta baseada em feijão branco, evidenciado que é possível o desenvolvimento de *H. armigera* em laboratório.

A biologia de *H. armigera* estudada em laboratório em híbridos de milho doce (KY brilhante Jean) e dieta artificial evidenciou melhor aptidão do inseto para a dieta artificial (JHA et al., 2012). De acordo com Amer; Al-Sayed (2014) o desenvolvimento de *H. armigera* é viável em milho e algodão, no entanto, quando comparados os dois hospedeiros, há maior mortalidade para os insetos alimentados com milho, indicando ser este um alimento menos adequado.

Lagartas de *H. armigera* alimentadas com dietas ricas em proteínas e/ou carboidrato (guandu (*Cajanus cajan*), grão de bico (*cicer arietinum*), milho e sorgo) apresentaram maior massa larval e desenvolvimento mais rápido do que as larvas alimentadas com dietas com baixo teor de proteína e carboidrato (rosa (*Rosacea spp*), cravo de defunto (*Tagetes erecta*), quiabo (*Abelmoschus esculentus*) e tomate (*Solanum lycopersicum*). Dietas de baixo valor calórico resultaram em maior mortalidade (25-35%), no entanto, mesmo com desenvolvimento e viabilidades das fases variáveis a alimentação com as diferentes dietas proporcionou que os insetos completassem o ciclo de vida. Observou-se no estudo que as enzimas digestivas de *H. armigera* apresentaram níveis variáveis de expressão e indicaram ser reguladas, de acordo com a composição macromolecular da dieta e, a liberação controlada dessas enzimas, pode ser um fator chave que contribui para a plasticidade fisiológica em *H. armigera* (SARATE et al., 2012).

Tabela 7. Duração larval de *Helicoverpa armigera* em cultivares de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.

Cultivares	Duração (dias)
BRS 506	3,9± 0,13b ¹
BRS 509	8,6± 0,11a
BRS 511	3,9± 0,13b
CV (%)	25,7

¹Médias seguidas de letras minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

4.3 Parâmetros biológicos para *Diatraea saccharalis* alimentadas com dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino

4.3.1 Fase de ovo

O período médio de incubação dos ovos foi de cinco dias para os três cultivares e de sete dias para a testemunha, mostrando diferença significativa (Tabela 8). Esses valores assemelham-se ao encontrado por Linares (1987), que à temperatura de 26,0°C verificou que a duração da fase de ovo para *D. saccharalis* é de 6,29 dias.

A viabilidade dos ovos oscilou de 47,5 a 72,0% (Tabela 8). Guevara; Windl (1980) também encontraram uma viabilidade de 67,5% quando estudaram a biologia da broca-da-cana em condições naturais, valor que pode ser considerado baixo, já que cana-de-açúcar é um hospedeiro preferencial de *D. saccharalis*.

Tabela 8. Duração e viabilidade da fase de ovo de *Diatraea saccharalis* em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.

Cultivares	Duração (dias)	Viabilidade (%)
BRS 506	5,7±0,25ab ¹ (n= 4)	47,5±5,31b
BRS 509	4,5±0,53b (n= 14)	52,8±8,14b
BRS 511	5,0±0,20b (n= 19)	72,0±8,34a
Testemunha	7,0±0,51a (n= 17)	58,3±9,26b
CV%	16,8	79,3

¹Médias seguidas de letras minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro

4.3.2 Fase larval

Nesse período a duração média foi de 26 dias para os três cultivares de sorgo e 34,6 dias para a testemunha, diferindo significativamente dos demais tratamentos (Tabela 9). Os resultados demonstram que esses cultivares quando incorporados à dieta favoreceram o crescimento larval de *D. saccharalis*. Melo; Parra (1988) encontraram resultados semelhantes a este trabalho ao estudar a biologia desse inseto em diferentes temperaturas. Pelo

gráfico da análise de sobrevivência, há uma estimativa que as lagartas criadas nos cultivares BRS 506 e 509 irão atingir uma duração superior a 40 dias (Figura 9).

Tabela 9. Duração e viabilidade da fase larval de *Diatraea saccharalis* em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.

Cultivares	Duração (dias)	Viabilidade (%)
BRS 506	24,5±0,25c ¹ (n= 400)	21,5±12,46b ²
BRS 509	26,1±0,36b (n= 400)	25,7±11,39b
BRS 511	25,1±0,30bc (n= 400)	59,0±7,52a
Testemunha	34,6±1,34a (n= 130)	69,0±4,01a
CV%	25,0	25,7

¹Médias seguidas de letras minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

²Dados transformados para $\sqrt{x + 0,5}$

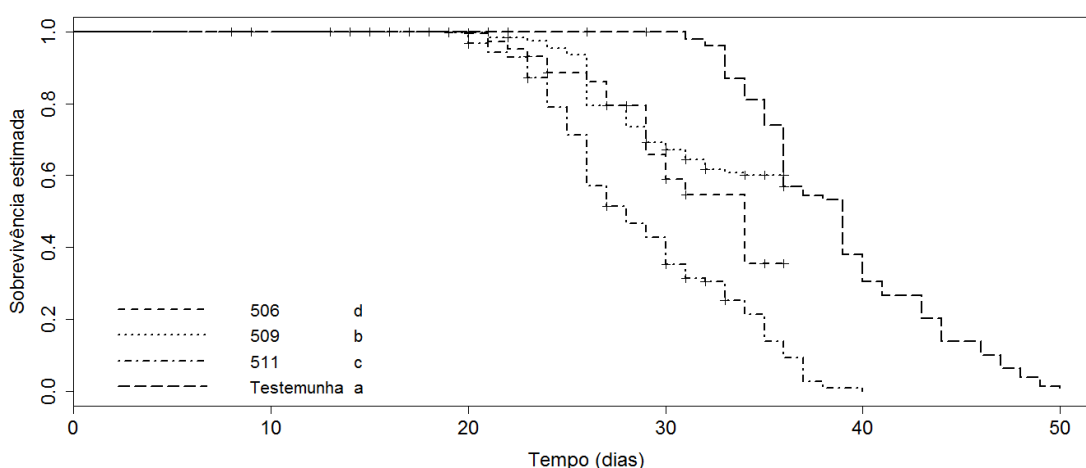


Figura 9. Sobrevivência estimada da duração de lagartas de *Diatraea saccharalis* em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino, Pelotas, RS.

Já Bortoli et al., (2005) quando avaliaram a influência da adubação da cultura do sorgo na biologia da broca da cana-de-açúcar obtiveram uma duração prolongada acima de 72 dias, a medida que havia redução na dose de nitrogênio a duração do período larval aumentava mais.

Para a viabilidade houve diferença significativa (Tabela 9), obtendo maior viabilidade para a testemunha e para o cultivar BRS 511. Considerando que todas as lagartas tiveram as mesmas condições, esse resultado pode ser

atribuído ao fato de que os extratos de BRS 506 e BRS 509 não são adequados para o desenvolvimento larval de *D. saccharalis*. Boiça Jr. et al., (1997) obtiveram resultados semelhantes quando estudaram a influência de variedades de cana-de-açúcar no desenvolvimento da broca-da-cana, verificando diferenças significativas para a duração larval.

A determinação do número de instares pelo modelo gráfico, mostrou que as lagartas passaram por três instares larvais em todos os tratamentos (Figura 10) e pelo método da regra de Dyar as lagartas atingiram de três a quatro instares (Tabela 10). Apesar da razão de crescimento obtida em cada cultivar encontrar-se no intervalo estabelecido por Dyar (1890) (1,1 a 1,9) é incomum encontrar três instares para esta espécie, e como esse resultado ocorreu também para os insetos que não tiveram a influência dos extratos, esse fato pode ter se sucedido devido a outro fator que não o alimento.

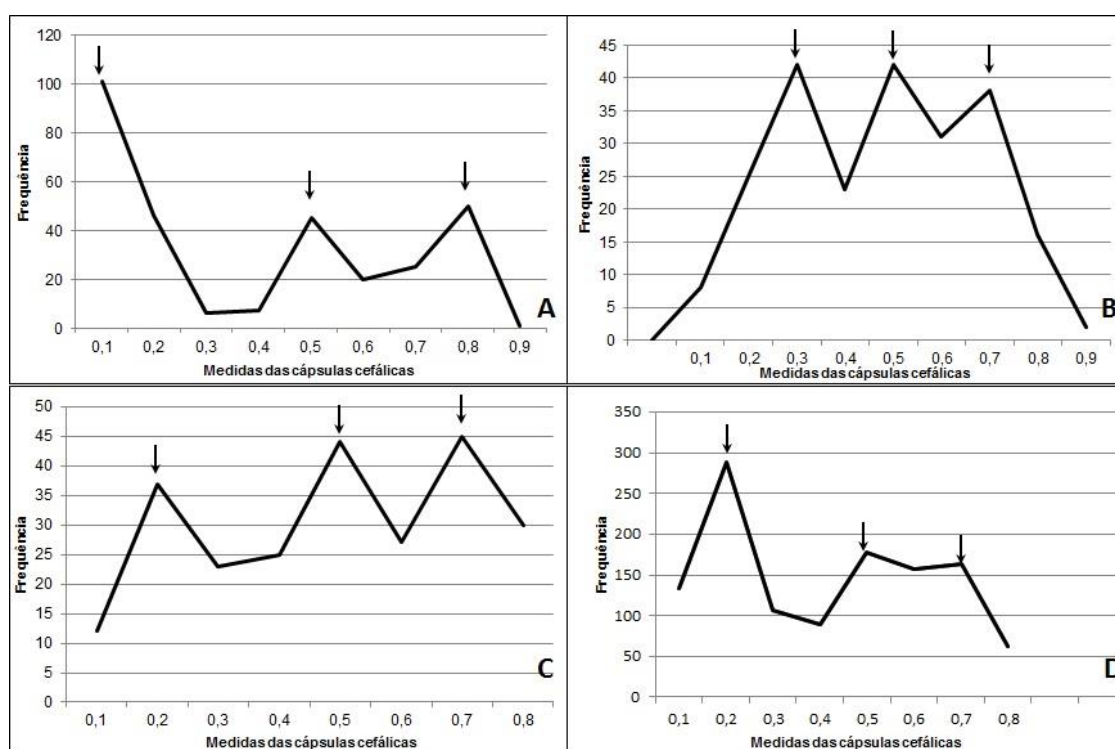


Figura 10. Distribuição de frequência das medidas de cápsulas cefálicas de *Diatraea saccharalis* em: (A) dieta artificial + extrato seco de BRS 506, (B) dieta artificial + extrato seco de BRS 509, (C) dieta artificial + extrato seco de BRS 511, (D) dieta artificial, Pelotas, RS.

Tabela 10. Número de instares, razão de crescimento (K) e coeficiente de determinação (R²) para *Diatraea saccharalis* em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.

Cultivares	Número de instares	K	R ² (%)
BRS 506	3	1,2	100,0
	4	1,8	99,0
BRS 509	3	1,5	100,0
	4	1,8	99,0
BRS 511	3	1,5	100,0
	4	1,4	100,0
Testemunha	3	1,6	100,0
	4	1,2	100,0

4.3.3 Fase de Pré-Pupa

Nessa fase a duração foi em média de um dia (Tabela 11), porém através da sobrevivência estimada (Figura 11), observou-se que houve duração pode se estender por até três dias para os insetos mantidos no sorgo BRS 506. A viabilidade foi de 100%, não havendo diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 11), evidenciando que não houve influência do alimento foi neste parâmetro.

Tabela 11. Duração e viabilidade da fase de pré-pupa de *Diatraea saccharalis* em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.

Cultivares	Duração (dias)	Viabilidade (%)
BRS 506	1,0±0,19b ¹ (n= 86)	100,0±2,69a
BRS 509	1,1±0,03a (n= 103)	100,0±2,94a
BRS 511	1,0±0,004b (n= 236)	100,0±4,44a
Testemunha	1,2±0,04a (n= 88)	100,0±1,53a
CV%	25,2	42,3

¹Médias seguidas de letras minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

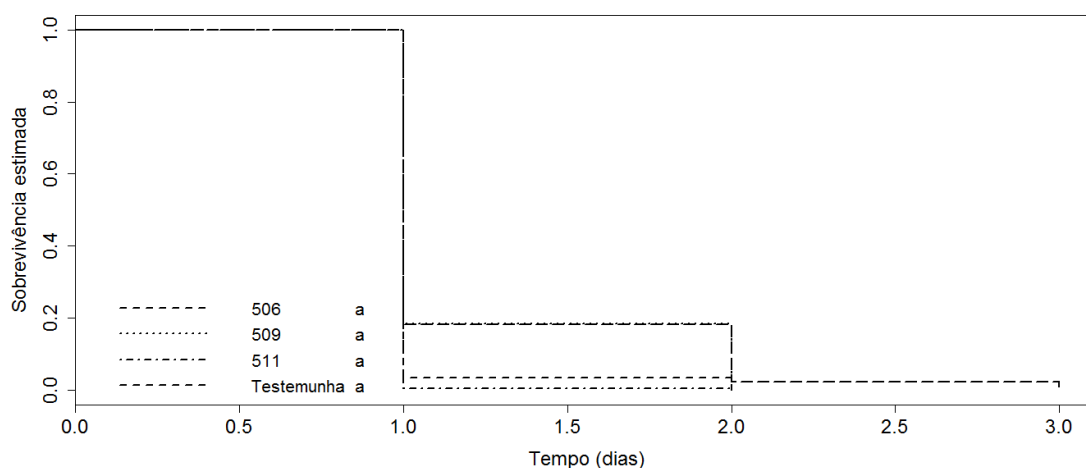


Figura 11. Sobrevivência estimada da duração de pré-pupa de *Diatraea saccharalis* em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.

4.3.4 Fase de Pupa

Houve diferença significativa para a fase de pupa, a média de duração variou de 6,8 a 9,7 dias entre os tratamentos (Tabela 12), o normal é de 8 a 9 dias, esse adiantamento de emergência dos adultos pode ter tido influência da dieta com o extrato do cultivar BRS 506. Bortoli et al., (1989) constatou média de 4 a 6 dias de duração para a fase de pupa, quando verificavam a influência de diferentes genótipos de sorgo e milho no desenvolvimento de *D. saccharalis* e, Boiça Jr. et al., (2011) estudando o efeito de dietas artificiais incorporadas ou não com colmos triturados de variedades de cana-de-açúcar na biologia de *D. saccharalis*, detectaram que apenas a dieta com 100% da concentração dos componentes diferiu da dieta contendo 25%, sendo os valores médios de 8,0 e 9,2 dias, respectivamente.

Tabela 12. Duração e viabilidade da fase de pupa de *Diatraea saccharalis* em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.

Cultivares	Duração (dias)	Viabilidade (%)
BRS 506	6,8±0,2d ¹ (n=86)	65,1±3,33c ²
BRS 509	8,2±0,3c (n=103)	76,6±3,36bc
BRS 511	9,0±1,4b (n=236)	91,5±4,64a
Testemunha	9,7±0,03a (n=88)	89,7±2,87ab
CV%	26,9	42,4

¹Médias seguidas de letras minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

²Dados transformados para $\sqrt{x + 0,5}$

A estimativa de sobrevivência de pupas pode ser de 25 dias para os insetos oriundos da dieta artificial sem incorporação de matéria seca (Figura 12).

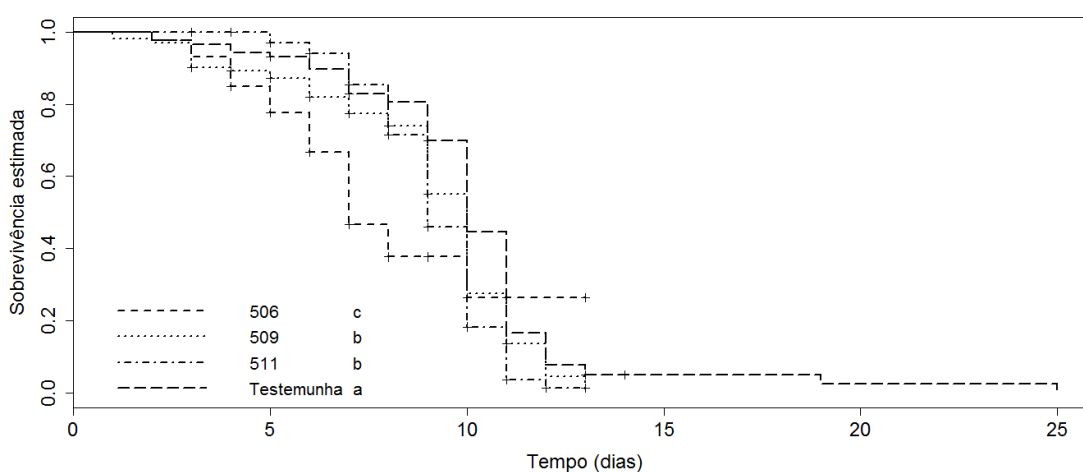


Figura 12. Sobrevivência estimada da duração de pupa de *Diatraea saccharalis* em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.

A viabilidade da fase variou de 65,0 a 91,0% (Tabela 12), de maneira geral a incorporação da matéria seca à dieta demonstrou ser boa para o desenvolvimento da fase de pupa, sendo que esses valores aproximam-se aos encontrados por Boiça Jr. et al., (2011).

Para o peso das pupas observou-se através do teste de Kruskal Wallis (Tabela 13) que é um teste não paramétrico similar a ANOVA, extensão do teste de Wilcoxon, que foi utilizado para testar a hipótese nula de que os cultivares de sorgo utilizados possuem funções de distribuição iguais, pois na ANOVA encontrou-se um problema grave na análise residual, tanto para a falta de normalidade dos resíduos quanto para sua homocedasticidade, que os insetos que se alimentaram de dieta artificial, sem a adição de extrato seco dos cultivares BRS 506, 509 e 511, são mais pesados, ou seja a alimentação na fase larval afetou o peso de pupas.

Tabela 13. Comparação do peso de pupas de *Diatraea saccharalis* através da comparação pelo teste Kruskal Wallis, Pelotas, RS.

Cultivares	Diferença Observada	Diferença Crítica	Diferença
506 – 509	75,37	57,12	Sim
506 – 511	29,36	49,25	Não
506 – Test	190,97	59,29	Sim
509 – 511	46,01	46,18	Não
509 – Test	266,35	56,77	Sim
511 – Test	220,33	48,84	Sim

4.3.5 Fase de adulto

A longevidade dos adultos diferiu entre si e a média de duração dessa fase variou de 3,1 a 5,1 dias (Tabela 14), no entanto, pelo gráfico gerado através da análise da sobrevivência, a estimativa de vida é superior a 6 dias em todos os tratamentos (Figura 13). Esses resultados são semelhantes dos encontrados por Bortoli et al. (1989) que encontram duração média entre 3 e 4 dias. O período de pré-oviposição foi em média de 2 dias para os tratamentos, igual ao resultado encontrado por Melo; Parra (1988).

A razão sexual (Tabela 14) foi afetada pelos cultivares, sendo a maior razão sexual observada no cultivar BRS 511.

Tabela 14. Duração da fase de adulto e razão sexual de *Diatraea saccharalis* em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.

Cultivares	Duração (dias)	Razão sexual (%)
BRS 506	3,1±0,25c ¹ (n= 56)	0,30b ²
BRS 509	5,1±0,58a (n= 79)	0,31b
BRS 511	4,7±0,11ab (n= 216)	0,49a
Testemunha	4,2±0,19b (n= 79)	0,46ab
CV%	38,3	25,4

¹ Médias seguidas de letras minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

² Dados transformados para $\sqrt{x + 0,5}$

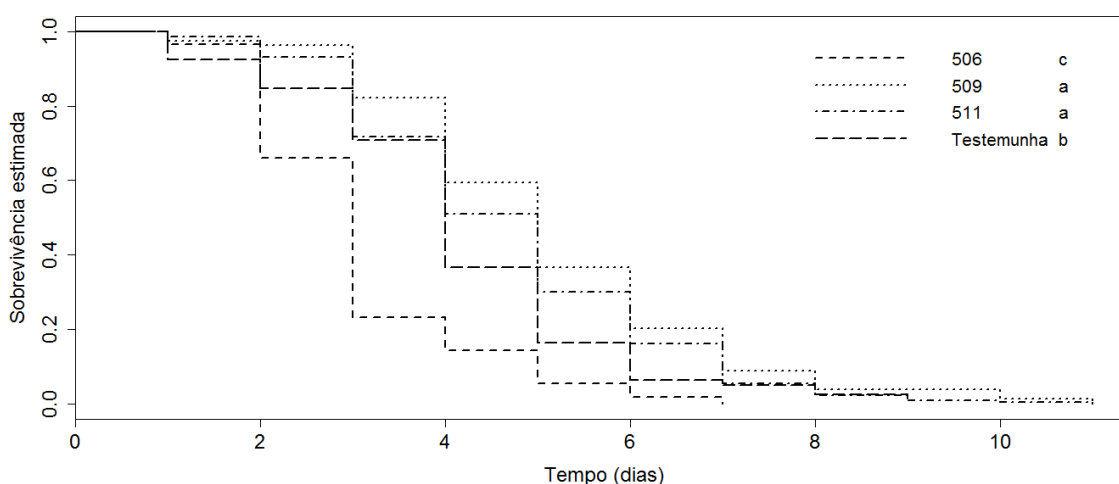


Figura 13. Sobrevivência estimada da duração de adultos de *Diatraea saccharalis* em dieta artificial com adição de extrato seco de sorgo sacarino em laboratório, Pelotas, RS.

4.3.6 Tabela de vida

A duração média de cada geração (T) foi maior para a testemunha e quando houve adição de matéria seca, a duração foi maior para o cultivar BRS 511. A taxa líquida de reprodução (Ro) foi de 2,98 vezes quando as lagartas foram alimentadas com em dieta artificial + matéria seca de BRS 511, 8,54 para dieta artificial + matéria seca de BRS 509, 1,20 para dieta artificial + matéria seca de BRS 506 e 4,82 para a testemunha, evidenciou-se que a capacidade de gerar descendentes fêmeas por fêmea ao final da geração (Ro) foi maior para os insetos alimentados com sorgo BRS 509. Os valores da taxa

intrínseca (r_m) de aumento foram positivos, evidenciando aumento populacional, sendo que foi maior em dieta artificial + matéria seca de BRS 509 (0,050) e a taxa de aumento finita (λ) foi maior na dieta artificial + matéria seca de BRS 509 com 1,051 fêmeas/dia. Lima (2011) alcançou valores de T e λ semelhantes, porém os valores de r_m e Ro foram superiores (Tabela 15). Estes valores indicam que, embora os cultivares não sejam hospedeiros preferenciais, poderá haver aumento na população de insetos.

Tabela 15. Duração média de uma geração (T), Taxa líquida de reprodução (Ro), capacidade inata de aumentar em número (r_m) e razão finita de aumento (λ) de *Diatraea saccharalis*, em dieta artificial + extrato seco de sorgo sacarino, Pelotas, RS.

Cultivares	T (dias)	Ro	r_m	λ
BRS 506	41,5	1,20	0,004	1,004
BRS 509	42,9	8,54	0,050	1,051
BRS 511	44,0	2,98	0,025	1,025
Testemunha	59,0	4,82	0,027	1,027

4.4 Preferência alimentar de lagartas de *S. frugiperda*, *H. armigera* e *D. saccharalis* em teste com chance de escolha

Em teste com chance de escolha constatou-se maior preferência das lagartas recém-eclodidas de *S. frugiperda* nos cultivares BRS 506 e 509, no entanto sem diferir significativamente do cultivar BRS 511 (Tabela 16), porém esses resultados não corroboram com os encontrados no estudo da biologia dessa espécie. Em primeiro momento, esses cultivares podem apresentar atrativos para esse inseto, mas foi evidenciado que a lagarta-do-cartucho não possui bom desempenho quando alimentada com essa cultura. Da mesma forma Busato et al. (2004) observaram uma menor porcentagem de lagartas de dois biótipos de *S. frugiperda* que encontravam-se em folhas de sorgo, arroz irrigado e capim-arroz, diferindo significativamente da planta hospedeira milho. A presença de tanino na planta de sorgo é um dos fatores que, em hipótese, afeta a preferência e o consumo alimentar de lagartas de *S. frugiperda* (CASTRO; PITRE, 1988; PORTILLO et al., 1998).

O número de lagartas recém-eclodidas de *H. armigera* encontrados nas folhas de sorgo foi muito baixo para os cultivares testados, que não demonstram ser atrativos para as lagartas, no entanto, estudos conduzidos por Patankar et al., (2001) e Chougule et al., (2005) através do estudo de proteinases no tubo digestivo de *H. armigera* revelaram natureza diversificada e flexível para a digestão de proteínas durante o desenvolvimento larval em vários hospedeiros, evidenciando a voracidade de lagartas de *H. armigera*, proporcionando a estes insetos alta adaptabilidade a disponibilidade de alimentos.

Embora a preferência pelos cultivares de sorgo tenha sido baixa (Tabela 16), em condições de campo, com base na capacidade de *H. armigera* completar o desenvolvimento, é possível o estabelecimento dessa praga, embora estudos conduzidos por Harding (1976) evidenciassem a preferência alimentar por plantas de milho e algodão.

Já para lagartas de *D. saccharalis*, 37% mostram-se atraídas pelo cultivar BRS 506, diferindo significativamente dos demais cultivares (Tabela 16).

Tabela 16. Número médio de lagartas recém-eclodidas ($\pm$ EP) de *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa armigera* e *Diatraea saccharalis* presentes em folhas de sorgo sacarino, Pelotas, RS.

Cultivares	Lagartas		
	<i>S. frugiperda</i>	<i>H. armigera</i>	<i>D. saccharalis</i>
BRS 506	4,3 $\pm$ 0,59a ^{1, 2}	0,4 $\pm$ 0,15a	7,8 $\pm$ 0,95a
BRS 509	3,8 $\pm$ 0,47a	0,4 $\pm$ 0,13a	3,1 $\pm$ 0,59a
BRS 511	1,7 $\pm$ 0,21a	1,0 $\pm$ 0,29a	2,4 $\pm$ 0,49a
CV (%)	109,5	40,1	115,27

¹Médias com mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

² Dados transformados para $\sqrt{x + 0,5}$

Dentre outros compostos que constitui o sorgo sacarino, os extrativos (ácidos graxos, ceras, alcalóides, proteínas, fenólicos, açúcares simples, pectinas, mucilagens, gomas, resinas, terpenos, amido, glicosídeos, saponinas e óleos essenciais) são compostos intermediários do metabolismo do vegetal,

eles proporcionam reserva energética e proteção ao vegetal contra o ataque de microrganismos e insetos (BARCELOS, 2013).

É importante ressaltar que *D. saccharalis* é uma espécie que se alimenta do colmo da planta, entretanto, após a eclosão das lagartas alimentam-se primeiramente das folhas, haja vista que, houve uma preferência pelo cultivar BRS 506 é recomendado fazer monitoramentos e levantamentos de níveis populacionais em área de sorgo sacarino e estudos sobre o comportamento deste inseto. Estudos conduzidos por diversos autores evidenciam que lagartas de *D. saccharalis* tem preferência por diferentes genótipos de sorgo, inclusive a preferência condiciona a maior ou menor eficiência do principal parasitoide da espécie *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) (Cameron, 1891) (LARA et al., 1977; LARA et al., 1979; BOIÇA; LARA, 1983; LARA; PERUSSI, 1984; LARA et al., 1997).

4.4 Estudo de consumo e utilização do alimento por *S. frugiperda* nos cultivares de sorgo BRS 506, BRS 509 e BRS 511

Não foi verificada diferença significativa para os parâmetros avaliados (Tabela 17), exceto na mortalidade (Tabela 18), pois foram poucas as lagartas alimentadas com os cultivares BRS 506 e BRS 509 que chegaram à fase de pré-pupa. Esse resultado corrobora com o estudo de biologia de *S. frugiperda* descrito no item 5.3, onde as lagartas quando alimentadas com esses dois cultivares tiveram pouco sucesso em seu desenvolvimento.

Tabela 17. Duração da fase larval (T), alimento ingerido (I), fezes produzidas (F), ganho de peso (B), e alimento assimilado (I-F) e metabolizado (M) ($\pm$ EP) de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com sorgo sacarino, Pelotas, RS.

Parâmetros	Cultivares		
	BRS 506	BRS 509	BRS 511
T	40,6 $\pm$ 23,40a ¹	56,0 $\pm$ 1,00a	43,0 $\pm$ 12,00a
I	0,16 $\pm$ 0,09a	0,51 $\pm$ 0,02a	0,65 $\pm$ 0,18a
F	0,10 $\pm$ 0,05a	0,39 $\pm$ 0,04a	0,35 $\pm$ 0,09a
B	2,0 $\pm$ 0,03a	20,0 $\pm$ 0,00a	20,0 $\pm$ 0,06a
I-F	0,06 $\pm$ 0,03a	0,11 $\pm$ 0,05a	0,29 $\pm$ 0,08a
M	0,05 $\pm$ 0,03a	0,09 $\pm$ 0,05a	0,27 $\pm$ 0,07a

¹Médias com mesma letra na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A menor taxa de consumo relativo (RCR) que é a quantidade de alimento ingerido por grama de peso corpóreo do inseto e a taxa metabólica relativa (RMR) representada pela quantidade de alimento gasto com o metabolismo (Tabela 18) foi verificada para as lagartas que consumiram as folhas de sorgo BRS 506, no qual tiveram a maior taxa de crescimento relativo (RGR) que indica o ganho de biomassa em relação a seu peso, mas mesmo assim com um valor bem abaixo do encontrado por Souza et al. (2001) que, através dessas medidas avaliou a performance da lagarta do cartucho em dieta natural.

A digestibilidade aparente (DA) que representa a porcentagem de alimento ingerido que foi efetivamente assimilado pelo inseto, nesse estudo apresentou porcentagens bem abaixo daquelas encontradas por Busato et al., (2002) que obtiveram esses índices para a lagarta-do-cartucho mantidas em folhas de milho e arroz.

As lagartas que apresentaram menor eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI), que representa a percentagem do alimento ingerido pelo inseto e transformado em biomassa, e menor eficiência de conversão do alimento digerido (ECD), que representa a percentagem do alimento digerido convertido em biomassa do inseto, contudo, tiveram um maior custo metabólico. Esses resultados (Tabela 18) assemelham-se com os encontrados por Crócomo; Parra (1985), que estudaram o consumo e utilização do alimento em hospedeiros diferentes, e constataram menores ECI e ECD e maior custo metabólico, para lagartas alimentadas com folhas de milho.

Tabela 18. Taxa de consumo relativo (RCR), taxa metabólica relativa (RMR), razão de crescimento (RGR), digestibilidade aparente (AD), eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI), eficiência de conversão do alimento digerido (ECD), custo metabólico (100-ECD) de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com sorgo sacarino, Pelotas, RS.

Índices nutricionais e mortalidade	Cultivares		
	BRS 506	BRS 509	BRS 511
RCR (g/g/dia)	0,43±0,24a ¹	1,01±0,42a	0,94±0,26a
RMR (g/g/dia)	0,15±0,09a	0,26±0,22a	0,40±0,11a
RGR (g/g/dia)	0,07±0,004a	0,03±0,01a	0,03±0,09a
AD (%)	36,7±21,2a	22,5±10,4a	34,8±9,6a
ECI (%)	1,8±1,0a	3,6±0,5a	4,5±1,2a
ECD (%)	5,2±3,0a	25,4±10,0a	29,5±8,2a
100-ECD (%)	94,7±54,7a	74,5±10,0a	70,4±19,5a
Mortalidade (%)	88,0b	88,0b	48,0a

¹Médias com mesma letra na linha não diferem pelo teste Tukey 5% de probabilidade de erro.

A análise bromatológica dos cultivares de sorgo sacarino (Tabela 19) evidencia que a composição das folhas de sorgo é muito semelhante. Moitinho et al. (2015) compararam quatro variedades de sorgo sacarino (BRS 506, BRS 508, BRS 509 e BRS 511) quanto à produtividade e a qualidade nutricional. Os resultados encontrados foram que o cultivar BRS 509 obteve o pior desempenho para esses parâmetros, o cultivar BRS 506 foi o que apresentou os maiores teores de FDN, FDA, celulose e lignina o que interferiu de maneira negativa na digestibilidade “in vitro” das plantas. Portanto, esses autores recomendam o cultivar na alimentação de ruminantes, em função da produção e qualidade das plantas.

Contudo, nem sempre a planta hospedeira que possui o melhor valor nutritivo para a espécie é o hospedeiro com o conteúdo nutricional aparentemente melhor (PARRA, 1991).

Tabela 19. Matéria Seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e matéria mineral (MM) de sorgo sacarino, Pelotas, RS.

Cultivar	%MS	%PB	%FDN	%FDA	%MM
BRS 506	19,48	12,68	54,97	28,68	8,32
BRS 509	21,6	10,19	56,24	30,87	10,54
BRS 511	21,84	11,22	56,3	29,75	8,06

5. Considerações finais

Através dos resultados obtidos na presente pesquisa, pode-se considerar que, apesar de *Spodoptera frugiperda* ter completado o ciclo quando alimentada com os cultivares BRS 506 e 511, houve pouca oviposição, evidenciando que são hospedeiros pouco favoráveis a esse inseto, sendo que o cultivar 509 não é apropriado para o desenvolvimento da lagarta-do-cartucho. Através do estudo de consumo e utilização de alimento, verificou-se que, as lagartas de *S. frugiperda* alimentadas com folhas dos cultivares de sorgo sacarino apesar de possuírem característica polífaga, apresentaram baixa capacidade de compensar o conteúdo nutricional oferecido da planta.

Apesar de *Helicoverpa armigera* destacar-se por ser uma praga voraz em diversas culturas, com os parâmetros avaliados para as lagartas, pode-se comprovar, tanto na biologia quanto no teste de preferência que esse inseto não se desenvolve quando mantido em sorgo sacarino exclusivamente, no entanto, se considerarmos o sistema de produção, o inseto poderá utilizar o sorgo somente como hospedeiro intermediário.

Os cultivares de sorgo sacarino demonstraram ser um hospedeiro adequado para *Diatraea saccharalis*, quando incorporados à dieta artificial, porém são necessários mais estudos, principalmente com dieta natural.

Baseado nesses dados biológicos recomenda-se para o sistema de produção de grão os três cultivares de sorgo sacarino estudados, pois se houver a ocorrência de *S. frugiperda* e *H. armigera* sabe-se que não haverá desenvolvimento desses insetos; por outro lado não é recomendado esses cultivares quando houver a presença de lagartas de *D. saccharalis*, pois elas demonstraram bom desenvolvimento ao se alimentar do extrato seco de sorgo incorporado à dieta artificial.

6. Referencias Bibliográficas

- ABBASI, B. H.; AHMED, K.; KHALIQUE, F.; AYUB, N.; LIU, H. J.; KAZMI, S. A. R.; AFTAB, M. N. Rearing the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*, on a tapioca-based artificial diet. **Journal of Insect Science**, Oxford, v. 7, n. 35, p. 1-7, 2007.
- AGUSTI, N.; DE VICENTE, M. C.; GABARRA, R. Development of sequence amplified characterized region (SCAR) markers of *Helicoverpa armigera*: a new polymerase chain reaction-based technique for predator gut analysis. **Molecular Ecology**, Oxford, v.8, n.9, p.1467-1474, 1999.
- ALI, A.; CHOUDHURY, R. A. Some boilological characteristics of *Helicoverpa armigera* of chickpea. **Tunisian Journal of Plant Protection**, Sousse-Tunisia, v. 4, n. 1, p. 99-106, 2009.
- ALMODARES, A.; HADI, M. R. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v.4, n.9 p. 772-780, 2009.
- AMER, A. E. A.; EL-SAYED, A. A. A. Effect of different host plants and artificial diet on *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) development and growth index. **Journal of Entomology**, London, v.11, p.299-305, 2014.
- ANDREWARTHA, H. G. Thrips investigation n°7. **Journal of the council for scientific and industrial research**, New Delhi, v. 8 p. 81-88, 1935.
- ARNÓ, J.; GABARRA, R.; ROIG, J.; FOSCH, T. Integrated pest management for processing tomatoes in the Ebro Delta (Spain). **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 487, n. 1, p. 207-212, 1999.
- ÁVILA, J. C; VIVAN, L. M.; TOMQUELSKI, G. V.; Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 12p. (Embrapa Agropecuária Oeste. **Circular Técnica**, 23).
- BARBOSA, T. A. N.; MENDES, S. M.; RODRIGUES, G. T.; RIBEIRO, P. E. A.; SANTOS, C. A.; VALICENTE, F. H.; OLIVEIRA, C. M. Comparação de Biologia entre *Helicoverpa zea* e *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) criados em dieta artificial. **Florida Entomologist**, Washington, v. 99, v. 1, p. 72-76, 2016.
- BARCELOS, C. A. **Aproveitamento das frações sacarínea, amilácea e lignocelulósica do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção de bioetanol**. 2013. 334p. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

- BOIÇA JR., A. L.; LARA, F. M. Avaliação da resistência de genótipos de *Sorghum bicolor* (L.) Moench a *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Pyralidae) e determinação dos tipos envolvidos. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v.12, p.261-272, 1983.
- BOIÇA Jr., A. L.; LARA, F. M.; BELLODI, M.P. influência de variedades de cana-de-açúcar, incorporadas em dieta artificial, no desenvolvimento de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) e no seu parasitismo por *Cotesia flavipes* (Cam.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 537-542, 1997.
- BOIÇA Jr. A. L.; LEONELO. A. F.; DE JESUS, A. F. Dietas artificiais incorporadas ou não a colmos triturados de variedades de cana-de-açúcar na biologia de *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Crambidae). **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 39-48, 2011.
- BORTOLI, S. A.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; DA CUNHA, H. F.; LENDELL, M. G. A.; DE MATOS, P. P. Influência de diferentes genótipos de sorgo e milho na biologia de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera, Pyralidae), criada em dieta artificial. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 14, p. 204-212, 1989.
- BORTOLI, S. A.; DÓRIA, H. O. S.; ALBERGARIA, N. M. M. S.; BOTTI, M. V. Aspectos biológicos e dano de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Pyralidae) em sorgo cultivado sob diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2005.
- BOTELHO, P. S. M.; MACEDO, N. **Cotesia flavipes para o controle de *Diatraea saccharalis***. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). Controle Biológico no Brasil: parasitoides e predadores. São Paulo: Manole, p.409-426, 2002.
- BOTTON, M.; CARBONARI, J. J.; GARCIA, M. S.; MARTINS, J. F. S. Preferência alimentar e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em arroz e capim-arroz. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 27, n.2, 1998.
- BUSATO, G. R. **Variabilidade fenotípica e genotípica, comportamento alimentar e exigências térmicas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho e arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. 2004. 175p. TESE. Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, 2004.
- BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, A.D.; GARCIA, M.S.; GIOLO, F.; MARTINS, A. Consumo e utilização de alimento por *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) originária de diferentes regiões do Rio Grande do Sul, das culturas do milho e do arroz irrigado. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, n.4, p.525-529, 2002.

BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLO, F. P.; ZOTTI, M. J.; MAGALHÃES, T. R. Tabela de vida de fertilidade de populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de milho e arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrocência**, Pelotas, v.10, n. 4, p.449-455, 2004.

BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, M. S. G.; GIOLO, F. P.; ZOTTI, M. J.; JUNIOR, G. S. Biologia comparada de populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de milho e arroz. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.34, n.5, p.743-750, 2005.

BUTT, B. A.; CANTU, E. **Sex determination of lepidopterous pupae**. Agricultural Research Service, Washington: USDA/ARS, 12p. 1962.

CAMPOS, Z. R. **Resistência de variedades de algodoeiro a *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2008, 67p. Tese. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2008.

CAMPOS, Z. R.; BOIÇA-JÚNIOR, A. L.; VALÉRIO FILHO, W. V.; CAMPOS, O. R.; CAMPOS, A. R. The feeding preferences of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on cotton plant varieties. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 34, n. 2, p. 125-130, 2012.

CASTRO, B. A.; LEONARD, B. R.; RILEY, T. J. Management of feeding damage and survival southwestern corn borer and sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae) with *Bacillus thuringiensis* transgenic field corn. **Journal of Economy Entomology**, Maryland, v. 97, n. 6, 328p, 2004.

CASTRO, M. T.; PITRE, H.N. Development of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, from Honduras and Mississippi on sorghum or corn in the laboratory. **Florida Entomologist**, Gainesville, v.71, p.49-56, 1988.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN, L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v.43, n.1, p. 110-113, 2013.

CHAPMAN, R. F. **The insects: structure and function**. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 770 p.

CHOUGULE, N. P.; GIRI, A. P.; SAINANI, M. N.; GUPTA, V. S. Gene expression patterns of *Helicoverpa armigera* gut proteases. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Sydney, v.35, p. 355–367, 2005.

Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para Agropecuária**. Safra 2014/2015. Disponível em: <www.conab.gov.br/>. Brasília, 2014. Acesso em: 31 de julho de 2015.

CORTEZ, M. G. R.; WAQUIL, J. M. Influência de cultivar e nível de infestação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no rendimento do sorgo. **Anais da Sociedade de Entomologia do Brasil**, Londrina, v.26, n. 2, p. 407-410, 1997.

CRÓCOMO, W. B.; PARRA, J. R. P. Consumo e utilização de milho, trigo e sorgo por *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira Entomologia**, Piracicaba, v. 29, p. 225-260, 1985.

CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1995. 45p. (Embrapa Milho e Sorgo. **Circular Técnica, 21**).

CRUZ, I. A Broca da Cana-de-Açúcar, *Diatraea saccharalis*, em Milho, no Brasil. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 12p. (EMBRAPA/CNPMS. **Circular Técnica, 90**).

CRUZ, C. D. **Programa Genes** – Aplicativo computacional em genética e estatística. www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm 2010.

DYAR, H.G. The number of molts of lepidopterous larvae. **Psyche**, Cambridge, v. 5 p: 420-422, 1890.

DE CONTI, B. F. **Exigências térmicas e monitoramento de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1974) (Lepidoptera: Crambidae), como suporte ao seu controle biológico**. Tese. 2012. 120p. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2012.

DURÃES, F. O. M. Agroenergia em revista Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia. Sorgo sacarino: desenvolvimento de tecnologia agrônômica. **Agroenergia em Revista**. Brasília: Embrapa, 3ed. 7p. 2011.

EL-LISSY, O. Subject: **Detection of old world bollworm (*Helicoverpa armigera*) in Florida**. Disponível em: http://nationalplantboard.org/wpcontent/uploads/docs/spro/spro_owb_2015_7_30.pdf

Embrapa: BRS 506- **O sorgo sacarino mais testado e plantado no Brasil**. Núcleo de Comunicação Organizacional (NCO) - Tiragem: 2000 exemplares Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2012a.

Embrapa: BRS 511- **O sorgo sacarino com alto potencial de colmos**. Núcleo de Comunicação Organizacional (NCO) - Tiragem: 2000 exemplares Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2012b.

EMYGDIO, B. M. **Produção de etanol a partir de sorgo sacarino**. 2010. Artigo em Hypertexto. Disponível em:

<http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/sorgo/index.htm>. Acesso em: 24/2/2016

EPPO - European and Mediterranean plant protection organization. Data sheet on quarantine organisms nº 110: *Helicoverpa armigera*. Paris: EPPO, 1981 (**Bulletin**, 11).

FERNANDES, O. D. **Efeito do milho geneticamente modificado (MON810) em *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e no parasitóide de ovos *Trichogramma* spp.** 2003. 164p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003.

FITT, G. P. The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.34, n.1, p. 17-52, 1989.

GIOLLO, F.P.; GRUTZMACHER, A.D.; GARCIA, M.S.; BUSATO, G.R. Parâmetros biológicos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) oriundas de diferentes localidades e hospedeiros. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.8, p.221-224, 2002.

GUEVARA, L. A. C.; WIENDL. Aspectos da Biologia, em condições de campo, da broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794). **Revista Agropecuária Técnica**, Areias, v. 1, n. 1, p. 32-39, 1980.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo de entomologia**. São Paulo, 2012. 429p.

HARDING, J. A. *Heliothis* spp.: seasonal occurrence, hosts and host importance in the lower Rio Grande Valley. **Environmental Entomology**, Lanham, v.5, p.666-668, 1976.

HARDWICK, D. F. **The corn earworm complex**. Ottawa: Entomological Society of Canada, 1965. (Memoirs of the Entomological Society of Canada, 40).

HENSELEY, S. D.; HAMMOND, A. M. Laboratory techniques for rearing the sugar cane borer on an artificial diet. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.61, n.6, p.1742-1743, 1968.

HILKER, M.; FATOUROS, E. F. Plant responses to insect egg deposition. **Annual Review Entomology**, Palo Alto, v. 60, n, 26, p- 1-26.2, 2014.

INGRAM, K. W.; BYNUM, E. K. The sugarcane borer. Washington: USDA, 1984.17 p. (USDA. Farmer's **Bulletin**, 1884).

JHA, R, K.; CHI, H; TANG, L. C. A Comparison of Artificial Diet and Hybrid Sweet Corn for the Rearing of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera:

Noctuidae) Based on Life Table Characteristics. **Environmental Entomology**, Oxford, v.41, n.1, p. 30-39, 2012.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24 n. 68, 2010.

LAMMERS, J. W.; MACLEOD, A. **Report of a pest risk analysis: *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808)**. [S.l.: s.n.], 2007. Disponível em: <<http://www.fera.defra.gov.uk/plants/plantHealth/pestsDiseases/documents/helicoverpa.pdf>>. Acesso em: 28 janeiro 2016.

LARA, F. M.; BARBOSA Fº, G. C.; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Comportamento de genótipos de sorgo em relação ao ataque de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.8, p.125-130, 1979.

LARA, F. M.; BUSOLI, A. C.; BARBOSA F, G. C.; AYALA-OSUNA, J; PERECIN, D. Preferência de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) a genótipos de sorgo - *Sorghum bicolor* (L.) Moench, em condições de campo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.6, p.58-63, 1977.

LARA, F. M.; FOSS, M. R. D. A.; BOICA JR., A. L.; TRIGO, J. G. Resistência de genótipos de sorgo a *Contarinia sorghicola* (Coq.) (Diptera: Cecidomyiidae) e *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae) e influência sobre parasitóides. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.26, n.2, p.327-333, 1997.

LARA, F. M.; PERUSSI, E. M. Resistência de sorgo sacarino *Sorghum bicolor* (L.) Moench ao ataque de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794). **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 36, p.280-286, 1984.

LEE, E. T. **Statistical Methods for Survival Data Analysis**. Ed. John Wiley & Sons, 1992.

LIMA, A. A. **Comparação de dietas artificiais para criação de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) e avaliação da qualidade de *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) em criações massais**. 2011. 95p. Dissertação. Instituto Biológico, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, São Paulo, 2011.

LINARES, B. A. F. Influencia de la temperatura en el desarrollo de *Diatraea saccharalis*. **Caña de Azúcar**, Maracay, v. 5, n. 2, p. 43-66, 1987.

LOPES, G. S. **Resistência de cultivares de milho convencional e transgênico a *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae)**. 2014. 91p. Tese. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Jaboticabal, 2014.

LOPES, G. S.; LEMOS, R. N. S.; MACHADO, K. K. G.; MACIEL, A. A. S.; OTTATI, A. L. T. Biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Caatinga**, Mossoró, v.21, n.3, p.134-140, 2008.

MARENGO, J. A. Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI. **Ministério de Meio Ambiente**, Brasília, 2006.

MARTINEZ, S. S.; EMDEN, H. F. van Growth disruption, abnormalities and mortality of *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) caused by Azadirachtin. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.30, n. 1, p. 113-125, 2001.

MAY, A. Cultivo de Sorgo Sacarino em Áreas de Reforma de Canaviais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 36p. (Embrapa Milho e Sorgo. **Circular técnica, 186**).

MAY, A.; MANTOVANI, E. C.; DURÃES, F. O. M.; VASCONCELLOS, J. H.; PARRELLA, F. A. C.; SCHAFFERT, R. E.; PARENTONI, D. N. Seminário Temático Agroindustrial de Produção de Sorgo Sacarino para Bioetanol – **Anais: Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, 2012.

MELO, A. B. P.; PARRA, J. R. P. Biologia de *Diatraea saccharalis* em diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23 n. 7, p. 663-680, 1988.

MENDES, S. M.; VIANA, P. A.; CRUZ, I.; WAQUIL, J. M. Controle de Pragas. In: MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. da C. Sistema Embrapa de produção de sorgo para bioetanol: Sistema BRS1G – Tecnologia Qualidade Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p. 57-67 (Embrapa Milho e Sorgo - **Documentos, 139**).

METCALF, R. L.; FLINT, W. P. **Insectos destructivos y insectos utiles: sus costumbres y su control**. 4.ed. 630p. 1965.

MOITINHO, C. N.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; RETORE, M.; LIMA FILHO, O. F.; MANARELLI, D. M.; ORRICO, A. C A. MATTOS, B. B. Potencial forrageiro de quatro variedades de sorgo sacarino. 52^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia Zootecnia: Otimizando Recursos e Potencialidades. **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Belo Horizonte, 2015.

MOREIRA, L, R. Biocombustíveis: abastecer o debate sobre os rumos da política energética. **Revista Princípio**, São Paulo, ed. 105, p. 50-54, 2010.

MURÚA, G.; SCALORA, F. S.; NAVARRO, F. R.; CAZADO, L. E.; CASMUZ, A.; VILLAGRÁN, M. E.; LOBOS, E.; GASTAMINZA, G. First Record of *Helicoverpa*

armigera (Lepidoptera: Noctuidae) in Argentina. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 97, n. 2, 2014.

NAKANO, O. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002, 920p.

NASREEN, A.; MUSTAFA, G. Biology of *Helicoverpa armigera* (Hubner) Reared in Laboratory on Natural Diet. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Dubai, v. 3, n. 10 p. 1668-1669, 2000.

OLIVEIRA, S. M. B. **Base científica para compreensão do aquecimento global**. In: VEIGA, José Eli da; Aquecimento global: Frias contendas. São Paulo: Editora Senac, 2008.

PACHECO, T.F. **Produção de etanol: primeira ou segunda geração?** 2011. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2011_2/ProducaoEtanol/index.htm>. Acesso em: 24/3/2016.

PARRA, J. R. P. Consumo e utilização de alimento por insetos. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Eds.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, p. 9-65, 1991.

PARRA, J. R. P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico**. Piracicaba: FEALQ, 1999, 137p.

PARRA, J. R. O.; HADDAD, M. L. **Determinação do número de instares de inseto. Agricultura e desenvolvimento**. FEALQ, ESALQ-USO, 49p, 1989.

PARRA, J. R. P.; MELO, A. B. P.; MAGALHAES, B. P.; SILVEIRA NETO, S.; BOTELHO, P. S. M. Efeito do fotoperíodo no ciclo biológico de *Diatraea saccharalis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.5, p. 463-472, 1983.

PARRA, J. R. P.; PANIZZI, A. R.; HADDAD, M. L. Índices nutricionais para medir consumo e utilização de alimentos por insetos. In: **Bioecologia e nutrição de insetos: Base para o manejo integrado de pragas**/ Editores técnicos, Antonio R. Panizzi, José R. P. Parra. –Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. cap. 2, p.37-90.

PARRELA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E.; COTA, L. V.; TARDIN, F. D.; MENEZES, C. B.; RODRIGUES, J. A. S.; MENDES, S. M.; MAY, A. BRS 509: variedade de sorgo sacarino para produção de etanol. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 2p. (Embrapa Milho e Sorgo. **Comunicado Técnico, 194**).

PARRELA, R. A. C., SCHAFFERT, R. E., COTA, L. V., TARDIN, F. D., MENEZES, C. B., RODRIGUES, J. A. S., MENDES, S. M., MAY, A. BRS 509-

Variedade de Sorgo Sacarino para Produção de Etanol. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011, 2p. (Embrapa Milho e Sorgo. **Comunicado Técnico, 194**).

PATANKAR A. G.; GIRI, A. P.; HARSULKAR, A. M.; SAINANI, M. N.; DESHPANDE, V. V.; RANJEKAR, P. K.; GUPTA, V. S. Complexity in specificities and expression of *Helicoverpa armigera* gut proteases explains polyphagous nature of the insect pest. **Biochemistry and Molecular Biology**, Sydney, v.31, p.453–464, 2001.

PEDGLEY, D. E. Windborne migration of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) to the British Isles. **Entomologist's Gazette**, Wallingford, v. 36, n. 1, p. 15-20, 1985.

PINHEIRO, J. C. A.; PÁDUA, L. E. M.; PORTELA, G. L. F. P.; BRANCO, R. T. P. C.; REIS, A. S.; SILVA, P. R. R. Biologia comparada de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) visando ao seu zoneamento ecológico no Estado do Piauí. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.21, n.2, p.197-203, 2008.

PINÓIA, S. S. F.; **Eficácia de *Bacillus thuringiensis* (Berliner) e spinosade no combate a *Helicoverpa armigera* (Hbn) (Lepidoptera: Noctuidae) em tomateiro**. 2012. 89p. Dissertação. Universidade Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2012.

PINTO, A. S.; GARCIA, J. F.; OLIVEIRA, HERALDO. N. Manejo das principais pragas da cana-de-açúcar In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S. JENDIROBA, E.; NÓBREGA J. C. M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. cap. 15, p. 258–262.

PINTO, A.S.; PARRA, J. R. P.; OLIVEIRA, H. N. **Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos do milho e sorgo**. 108p. Ribeirão Preto, 2004.

PORTILLO, H.E.; PITRE, H. N.; MECKENSTOCK, D. H.; ANDREWS, K. L. Performance of a Lepidopteran pest complex (Langosta) (Lepidoptera: Noctuidae) on sorghum, maize, and noncrop vegetation in Honduras. **Environmental Entomology**, Lanham, v.27, n.1, p.70-79, 1998.

PRAÇA, L. B., NETO, S. P. S., MONNERAT, R. G. *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) biologia, amostragem e métodos de controle. 2006, Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 22 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. **Documentos, 199**).

PRASAD, S.; SINGH, A.; JOSHI, H. C. Ethanol as an alternative fuel from agricultural, industrial and urban residues. **Resources Conservation and Recycling**, Elsevier, v.50, p. 1-39, 2007.

POGUE, M. G. A new synonym of *Helicoverpa zea* (Boddie) and differentiation of adult males of *H. zea* and *H. armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae):

Heliothinae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v.97, n.6, p. 1222-1226, 2004.

REDDY, B. V. M.; ASHOK KUMAR, A.; RAMESH, S. Sweet sorghum: a water saving bioenergy crop. International conference on linkages between energy and water management for agriculture in developing countries, IWMI, ICRISAT campus Hyderabad, India, 2007.

REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 58; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 41, 2013, Pelotas. **Indicações Técnica para o cultivo de milho e sorgo no Rio Grande do Sul**: Safras 2013/2014, 2014/2015. Pelotas: Embrapa, 2013. 124p. Organizado por Beatriz Marti Emygdio, Ana Paula Schneid Afonso da Rosa e Mauro César Celaro Teixeira.

ROSA, A. P. A.; TRECHA, C.O.; ALVES, A. C. GARCIA, L. GONÇALVES, V. P. Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) em linhagens de milho. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v.79, n.1, p.39-45, 2012.

RIBAS, P. M. Sorgo: introdução e importância econômica. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 16 p. (Embrapa Milho e Sorgo. **Documentos**, 26).

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**, Londrina, v.38, n.1, p.108-115, 2009.

SARATE, P. J.; TAMHANE, V. A; KOTKAR, H. M.; RATNAKARAN, N.; SUSAN, N.; GUPTA, V. S.; A.P. GIRI, A. P. Developmental and digestive flexibilities in the midgut of a polyphagous pest, the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. **Journal of Insect Science**, Minnesota, v. 12, p.1-16, 2012.

SARMENTO, R. A.; AGUIAR, R. W. S.; AGUIAR, A. S. S.; VIEIRA, S. M. J.; OLIVEIRA, H. G.; HOLTZ, A. M. Revisão da biologia, ocorrência e controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho no Brasil. **Biosciense Journal**, Uberlândia, v.18, n.2, p. 41-48, 2002.

SANDOVAL, S. S.; SENÔ, K. C. A. Comportamento e controle da *Diatraea saccharalis* na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**, Ituverava, v.7, n.1, 2010.

SARRO, F. B. **Biologia comparada de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho e em cultivares de algodoeiro**. 2006. 109p.Tese. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2006.

SCHOONHOVEN, L. M.; JERMY, T.; VAN LOON, J. A. A. 1998. Insect-plant biology. In: L. M. Schoonhoven, T. Jermy; J. A. A. van Loon (eds.), **Physiology of Evolution**. Chapman; Hall, London, 409p.

SCRIBER, J. M.; SLANSKY Jr, F. The nutritional ecology of immature insects. **Annual Review Entomology**, Palo Alto, v.26, p. 183-211, 1981.

SILVA, R. G.; GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA G V, OLIVEIRA E. Identificação dos níveis e fontes de resistência aos enfezamentos do milho. **Revista Brasileira de Milho Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 18-29, 2002.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILA NOVA, N. A. **Manual de ecologia de insetos**. São Paulo: Ceres, 1976. 419p.

SINGER, M. C. The definition and measurement of oviposition preference in plantfeeding insects. In: J.R. Miller; F.A. Miller (eds), **Insect-plant Interations**. New York, Springer-Verlag, 527p.

SOUZA, A. M. L; ÁVILA, C. J.; PARRA, J. R. P. Consumo e utilização de alimento por *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae), *Heliothis virescens* (Fabr.) e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas temperaturas. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.30, n. 1, p.11-17, 2001.

SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PAULA-MORAES, S. V. *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae: Heliothinae) no Brasil: Identificação morfológica e molecular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, p.689-692, 2013.

STRAPASSON, E. **Comparação de modelos com censura intervalar em análise de sobrevivência**. 2007. 135p. Tese. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2007.

TAUBER, M.J.; TAUBER, C.A. Dietary influence on reproduction in both sexes of five predacious species (Neuroptera). **Canadian Entomologist**, Ottawa, v.106, n.9, p.921-5, 1974.

TEIXEIRA, C. G.; JARDINE, J. G.; BEISMAN, D. A. Utilização do sorgo sacarino como matéria-prima complementar à cana-de-açúcar para obtenção de etanol em microdestilaria. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.17, n.3 p. 221-229, 1997.

THANEE, N. Oviposition preferences and larval food quality of *Helicoverpa armigera* (H.) Ph. D. Thesis. Massey University; Palmerson, New Zealand: 1987.

TRUZI, C. C; VIEIRA, N. F.; DE LAURENTIS, V. L.; VACARI, A. M.; DE BORTOLI, S. A. **XXVI Congresso de Iniciação Científica da UNESP**, 2015, Jaboticabal, **Anais...** Preferência alimentar de lagartas de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) por genótipos de girassol. Jaboticabal:UNESP, 2015. 1p.

ZALUCKI, M. P., DAGLISH, G., FIREMPONG, S.; TWINE, P. H. The biology and ecology of *Heliothis armigera* (Hübner) and *H. punctigera* Wallengren (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia: what do we know? **Australian Journal of Zoology**, Melbourne, v. 34, n. 6, p. 779–814, 1986.

WALDBAUER, G. P. The consumption and utilization of food by insects. **Advances in Insect Physiology**, New York, v. 5, p. 229-288, 1968.

WALOFF, N. Development of *Ephestia elutella* on some natural foods. Bull. **Bulletin of Entomological Research**, Londres, v. 39, n. 1, p.117 – 130, 1948.

WILLIAMS, J. R.; DELANO, D. R.; HEINIGER, R. W.; VANDERLIP, R.L.; LLEWELYN, R.V. Replanting strategies for grain sorghum under risk. **Agricultural Systems**, Elsevier, v.60, p.137-155, 1999.