

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Tese

Resistência varietal e morfológica de genótipos de soja a *Chrysodeixis includens*
(Lepidoptera: Noctuidae)

Priscilla Costa Gobbi

Pelotas, 2022

Priscilla Costa Gobbi

**Resistência varietal e morfológica de genótipos de soja a *Chrysodeixis
includens* (Lepidoptera: Noctuidae)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências (Área de conhecimento: Entomologia)

Orientador: Uemerson Silva da Cunha
Coorientadora: Ana Paula Schneid Afonso da Rosa

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

G574r Gobbi, Priscilla Costa

Resistência varietal e morfológica de genótipos de soja a *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) / Priscilla Costa Gobbi ; Uemerson Silva da Cunha, orientador ; Ana Paula Schneid Afonso da Rosa, coorientadora. — Pelotas, 2022.

106 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. Antibiose. 2. Antixenose. 3. Lagarta-falsa-medideira. 4. Resistência de plantas. 5. Tricomas. I. Cunha, Uemerson Silva da, orient. II. Rosa, Ana Paula Schneid Afonso da, coorient. III. Título.

CDD : 633.34

Priscilla Costa Gobbi

Resistência varietal e morfológica de genótipos de soja a *Chrysodeixis includens*
(Lepidoptera: Noctuidae)

Tese aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 30 de março de 2022.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Uemerson Silva da Cunha (Orientador)

Dr. em Entomologia Agrícola pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz –
Universidade de São Paulo.

Dra. Ana Paula Schneid Afonso da Rosa (Coorientadora)

Dra. em Fitossanidade pela Universidade Federal de Pelotas

Dra. Andressa Lima de Brida

Dra. em Proteção de Plantas pela Universidade Estadual Paulista

Dra. Ana Cláudia Barneche de Oliveira

Dra. em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras

Dr. Dori Edson Nava

Dr. em Entomologia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz –
Universidade de São Paulo.

Dedico este trabalho aos meus pais e ao meu noivo,
por todo o incentivo e apoio.

Agradecimentos

Primeiramente aos meus pais, Marco Aurélio Feijó Gobbi e Teresinha Costa Gobbi, pela minha existência, proporcionar, incentivar e apoiar meus estudos em toda a trajetória acadêmica e fazerem dos meus objetivos, seus compromissos.

Ao meu noivo, Diego Fernandes Baquini, pelo incentivo, apoio, paciência e compreensão.

Ao Programa de Pós-graduação em Fitossanidade (PPGFs), Departamento de Fitossanidade (DFs) e Universidade Federal de Pelotas (UFPel) pela oportunidade, suporte intelectual e acolhimento em toda a trajetória acadêmica.

Ao órgão de fomento CAPES, pela bolsa de incentivo.

A Embrapa Clima Temperado, pela confiança, acolhimento e toda a estrutura fornecida para a realização deste trabalho.

Ao Orientador, Prof. Dr. Uemerson Silva da Cunha e a coorientadora, Dra. Ana Paula Schneid Afonso da Rosa, pela oportunidade, confiança, amizade, disponibilidade, acolhimento e por fazerem todo o possível para a realização desse trabalho mediante tantos percalços.

A colega e principalmente, amiga, Dra. Adriane da Fonseca Duarte, pelo apoio, carinho, preocupação, ajuda, suporte intelectual, acolhimento e pelos momentos de descontração memoráveis.

Aos colegas do laboratório de acarologia (LabAcaro/UFPel), Juliano Lessa Pinto Duarte, João Pedro Robe Fagundes, Lucas Raphael da Silva, Joana Miotto e aos colegas do Núcleo de Bioeficiência (ETB/Embrapa), Jeferson Prass Pimentel, Mailara Bierhals, Josimar Contreira, Fabrício Barcelos Motta e Indyra Faria de Carvalho, pela ajuda, apoio, conhecimentos trocados e descontração.

Aos Professores, Dra. Ana Paula Schneid Afonso da Rosa, Dr. Daniel Bernardi, Dr. Dori Edson Nava, Dr. Juliano Lessa Pinto Duarte, Dr. Marcos Botton e Dr. Uemerson Silva da Cunha, pelos conhecimentos transmitidos através das disciplinas cursadas.

Aos Professores, Dr. Dirceu Agostinetti e Dr. Renan Ricardo Zandoná e ao Centro de Herbologia (CEHERB) pelo suporte necessário para o desenvolvimento deste trabalho.

A banca de qualificação, Dra. Andressa Lima de Brida, Dra. Ana Cláudia Barneche de Oliveira, Dr. Daniel Bernardi e Dr. Juliano Lessa Pinto Duarte, pela participação e por todas as contribuições.

Aos funcionários responsáveis pela limpeza do LabAcaro, que sempre mantiveram o laboratório limpo para o bom desempenho das atividades.

Aos funcionários da ETB/Embrapa pelo suporte nas pesquisas.

A banca de defesa, Dra. Ana Cláudia Barneche de Oliveira, Dra. Ana Paula Schneid Afonso da Rosa, Dra. Andressa Lima de Brida, Dr. Dori Edson Nava, por se disporem a participar como membros examinadores da tese.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho.

Obrigada!

“Otimismo é esperar pelo melhor. Confiança é saber lidar com o pior”. (Roberto Simonsen)

Resumo

GOBBI, Priscilla Costa. Resistência varietal e morfológica de genótipos de soja a *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). Orientador: Uemerson Silva da Cunha. 2022. 106f. Tese (Doutorado em Fitossanidade) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

Os ambientes de lavoura encontram-se frequentemente expostos ao ataque de pragas, da germinação a colheita, destacando-se a lagarta-falsa-medideira *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae), cujo controle é realizado principalmente, por meio do uso de inseticidas sintéticos. O uso de estratégias de controle que integrem o manejo de pragas visando reduzir a dependência do controle químico são fundamentais. Os mecanismos constitutivos das plantas são responsáveis por afetar a interação herbívoro-hospedeiro resultando em efeitos comportamentais ou metabólicos no inseto, estimulados por fatores físicos, morfológicos ou químicos da planta. O objetivo da tese foi avaliar as linhagens de soja PELBR 10-6000 RR e PELBR 10-6049 RR adaptadas fisiologicamente para a região de terras baixas e as cultivares indicadas para a região de adaptação edafoclimática 101 (REC 101): BRS 6203 RR, BRS 391, BMX ICONE IPRO, BMX Valente RR e TEC IRGA 6070 RR, para a possível presença de resistência a *C. includens*. As lagartas foram coletadas na área experimental da Estação Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado na safra de 2018-19. Na sequência, a criação foi estabelecida no Núcleo de Bioeficiência em condições controladas (25 ± 1 °C, 70 ± 10 UR, fotofase 14 h). Foram conduzidos experimentos de antibiose e de antixenose, para alimentação e oviposição, com e sem chance de escolha, correlacionando-os com os fatores de resistência, densidade e tamanho de tricomas. Os resultados demonstraram que a cultivar TEC IRGA 6070 RR ocasionou 100% de mortalidade das lagartas e as cultivares BRS 6203 RR e BRS 391 afetaram o desenvolvimento da espécie. As linhagens PELBR 10-6049 RR e PELBR 10-6000 RR, não apresentaram predisposição a antibiose. A maior densidade de tricomas glandulares ocorreu para BRS 6203 RR e BRS 391, nos estádios V2 e V5, respectivamente. O genótipo PELBR 10-6049 RR encontrou-se entre as menores densidades e tamanhos de tricomas. O tamanho de tricomas tectores e comportamento de oviposição não diferiram para os genótipos avaliados. O consumo foliar foi menor para BMX Icone IPRO e TEC IRGA 6070 RR. O tamanho de tricomas não influenciou o comportamento de oviposição e de consumo foliar de *C. includens*. A densidade de tricomas apresentou correlação negativa para consumo e correlação positiva para oviposição. Os genótipos de soja apresentaram tricomas tectores filiformes e glandulares claviformes. O entendimento

das relações inseto-hospedeiro é fundamental para a implementação em programas de melhoramento da cultura.

Palavras-chave: Antibiose. Antixenose. Lagarta-falsa-medideira. Resistência de plantas. Tricomas.

Abstract

GOBBI, Priscilla Costa. Varietal and morphological resistance of soybean genotypes to *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). Advisor: Uemerson Silva da Cunha. 2022.106l. Thesis (Doctorate Crop Protection) – Postgraduate Program in Crop Protection, Eliseu Maciel Agronomy Faculty, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2022.

The farming environments they are often exposed to pest attack, from germination to harvest, highlighting the Soybean Looper *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae), whose control is carried out mainly through the use of synthetic insecticides. The use of control strategies that integrated pest management to reduce dependence on chemical control are fundamental. The constitutive mechanisms of plants are responsible for affecting the herbivore-host interaction resulting in behavioral or metabolic effects on the insect, stimulated by physical, morphological or chemical plant factors. The objective of the thesis was to evaluate the soybean lines PELBR 10-6000 RR and PELBR 10-6049 RR, physiologically adapted to the lowland region and the cultivars indicated for the region of edaphoclimatic adaptation 101 (REC 101): BRS 6203 RR, BRS 391, BMX ICONE IPRO, BMX Valente RR and TEC IRGA 6070 RR, for the possible presence of resistance to *C. includens*. The caterpillars were collected in the experimental area of the Estação Terras Baixas of Embrapa Clima Temperado in the 2018-19 harvest. Subsequently, the rearing was established in the Bioefficiency Center under controlled conditions (25 ± 1 °C, 70 ± 10 RH, photofase 14 h). Were conducted antibiosis and antixenosis experiments for feeding and oviposition, free- and no-choice, correlating them with the factors of resistance, density and size of trichomes. The results showed that the cultivar TEC IRGA 6070 RR caused 100% mortality of the larvae and the cultivars BRS 6203 RR and BRS 391 affected the development of the species. The breeding lines PELBR 10-6049 RR and PELBR 10-6000 RR and the cultivar BMX Valente RR showed no predisposition to antibiosis. The highest density of glandular trichomes occurred for BRS 6203 RR and BRS 391, in stages V2 and V5, respectively. The PER 10-6049 genotype showed the lowest densities and sizes of trichomes. The size of tector trichomes and oviposition behavior did not differ for the evaluated genotypes. Foliar consumption was lower for BMX ICONE PRO and TEC IRGA 6070 RR. The size of trichomes did not influence the behavior of oviposition and foliar consumption of *C. includens*. The density of trichomes showed a negative correlation for consumption and positive correlation for oviposition. Soybean genotypes showed filiform trichomes and claviform glandular trichomes. The understanding of insect-host relationships is fundamental for implementation in culture improvement programs.

Keywords: Antibiosis. Antixenosis. Soybean looper. Plant resistance. Trichomes.

Lista de Figuras

Introdução

- Figura 1 Ciclo biológico de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) com período aproximado de cada fase de desenvolvimento em temperatura de aproximadamente 25°C. Fotos: Arquivo pessoal20
- Figura 2 Aspectos bioecológicos de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857). (A) Injúrias causadas em folhas de soja. (B) Lagarta. (C) Pupa envolta em fios de seda localizada na face abaxial da folha de soja. (D) Adulto. Fotos: Arquivo pessoal21

Artigo I

- Figura 1 Categorias de resistência: antixenose, antibiose e tolerância.....37

Artigo II

- Figura 1 Valores médios da largura da cápsula cefálica (mm) e número de instares indicados por picos de frequência (indicados pelas setas) de *Chrysodeixis includens* (Walker) alimentado com genótipos de soja. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2021.....67
- Figura 2 Fertilidade específica (mx) e taxa de sobrevivência (lx) de *Chrysodeixis includens* (Walker) e pico de oviposição (apontados pelas setas) em genótipos de soja. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2021.....68

Artigo III

- Figura 1 Estômatos do tipo paracítico. Células subsidiárias (CS) paralelas as células-guarda (CG). Exemplar: PELBR 10-6000.....93

- Figura 2 a. Tricoma tector simples (TT) e tricoma glandular claviforme multicelular (TG), maior concentração de tricomas sobre a nervura foliar. Exemplar PELBR 10-6049 RR; b. Tricoma tector constituído por célula basal (CB), célula mediana (CM) e célula apical (CA) e tricoma glandular constituído por célula basal (CB), Pedúnculo (PE) e célula apical (CA). Exemplar: BRS 6203 RR.....94
- Figura 3 Tamanho médio de tricomas (μm) de tricomas. a. tricomas tectores; b. tricomas glandulares para os diferentes genótipos de soja. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem significamente pelo teste de Duncan ($p \geq 0.05$). ^{ns} Não significativo.....95

Lista de Tabelas

Artigo I

Tabela 1	Estudos envolvendo a resistência de genótipos de soja a desfolhadores <i>Anticarsia gemmatalis</i> (Hübner, 1818) e <i>Chrysodeixis includens</i> (Walker, 1857)38
----------	--

Artigo II

Tabela 1	Período médio (\pm EP) e viabilidade dos estágios de desenvolvimento de <i>Chrysodeixis includens</i> (Walker) alimentados com diferentes genótipos de soja. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2021.....64
Tabela 2	Razão sexual, peso (\pm EP) e deformações pupais de <i>Chrysodeixis includens</i> (Walker) em diferentes genótipos de soja. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2021.....65
Tabela 3	Médias (\pm EP) dos parâmetros da tabela de vida de fertilidade (R_0 , r_m , λ , T e TD) de <i>Chrysodeixis includens</i> (Walker) alimentadas com genótipos de soja. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2021.....66

Artigo III

Tabela 1	Densidade média de tricomas tectores e glandulares (\pm erro padrão) de genótipos de soja nos estádios fenológicos V2 e V5.....96
Tabela 2	Número médio de ovos (\pm erro padrão) de <i>Chrysodeixis includens</i> (Walker, 1857) em diferentes genótipos de soja no estágio fenológico V5 em testes com chance de escolha e sem chance de escolha.....97

Tabela 3	Consumo médio (cm ²) ± erro padrão de <i>Chrysodeixis includens</i> (Walker, 1857) em diferentes genótipos de soja nos estádios fenológicos V2 e V5 em testes com chance de escolha e sem chance de escolha.....	98
Tabela 4	Coefficiente de correlação de Spearman (rs) obtido entre densidade de tricomas (DT) vs consumo foliar (CF), tamanho de tricomas (TT) vs consumo foliar (CF), densidade de tricomas (DT) vs oviposição (OVI), e tamanho de tricomas (TT) vs oviposição (OVI), nos estádios fenológicos de soja V2 e V5, em testes livre escolha (LE) e sem escolha (SE).....	99

Sumário

1	Introdução Geral	17
2	Artigo I – Resistência varietal de soja aos principais desfolhadores: uma revisão e perspectivas	25
	Resumo.....	25
	Introdução	25
	Resistência de plantas a insetos.....	26
	Mecanismos físicos, estruturais e químicos da resistência de plantas	27
	Resistência de genótipos de soja aos desfolhadores <i>A. gemmatalis</i> e <i>C. includens</i>	27
	O uso da tecnologia genômica e da metabolômica no melhoramento de plantas para resistência.....	28
	Desafios futuros	29
	Considerações finais.....	29
	Agradecimentos	29
	Referências.....	29
3	Artigo II – Efeito de genótipos de soja no desenvolvimento da lagarta-falsa-medideira	44
	Abstract.....	45
	Resumo.....	46
	Material e métodos.....	48
	Resultados	50
	Agradecimentos	55
	Referências citadas.....	55
4	Artigo III – Comportamento de oviposição e consumo foliar de <i>Chrysodeixis includens</i> em genótipos de soja	70
	Abstract.....	70
	Introdução	72
	Materiais e métodos.....	73

Resultados e discussão	77
Conclusão	85
Reconhecimentos	85
Declaração de conflito de interesses	86
Contribuições dos autores	86
Referências.....	86
5 Considerações finais.....	100
6 Referências gerais.....	102

1 Introdução Geral

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill, 1917) é uma planta herbácea de ciclo anual que mede de 80 a 150 cm de altura, com folhas alternadas trifolioladas e frutos em forma de vagens contendo sementes de formato globoso (MULLER, 1981). A fenologia da soja compreende os estádios vegetativo, que representa as fases de estabelecimento e desenvolvimento das plantas e o reprodutivo, que inicia com o florescimento até a maturação das vagens (NEUMAIER; NEPOMUCENO; FARIAS, 2000).

A cultura apresentou seu primeiro relato, no Brasil, em 1882 no Estado da Bahia, através de resultados dos primeiros testes com variedades introduzidas dos Estados Unidos (EUA) (D'UTRA, 1882). Após, foi levada para o Estado de São Paulo por imigrantes japoneses, no entanto, foi no Estado do Rio Grande do Sul (RS) que as variedades melhor se adaptaram às condições edafoclimáticas e ao fotoperíodo (BONETTI, 1981).

Atualmente, o Brasil encontra-se na primeira posição entre os maiores produtores de soja. Na safra 2020/21, a cultura ocupou uma área de 39.195,6 milhões de hectares com uma produção de 138.153,0 milhões de toneladas e produtividade de 3.525 kg por hectare. O Estado do Rio Grande do Sul é o segundo maior produtor de soja do Brasil, com 38.123,7 milhões de toneladas na safra 2020/21, atrás do Mato Grosso (73.073,3 milhões de toneladas) (CONAB, 2022).

A expansão da cultura pelo país reflete em uma maior demanda por cultivares de soja adaptadas aos diferentes sistemas de produção e condições edafoclimáticas. A diversidade de ecossistemas, climas e tipos de solos do Brasil para as regiões sojícolas foram agrupadas pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento em Regiões Edafoclimáticas (REC) baseada em fatores similares como, latitude (fotoperíodo/temperatura), regime de chuvas, altitude (temperatura) e tipo de solo (KASTER; FARIAS, 2012).

O Rio Grande do Sul possui três Regiões Edafoclimáticas (RECs), as áreas de terras baixas que abrangem cerca de 4 milhões de hectares agricultáveis, classificados pelo clima mesotérmico, sem ocorrência de estação seca com verões quentes ou amenos, e conforme recomendação do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), a semeadura da cultura deve ocorrer no período de 21 de outubro a 31 de dezembro (CONCENÇO et al., 2020; OLIVEIRA, 2017). Nesse período, a intensidade de radiação solar, o fotoperíodo e a temperatura média do ar aumentam e reduzem nos meses de janeiro a abril influenciando na duração das fases e no ciclo de desenvolvimento da soja (KANTOLIC, 2008).

A cultura da soja, nos sistemas de terras baixas, surgiu como uma alternativa para a utilização das áreas de pousio da cultura do arroz, campos e pastagens, além disso, os retornos econômicos satisfatórios aumentaram o interesse na produção da cultura no ambiente de terras baixas. Porém, as condições de irrigação e drenagem são limitantes para o desempenho da cultura fazendo-se necessário a adequação da superfície do terreno, através de alterações na conformação da superfície e construção de sulcos/camalhões. Tal técnica, além de eliminar problemas de drenagem, facilita a irrigação principalmente para as culturas de sequeiro como o milho e a soja (PARFITT et al., 2017).

Outra limitação em terras baixas é a fertilidade do solo, pois ambientes temporariamente alagados se encontram sob condições de oxidação e de redução, que determinam a disponibilidade de minerais e sua dinâmica no solo, sendo limitantes para a cultura da soja, o fósforo (P) e potássio (K). A deficiência de P no solo diminui o crescimento das plantas, o potencial de rendimento, o aumento no aborto de flores e reduz a formação e retenção de vagens, culminando com menor rendimento de grãos, além de comprometer a fixação biológica de nitrogênio sendo

necessário o aporte de fertilizantes e corretivos para suprir a demanda nutricional das culturas de sequeiro em rotação com o arroz (VITTI; TREVISAN, 2000).

A necessidade de ampliar os limites do uso das terras destes solos, classificados como hidromórficos, evoluíram através de pesquisas com genótipos tolerantes a essas limitações de modo que expressem o seu maior potencial produtivo sob condições ótimas, as quais, dificilmente são encontradas nos ambientes de lavouras, estando expostos aos fatores bióticos e abióticos que causam perdas consideráveis na produção (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000; NEUMAIER; NEPOMUCENO; FARIAS, 2000; OLIVEIRA, 2017; REUNIÃO, 2018).

Entre os fatores bióticos, os insetos destacam-se por ocasionarem perda média de 7,7% da produção total brasileira, uma redução de 25 milhões de toneladas de alimentos, fibras e biocombustíveis, o que representa, US\$ 14,7 bilhões anuais na safra (OLIVEIRA, et al., 2014). Os lepidópteros destacam-se por provocarem perdas consideráveis, uma vez que, o desfolhamento ocasionado pela alimentação das lagartas compromete a área foliar responsável pela fotossíntese, com consequente redução do enchimento das vagens e da produção de grãos (GAZZONI; YORINIORI, 1995).

A principal praga da cultura da soja é a lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Erebidae) (ÁVILA; GRIGOLLI, 2014). Recentemente, a presença da lagarta-falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) se intensificou devido a conformação e o manejo do cultivo da soja, aos aspectos comportamentais da praga e a redução da população de fungos entomopatogênicos, alterando o status de praga-secundária para praga-chave em várias regiões produtivas (BUENO et al., 2007) sendo capaz de consumir 60 a 200cm² de limbo foliar durante seu ciclo (BUENO et al., 2011).

O ciclo de *C. includens* é holometabólico, que compreende as fases de ovo (3 dias), larva (14-20 dias) pupa (7-9 dias) e adulto (15-18 dias) e o tempo de desenvolvimento de ovo até o adulto varia de 27 a 34 dias na temperatura de aproximadamente 25°C (Figura 1) (MOREIRA; ARAGÃO, 2009; REID; GREENE, 1973; SOSA-GÓMEZ et al., 2014; VÁZQUEZ, 1988).

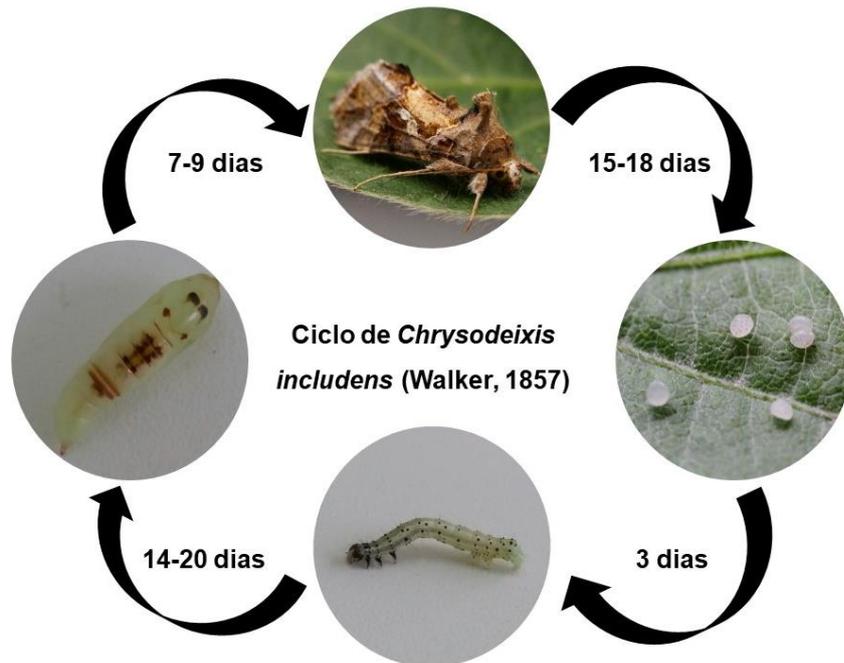


Figura 1. Ciclo biológico de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) com período aproximado de cada fase de desenvolvimento em temperatura de aproximadamente 25°C. Fotos: Arquivo pessoal.

A lagarta-falsa-medideira apresenta coloração verde-clara com faixas longitudinais brancas e pontuações pretas no dorso (Figura 2A), possui apenas dois pares de pernas abdominais e se locomove “medindo palmos” (MOSCARDI et al., 2012; SOSA-GÓMEZ et al., 2014). Nos primeiros instares de desenvolvimento, as lagartas raspam as folhas e a partir do terceiro instar já são capazes de perfurar o limbo foliar e provocar desfolhas e são frequentemente vistas se alimentando no terço médio e inferior das plantas (ÁVILA; GRIGOLLI, 2014).

Diferentemente da *A. gemmatalis*, que consome toda a folha, incluindo nervuras, *C. includens* consome apenas o limbo foliar (Figura 2B), deixando as nervuras principais e laterais intactas, fazendo com que as folhas de soja apresentem aspecto rendilhado (MOSCARDI et al., 2012). As lagartas passam por 6 instares durante o desenvolvimento larval até chegar à fase de pupa (HERZOG; TODD, 1980; HOFFMANN-CAMPO et al., 2000). As pupas apresentam coloração que varia do amarelo-pálido ao verde-claro com manchas marrons, e são encontradas, na face abaxial das folhas envoltas por fios de seda (Figura 2C) (MOREIRA; ARAGÃO, 2009).

Na fase adulta apresentam coloração acinzentada com reflexos dourados e duas manchas prateadas nas asas anteriores, já as asas posteriores, exibem uma coloração marrom-claro e a envergadura pode chegar à 40 mm (Figura 2D) e as

fêmeas durante sua vida, são capazes de depositar de 144 a 1.953 ovos (MOSCARDI et al., 2012; SOSA-GÓMEZ et al., 2014; VÁZQUEZ, 1988).

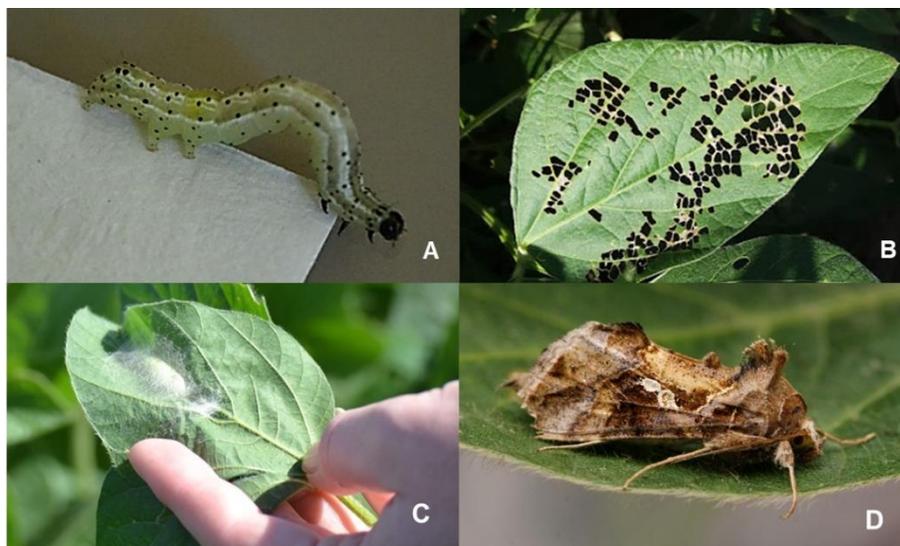


Figura 2. Aspectos bioecológicos de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857). (A) Injúrias causadas em folhas de soja. (B) Lagarta. (C) Pupa envolta em fios de seda localizada na face abaxial da folha de soja. (D) Adulto. Fotos: Arquivo pessoal.

A intervenção por meio do uso de inseticidas sintéticos é a forma de regulação mais empregada para o controle das pragas. Entretanto, a utilização incorreta desses produtos causa contaminação ambiental, mortalidade de inimigos naturais, evolução da resistência de insetos e intoxicação aguda de consumidores e trabalhadores rurais (ALMEIDA; CARNEIRO; VILELA, 2009; BUENO et al., 2012; SEFFRIN et al., 2009).

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) surgiu da necessidade de adoção de novas medidas de controle para minimizar os impactos causados pelo uso indiscriminado de produtos químicos. As táticas incorporadas ao MIP em uma estratégia de manejo visam de forma harmoniosa e através da análise de custo/benefício reduzirem tais impactos (KOGAN, 1998; MOURA, 2015).

A resistência de plantas surge nesse contexto, como uma importante ferramenta do manejo de insetos-praga, por meio da redução na suscetibilidade de plantas às injúrias sendo eficiente e compatível com os demais métodos de controle, além de modificar a interação planta-inseto e não necessitar de investimentos para manter a ação de controle (BOIÇA JÚNIOR et al., 2013; HOFFMANN-CAMPO et al., 2000; MOURA, 2015; SMITH, 2005; WALKER et al., 2000). Além disso, é uma opção

para os cultivos de soja orgânica reduzindo a incidência de insetos-praga sobre esses cultivos (CORRÊA-FERREIRA, 2003).

A resistência de plantas a insetos é definida como a soma relativa de qualidades hereditárias das plantas que influenciam na capacidade de algumas cultivares suportarem certo grau de dano quando comparado a outras cultivares sob mesmas condições. As variedades de uma mesma espécie de planta podem apresentar diferenças quanto à resistência ou suscetibilidade ao ataque de pragas, uma vez que, a resistência é um parâmetro relativo dependente da suscetibilidade das plantas, e que sob comparação, permite classificar estas em três categorias quanto a resposta da presença de uma praga, sendo estas, antibiose, antixenose ou não-preferência e tolerância (BALDIN; VENDRAMIN; LOURENÇÃO, 2019).

A antibiose se manifesta quando os efeitos tóxicos da planta afetam a biologia da praga; antixenose ou não-preferência, se manifesta quando as plantas são inaptas como fonte de alimento, abrigo e oviposição da praga devido a características da planta que interferem no comportamento, forçando-a a escolher um hospedeiro alternativo; e tolerância, quando uma planta suporta o ataque de uma praga sem que ocorra comprometimento na produção e sem afetar as características do inseto (BASTOS et al., 2015).

A expressão da resistência por antibiose, antixenose ou tolerância está vinculada aos fatores constitutivos da planta que ocorrem quando as defesas são expressas invariavelmente da presença de algum fator elicitador. Fazem parte destes fatores, as causas morfológicas como tricomas, cerosidade, pilosidade, densidade e espessura dos tecidos e as causas químicas, que resultam da ação de compostos oriundos do metabolismo secundário das plantas (STOUT, 2013; STOUT; WORKMAN; DUFFEY, 1994).

Os tricomas podem atuar sobre um artrópode afetando diretamente a locomoção, oviposição e alimentação, principalmente através dos tricomas não glandulares ou indiretamente, por meio da liberação de exsudatos secretados através dos tricomas glandulares que promovem, principalmente, a redução da oviposição (TORRES et al., 2007; VENDRAMIM; SOUZA; ONGARELLI, 2009). Enquanto, os compostos químicos, provenientes do metabolismo secundário afetam a sobrevivência dos insetos através da produção de substâncias antinutricionais, que

interferem na digestão do alimento e no comportamento de insetos (CHEN, 2008; FÜRSTENBERG-HÄGG; ZAGROBELNY; BAK, 2013).

Tais compostos, são sintetizados, acumulados e estocados pela planta nos diferentes tecidos vegetais em diferentes fases do desenvolvimento (MALVAR et al., 2008) e, quando ingeridos, ocasionam o aumento da produção de proteases digestivas, na tentativa de suprir a baixa disponibilidade de aminoácidos, afetando a absorção de nutrientes essenciais para o desenvolvimento e reprodução do inseto (MACHADO et al., 2017; ABDUL MALIK; KUMAR; NADARAJAH, 2020; PAIXÃO et al., 2013)

Uma mesma espécie de planta pode apresentar diferenças quanto à resistência ou suscetibilidade ao ataque de pragas (VALADÃO et al., 2012), sendo necessário dentro da perspectiva do Manejo Integrado de Pragas (MIP), conhecer os níveis de resistência de um hospedeiro para a seleção de variedades mais resistentes que propiciem o incremento na produção e a redução do uso de inseticidas químicos sintéticos.

O objetivo desta tese, foi avaliar duas linhagens de soja adaptadas fisiologicamente para a região de terras baixas do sul do Rio Grande do Sul e cinco cultivares de soja indicadas para a região edafoclimática 101 (REC 101), para a presença de resistência a *C. includens*.

Artigo I – Journal Agricultural Science

Soybean varietal resistance to the main defoliators: a review and perspectives

Resistência varietal da soja aos principais desfolhadores: uma revisão e
perspectivas

Priscilla Costa Gobbi

Uemerson Silva da Cunha

Ana Paula Schneid Afonso da Rosa

(Versão em português)

2 Artigo I – Resistência varietal de soja aos principais desfolhadores: uma revisão e perspectivas.

Priscilla Costa Gobbi¹, Uemerson Silva da Cunha¹ & Ana Paula Schneid Afonso da Rosa²

¹ Campus Universitário, Departamento de Fitossanidade, Capão do Leão, RS, Brasil

² Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brazil

Correspondência: Priscilla Costa Gobbi, Campus Universitário, Departamento de Fitossanidade, Capão do Leão, RS, Brasil. Tel: 55(53)981181554. E-mail: priscillagobbi@hotmail.com

Resumo

O esgotamento constante dos recursos naturais representa um grande desafio para a segurança alimentar global nas próximas décadas, sendo que todo alimento produzido deverá ser proveniente de áreas já cultivadas. O aumento da produção de soja, dentro dos limites do uso das terras, evoluiu através de pesquisas com genótipos resistentes e/ou adaptados aos sistemas de produção, de modo, que a cultivar expresse seu maior potencial produtivo mediante a fatores abióticos e bióticos. Entre os fatores bióticos, os lepidópteros destacam-se por ocasionarem perdas consideráveis na produção. A intervenção por meio do uso de inseticidas sintéticos é a forma de regulação mais empregada para o controle das pragas, no entanto, a utilização incorreta desses produtos acarreta na contaminação ambiental, evolução da resistência de insetos e intoxicação aguda de consumidores e trabalhadores rurais. As estratégias de manejo, alternativas ao controle químico, como a utilização de plantas resistentes, representa uma importante opção para a manutenção de populações de insetos-praga nas lavouras e aos novos desafios. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi reunir diversas pesquisas envolvendo a resistência de plantas de soja aos principais desfolhadores e apresentar as perspectivas futuras do melhoramento de plantas na resistência.

Keywords: resistência de plantas, *A. gemmatilis*, *C. includens*, melhoramento.

1. Introdução

As áreas agricultáveis no Brasil, embora em expansão, nos últimos 10 anos apresentaram um crescimento mais lento em relação ao crescimento populacional. Conforme dados do Censo Agropecuário, a área agricultável obteve um crescimento de 22,8 milhões de hectares (17,96%) (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2019), enquanto, projeções do panorama mundial demonstram que a população cresce 1,1% ao ano, passando de 7,7 bilhões de pessoas em 2020 para 9,7 bilhões de pessoas em 2050 (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division [ONU], 2019).

No século XX, a Revolução Verde teve papel fundamental no aumento da produtividade agrícola, no entanto, o esgotamento constante dos recursos naturais, como terras cultiváveis e água, representam um grande desafio para a segurança alimentar global nas próximas décadas. A produção de alimentos necessária para suprir a demanda global deverá aumentar em 80% até 2050, sendo que este alimento, deverá ser proveniente de áreas já cultivadas, em virtude das limitações no uso de terras e do apelo ecológico por um sistema de cultivo mais sustentável (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2017), fatores estes, que tem fomentado a busca por outros métodos de cultivo.

O Brasil se tornou protagonista no uso e ocupação dos solos agrícolas, obtendo êxito em conservação, expansão da produção e produtividade (Empresa Agropecuária Brasileira [Embrapa], 2018). A safra brasileira de grãos 2020/21 fechou com 252,3 milhões de toneladas produzidas, destacando a soja, que obteve produção de 138,154 milhões de toneladas em uma área de 39,19 milhões de hectares. Atualmente, o Brasil é o maior produtor

de soja, sendo que, de 1977 a 2021 o rendimento médio da cultura (Kg/ha), quase dobrou, enquanto a área plantada apresentou um dos menores crescimentos nas últimas décadas (Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB], 2022). Esse feito, só foi possível, devido aos avanços da ciência, tecnologia e inovação (CT&I) junto a organizações públicas, privadas e aptidões dos agricultores (Embrapa, 2018).

O aumento da produção de soja, dentro dos limites do uso das terras, evoluiu através de pesquisas com variedades resistentes às limitações e através de adaptação dos sistemas de produção, de modo que, as cultivares expressem seu maior potencial produtivo sob condições ótimas, as quais, dificilmente são encontradas nos ambientes de lavouras estando expostas a fatores abióticos e bióticos (Neumaier, Nepomuceno & Farias, 2000; Oliveira, 2017; Reunião, 2018). Entre os fatores bióticos, os insetos destacam-se por ocasionarem perda média de 7,7% da produção total brasileira, uma redução de 25 milhões de toneladas de alimentos, fibras e biocombustíveis, o que representa, US\$ 14,7 bilhões anuais na safra (Oliveira, Auad, Mendes & Frizzas, 2014).

Durante todo o ciclo, a cultura da soja fica sujeita ao ataque de insetos-praga, destacando-se os lepidópteros (Gazzoni & Yoriniori, 1995). A principal praga da cultura da soja é a lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) em decorrência de sua abundância e ocorrência em todas as regiões do Brasil (Gazzoni & Yoriniori, 1995; Hoffmann-Campo et al., 2000), enquanto que a presença da lagarta-falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) se intensificou a partir do ano 2000, devido a aspectos comportamentais da espécie, sendo atualmente considerado o principal lepidóptero-praga da sojicultura em várias regiões produtoras (Avila & Grigolli, 2014; Bueno et al., 2007; Bueno, Raetano & Carvalho, 2017).

A intervenção por meio do uso de inseticidas sintéticos é a forma de controle mais empregada para o manejo de insetos-praga. Entretanto, a utilização incorreta desses produtos acarreta na contaminação ambiental, mortalidade de inimigos naturais, evolução da resistência de insetos e intoxicação aguda de consumidores e trabalhadores rurais (Almeida, Carneiro & Vilela, 2009; A. Bueno, Sosa-Gómez, Corrêa-Ferreira, Moscardi & R. Bueno, 2012; Seffrin et al., 2009).

O apelo por um sistema de cultivo mais sustentável e os novos desafios impostos pela limitação das terras, a necessidade de mais alimentos mediante ao crescimento populacional e o controle de insetos, devem aumentar o foco na resistência de plantas para o lançamento de cultivares mais adaptadas e produtivas em ambientes propensos a fatores bióticos. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi reunir diversas pesquisas envolvendo a resistência de plantas de soja aos principais desfolhadores, e apresentar as perspectivas futuras da utilização de plantas resistentes no contexto do melhoramento genético.

2. Resistência de plantas a insetos

A partir do surgimento da agricultura há 10.000 a.C. até os dias atuais, o homem passou a ter necessidade de cultivar plantas mais adaptadas à agentes bióticos e abióticos que incidem sobre essas. Os primeiros documentos que relatam a resistência hospedeira ao ataque de artrópodes antecedem o surgimento da entomologia agrícola e da fitopatologia (Panda & Khush, 1995).

O uso de plantas resistentes ao ataque de insetos teve início em meados do século XIX, mesmo período, em que se iniciaram os primeiros programas oficiais de melhoramento de plantas focando na resistência a insetos-praga nos Estados Unidos (EUA). Porém, a resistência de plantas a insetos não foi explorada antes da década de 60, principalmente pela dependência quase que exclusiva do controle químico no manejo de pragas, surgindo os primeiros casos concretos de resistência de insetos (Baldin, Vendramim & Lourenção, 2019).

As estratégias de manejo alternativas ao controle químico, como a utilização da resistência de plantas, representam uma importante opção para a manutenção de populações de insetos-praga nas lavouras, abaixo do nível de dano econômico (NDE). Além disso, a técnica é compatível com as demais estratégias de controle preconizadas pelo manejo integrado de pragas (MIP) e não apresenta toxicidade ao homem, ambiente e organismos não alvo (Boiça Júnior et al., 2013; Baldin, Vendramim & Lourenção, 2019).

As plantas com características para resistência constitutiva possuem atributos, geneticamente herdáveis, que fazem com que uma planta sofra menos injúria do que outras suscetíveis sobre mesmas condições de infestação (Boiça Júnior et al., 2013; Smith, 2005) e pode apresentar caráter qualitativo, quando controlada por um ou poucos genes, ou caráter quantitativo, quando é causada pela expressão de genes de resistência em vários loci, cada um colaborando com efeito aditivo. Esta última, apresenta como vantagem, controlar um amplo espectro de biótipos, no entanto, a transferência dos caracteres de interesse para outro genótipo é mais difícil que na resistência qualitativa devido ao número de loci presentes (Vendramim & Nishikawa, 2001).

A mensuração da resistência, por sua vez, é um parâmetro relativo dependente de comparação a partir da suscetibilidade das plantas, sendo o genótipo resistente, aquele que for menos prejudicado, uma vez que, a resistência refere-se ao dano econômico e não ao ataque sofrido (Smith, 2005). Dessa forma, Painter (1951) definiu a resistência de plantas como a soma relativa das qualidades presentes na planta, que são hereditárias e que influenciam no grau dos danos que a praga provoca, representada pela capacidade que certas plantas possuem em alcançar uma maior produção.

A resistência ainda pode ser classificada em três categorias quanto a resposta a presença de uma praga (Figura 1), sendo estas, antibiose, antixenose ou não-preferência e tolerância (Baldin, Vendramim & Lourenção, 2019; Smith, 2005). A antibiose se manifesta quando os efeitos tóxicos da planta afetam a biologia da praga; antixenose ou não-preferência, ocorre quando as plantas são inaptas como fonte de alimento ou abrigo e oviposição devido a características da planta que interferem no comportamento da praga, forçando-a a escolher um hospedeiro alternativo; e tolerância, que se manifesta quando uma planta suporta o ataque de uma praga sem que ocorra comprometimento na produção e sem afetar as características do inseto (Bastos et al., 2015).

A expressão das defesas vinculadas a fatores constitutivos ocorre, invariavelmente, da presença de algum fator elicitor. Fazem parte destes fatores, as defesas físicas, estruturais e químicas, esta última, resultante da ação de compostos oriundos do metabolismo secundário das plantas (Stout, 2013; Stout, Workman & Duffey, 1994).

3. Mecanismos físicos, estruturais e químicos da resistência de plantas

O processo evolutivo das plantas ocorreu de forma natural, através de uma série de adaptações que permitiram sua sobrevivência, reprodução e reduziram os impactos da herbivoria por meio de mecanismos físicos, estruturais e químicos que constituem as defesas da planta (Hoffmann-Campo & Graça, 2019). Os mecanismos físicos, são representados basicamente pela cor do substrato vegetal, que em alguns casos, afeta não somente a seleção hospedeira para alimentação e oviposição, mas também, a biologia do inseto (Smith, 2005).

As defesas estruturais ligadas a resistência, tanto por antixenose quanto antibiose, ocorrem através de características da planta que afetam, locomoção, acasalamento, oviposição, seleção hospedeira para alimentação, ingestão e digestão do alimento pelo inseto através de tricomas, espinhos, espessura da parede celular, deposição de sílica, ceras entre outros, que impedem ou interrompem o processo de alimentação. Enquanto, os mecanismos de defesa da planta sobre os insetos se dão tanto pela presença de substâncias tóxicas quanto pela impropriedade nos teores nutricionais necessários ao desenvolvimento destes (Lucas, Turner, Dominy & Yamashita, 2000; Smith, 2005).

Entre os aleloquímicos, o que apresenta maior interesse para a resistência de plantas à insetos são os alomônios, que funcionam como substâncias de defesa para a planta hospedeira que resultam na resistência por antibiose, expressa através da mortalidade ou por alterações em seus aspectos biológicos (Smith, 2005). Os compostos secundários competem em sua maioria aos grupos de compostos nitrogenados, terpenóicos, fenólicos (flavonoides) e enzimas inibidoras de proteínas (proteínases) (Chen, 2008; Ryan, 1990).

Os compostos químicos provenientes de metabolismo secundário afetam a sobrevivência e o comportamento de insetos. Esses compostos são sintetizados, acumulados e estocados pela planta nos diferentes tecidos vegetais em diferentes fases de desenvolvimento e se manifestam nos insetos por meio de toxicidade, detergência ou repelência (Malvar, Butrón, Ordás & Santiago, 2008). A obtenção de cultivares de alto rendimento, com tolerância ou resistência a estresses bióticos, abióticos, e adaptadas ao ambiente, são necessárias para a sustentabilidade agrícola contínua e a indução de características economicamente importantes de parentes selvagens em plantas de interesse agrônomo, sem comprometer a produtividade, só foi possível devido ao emprego de técnicas de melhoramento genético (Haun et al., 2011; Kaplan, Dively & Denno, 2009).

4. Resistência de genótipos de soja aos desfolhadores *A. gemmatilis* e *C. includens*

O melhoramento genético de soja para resistência a insetos passou a ser estudada no Instituto Agrônomo, em 1936, ao receber acessos dos EUA, do Ministério da Agricultura e de imigrantes japoneses (Miranda, Miyasaka, Mascarenhas & Rossetto, 1981). Deste período até a década de 70, o programa de melhoramento passou por diversas etapas. A descoberta de estruturas e mecanismos moleculares responsáveis pela expressão e transferência de informação genética, permitiram através de cruzamentos, o desenvolvimento de cultivares mais produtivas e adaptadas a diversos ambientes, ampliando, os objetivos, para a obtenção de cultivares resistentes a pragas e a doenças (Marcelino, Binneck, Abdelnoor & Nepomuceno, 2007).

Os primeiros estudos e adoção da resistência de plantas a insetos baseou-se em três genótipos que apresentaram resistência múltipla a insetos, PI 171451, PI 227686 e PI 229358, introduzidas pelo Instituto

Agrônomo e três introduzidas dos EUA, PI 274453, PI 274454 e D 72-960, através de hibridação com diversas cultivares (Clark et al. 1972; Duyn, Turnipseed & Maxwell, 1971; Luedders & Dickerson, 1977). A partir dessas, foram desenvolvidas as cultivares resistentes a insetos, IAC 17, IAC 19, IAC 24 e IAC 100 (Baldin, Vendramim & Lourenção, 2019).

O século XIX, foi o auge das pesquisas de resistência de plantas a artrópodes e alguns exemplos de resistência de plantas de soja a *A. gemmatilis* e *C. includens* são fornecidos na tabela 1. No entanto, o contínuo desenvolvimento de ferramentas moleculares e a aceleração do processo de melhoramento, principalmente com o surgimento das plantas geneticamente modificadas (PGM), na década de 1990, possibilitou a inserção de genes nas plantas que impactou os estudos da resistência constitutiva de plantas.

A contribuição da engenharia genética para a resistência de plantas é amplamente reconhecida (Boethel, 1999; Fox, 2003; Homrich et al., 2008; Iklos et al., 2007; Macrae et al., 2005; Moscardi, 1999; Stewart Júnior et al., 1996). Porém, a preocupação com a seleção de organismos-alvo resistentes a PGM, ocasionado em decorrência do emprego errôneo da tecnologia, torna-se um desafio, uma vez que se tem, apenas uma proteína (Cry1Ac) com toxicidade específica para soja (Fox, 2003).

Nos últimos anos, a resistência de plantas, destacando-se a soja, voltou a ser estudada com maior foco na expressão natural de diversos aleloquímicos, através da metabolômica (Després, David & Gallet, 2007; Faustino et al., 2021; Ghione, Lombardo, Vicentin & Heinz, 2021; Gómez et al., 2020; Li, Stewart-Brown, Steketee & Vaughn, 2017; McCoy, 2017; Ortega et al., 2017; Silva et al. 2021) e de inibidores de proteases (IP) (Boerma & Walker, 2005; Jun, Rouf Mian & Michel, 2012; Komatsu, Okuda, Takahashi, Matsunaga & Nakazawa, Perez-Sackett, Cianzio, Kara, Aviles & Palmer, 2011; Walker, Boerma, All & Parrott, 2002; Warrington, Zhu, Parrott, All & Boerma 2008), uma vez, que a maioria dos mecanismos moleculares, para plantas de soja, ainda são desconhecidos e que a introgressão de genes de resistência utilizando apenas o melhoramento convencional é um processo lento e árduo, pois é fundamentada em características fenotípicas da planta, facilmente influenciadas pelo ambiente (Ferreira & Grattapaglia, 1998).

5. O uso da tecnologia genômica e da metabolômica no melhoramento de plantas para resistência

Os estudos de genômica voltados à identificação de marcadores moleculares, utilizados para identificar variações genéticas entre indivíduos e a posição de genes e trechos de interesse no genoma, tem desempenhado papel fundamental no auxílio aos programas de melhoramento para o desenvolvimento de cultivares com elevada produtividade, adaptadas a diversos ambientes e resistentes a insetos e doenças (Araujo & Santos, 2017). Dentre as principais aplicações de marcadores de DNA encontra-se o mapeamento de lócus de caracteres quantitativos (QTLs), utilizados intensamente, para o mapeamento de genes de resistência (Amabile, Vilela & Peixoto, 2018; Parrott, Walker, Zhu, Boerma & All, 2008).

O mapeamento genético permite identificar e isolar, por meio da seleção assistida por marcadores moleculares, a posição de lócus que controlam características quantitativas (QTLs) de importância econômica de acessos não adaptados ou silvestres e introduzi-los em genótipos que apresentem características agrônomicas desejáveis (Amabile, Vilela & Peixoto, 2018; Collard & Mackill, 2008). As características quantitativas, de caráter poligênico, são fortemente influenciadas pelo ambiente, dessa forma, a seleção de indivíduos através do emprego de marcadores é mais vantajosa do que a seleção por meio de características fenotípicas, uma vez que esses marcadores são invariáveis às mudanças ambientais, apresentam eficiência na seleção de características de baixa herdabilidade e reduzem o número de cruzamentos (Araujo & Santos, 2017).

Nas plantas de soja a identificação de QTLs, vem sendo estudada com sucesso, para a resistência ou tolerância a patógenos, nematoides e insetos (Chang & Hartman, 2017; Dallagnol, 2018; Neupane, Purintun, Mathew, Varenhorst & Nepal, 2019; Parrot et al., 2008; Sandhu & Kang, 2017; Usovsky et al., 2021), sendo que para este último, já foram identificados lócus de resistência para o pulgão-da-soja, *Aphis glycines* Matsumura, 1917, *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775), *A. gemmatilis*, *C. includens*, *Helicoverpa Zea* (Boddie, 1850), mosca-branca (Bales et al., 2013; Jun, Rouf Mian & Michel, 2012; Komatsu et al., 2007; Perez-Sackett et al., 2011; Rouf Mian, Kang, Beil & Hammond, 2008; Walker et al., 2002; Warrington et al., 2008; Zhang, Gu & Wang, 2013) entre outros. Os principais lócus quantitativos de resistência à desfolhadores na soja são o QTL-E e o QTL-M, responsáveis por efeitos antibióticos e antixenóticos (Parrott et al., 2008; Ortega et al., 2017; Rector, All, Parrott & Boerma 1998, 1999, 2000; Zhu, Walker, Boerma, All & Parrott, 2008).

A metabolômica, por sua vez, auxilia na identificação e quantificação de moléculas de baixo peso molecular (1500 Da), denominadas metabólitos, produzidos e/ou modificados na interação inseto-planta (Araujo & Santos, 2017). Assim, enquanto os metabólitos primários estão envolvidos nas funções relacionadas ao desenvolvimento,

atuando na fotossíntese e respiração celular, os metabólitos secundários são responsáveis pela proteção das plantas à fatores bióticos e abióticos, e como base para o desenvolvimento de novos produtos (Agostini-costa, Vieira, Bizzo, Silveira & Gimenes, 2012; Atanasov, Zotchev & Dirsch, 2021; Carneiro et al., 2019).

As isoflavonas (daidzeína, genisteína, gliciteína, daidzina, genistina, glicitina, malonildaidzina e malonilgenistina) são compostos constitutivos presentes pertencentes ao grupo dos flavonoides e que estão envolvidos na proteção das plantas de soja contra insetos que destas se alimentam, resultando em efeitos deletérios (Bragagnolo, Funari, Ibáñez & Cifuentes, 2021; Gómez, Vital, Oliveira & Ramos, 2018; Hoffmann-Campo et al., 2006; Piubelli et al., 2005). A análise metabolômica torna-se uma ferramenta na investigação da complexidade química das plantas, visto que, um organismo pode apresentar um sistema biológico complexo e concentrações distintas que trazem melhorias no rendimento nos cultivos (Fernandez et al., 2016; Ernst, D. Silva, R. Silva, Vêncio & Lopes, 2014).

6. Desafios futuros

Os sojicultores foram beneficiados, ao longo dos anos, por pesquisas e inovação do melhoramento genético, através do engajamento de políticas públicas e privadas que propiciaram melhorias na qualidade de grãos, aumento do potencial produtivo, adaptação as condições ambientais e resistência a pragas, doenças e herbicidas (Anschau et al., 2018; Dallagnol, 2018; Matsuo et al., 2009; Neupane et al., 2019; Wille et al., 2017). No entanto, novos desafios impostos pelas mudanças climáticas e no regime hídrico, que influenciam na adaptação da cultura, na distribuição de pragas e a necessidade de mais alimentos mediante ao crescimento populacional, devem aumentar o foco no melhoramento genético para o lançamento de cultivares mais adaptadas e produtivas em ambientes propensos a estresses (Ahmad, Wei, Sheng, Hu & Tang, 2019; Mccouch et al., 2013; Velásquez, Castroverde & He, 2018).

A obtenção de organismos geneticamente modificados (OGM), obtidos a partir do DNA de uma espécie sexualmente compatível, impulsionam as novas pesquisas biotecnológicas por meio da transformação genética; RNAi (silenciamento gênico), marcadores moleculares, ciência das “ômicas” e edição gênica através de CRISPR-Cas9 (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*), ampliando as possibilidades do melhoramento genético, com foco na engenharia genética e biotecnologia, que permitem a produção de cultivares com maior rapidez, precisão e segurança (James, 2014; Mccouch et al., 2013; Vasconcelos & Figueiredo, 2015). Além disso, as fontes de resistência advindas de materiais comerciais, que já detêm elevada produtividade e adaptabilidade, e as fontes em germoplasma selvagem, devem ter suas pesquisas aprofundadas visto que a diversidade dos metabólitos presentes ainda é algo imensurável (Ernst, 2014; Rodrigues, 2020).

7. Considerações finais

A identificação de genes ou rotas metabólicas são importantes para a obtenção de genótipos resistentes, pois possibilita a produção de genótipos em curto espaço de tempo e exploradas em programas de melhoramento de plantas. O entendimento das relações inseto-hospedeiro auxilia na identificação e rastreamento de genes e loci fontes de resistência a insetos.

O melhoramento genético moderno, a engenharia genética e a biotecnologia são ferramentas-chave para a solução dos novos desafios da agricultura, relacionados principalmente, às mudanças climáticas; demanda global por alimento, aumento produtivo e resistência a pragas e doenças.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001.

Referências

- Agostini-costa, T. S., Vieira, R. F., Bizzo, H. R., Silveira, D., & Gimenes, M. A. (2012). *Secondary Metabolites, Chromatography and Its Applications*. Sasikumar Dhanarasu: IntechOpen. doi: <https://doi.org/10.5772/35705>.
- Ahmad, S., Wei, X., Sheng, Z., Hu, P., & Tang, S. (2020). CRISPR/Cas9 for development of disease resistance in plants: recent progress, limitations and future prospects. *Briefings in Functional Genomics*, 19(1), 26–39. doi: <https://doi.org/10.1093/bfgp/elz041>.
- All, J. N., Boerma, H. R., & Todd, J. W. (1989). Screening Soybean Genotypes in the Greenhouse for Resistance to Insects. *Crop Science*, 29(5), 1156- 1159. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci1989.0011183x002900050011x>.

- Almeida, V. S., Carneiro, F. F., & Vilela, N. J. (2009). Agrotóxicos em Hortaliças: Segurança alimentar, riscos socioambientais e políticas públicas para a promoção da saúde. *Tempus Actas de Saúde Coletiva*, 4(4), 84-99.
- Amabile, R. F., Vilela, M. S., & Peixoto, J. R. (2018). *Melhoramento de plantas: variabilidade genética, ferramentas e mercado*. Brasília, DF: Proimpress.
- Araujo, W. A., & Santos, C. E. M. (2017). Melhoramento genético de plantas no século XXI. In C. F. Nicoli, C. Monhol, E. Marques Junior, H. Z. Falqueto, I. F. Sartori, I. R. Garcia, ... W. B. Moraes (Eds.) *Agronomia: Colhendo as safras do conhecimento* (pp. 93-115). Alegre, ES: UFES, CAUFES.
- Atanasov, A. G., Zotchev, S. B., Dirsch, V. M., the International Natural Product Sciences Taskforce, & Supuran, C. T. (2021). Natural products in drug discovery: advances and opportunities. *Nature Reviews Drug Discovery*, 20(3), 200–216. doi: <https://doi.org/10.1038/s41573-020-00114-z>.
- Avila, C. J., & Grigolli, J. F. J. (2014). Pragas de soja e seu controle. In A. L. F. Lourenção, J. F. J. Grigolli, A. M. Melotto, C. Pitol, D. de C. Gitti, & R. Roscoe (Eds.). *Tecnologia e produção: Soja 2013/2014*. (pp. 109-168). Maracaju, MS: Fundação MS.
- Anschau, K. A., Seidel, E. P., Mottin, M. C., Lerner, K. L., Francziskowski, M. A., & Rocha, D. H. (2018). Propriedades físicas do solo, características agrônômicas e produtividade da soja em sucessão a plantas de cobertura. *Scientia Agraria Paranaensis*, 17(3), 293-299. Retrieved from <https://saber.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/19702/13436>.
- Baldin, E. L. L., Vendramim, J. D., & Lourenção, A. L. (2019). Introdução. In E. L. L. Baldin, J. D. Vendramim, & A. L. Lourenção (eds.). *Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações* (pp. 25-64). Piracicaba: Fealq.
- Bales, C., Zhang, G., Liu, M., Mensah, C., Gu, C., Song, Q., ... Wang, D. (2013). Mapping soybean aphid resistance genes in PI 567598B. *Theoretical and Applied Genetics*, 126(8), 2081-2091. doi: <https://doi.org/10.1007/s00122-013-2120-y>.
- Bastos, C. S., Ribeiro, A. V., Suinaga, F. A., Brito, S. M., Oliveira, A. A. S., Barbosa, T. M., ... Teichmann, Y. S. K. (2015). Resistência de plantas a insetos: contextualização e inserção no MIP. In L. E. Visotto, F. L. Fernandes, A. Carvalho Filho, E. A. Lopes, L. A. de Aquino, M. E. de S. Fernandes, ... J. M. de Sousa Júnior (Eds.). *Avanços tecnológicos aplicados à pesquisa na produção vegetal* (pp. 32-72). [s.l]: [suprema]. doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2701.5129>.
- Beach, R. M., & Todd, J. W. (1988a). Foliage consumption and development parameters of the soybean looper and the velvetbean caterpillar (Lepidoptera: Noctuidae) reared on susceptible and resistant soybean genotypes. *Journal of Economic Entomology*, 81, 310-316. doi: <https://doi.org/10.1093/jee/81.1.310>.
- Beach, R. M., & Tood, J. W. (1988b). Oviposition preference of the soybean Looper (Lepidoptera: Noctuidae) among four soybean genotypes differing in larval resistance. *Jornal of Economic Entomology*, 81, 344-348. doi: <https://doi.org/10.1093/jee/81.1.344>.
- Beach, R. M., Todd, J. W., & Baker, S. H. (1985). Antibiosis of four insect-resistant soybean genotypes to the soybean Looper (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomologia Ambiental*, 14(4), 531-534. doi: <https://doi.org/10.1093/ee/14.4.531>.
- Boerma, H. R., & Walker, D. R. (2005). Discovery and utilization of QTLs for insect resistance in soybean. *Genetica*, 123, 181-189. doi: <https://doi.org/10.1007/s10709-004-2741-9>.
- Boethel, D. J. (1999). Assessment of soybean germplasm for multiple insect resistance. In S. L. Clement, & S. S. Quisenberry (Eds.). *Global plant genetic resources for insect-resistant crops* (101-129). Boca Raton: CRC Press.
- Boiça Júnior, A. L., Souza, B. H. S., Lopes, G. L., Cosdta, E. N., Moraes, R. F. O., & Eduardo, W. I. (2013). Atualidades em resistência de plantas a insetos. In A. C. Busoli, J. R. C. C. Alencar, D. F. Fraga, L. A. Souza, B. H. S. Souza, & J. F. J. Grigolli (Eds.). *Tópicos em Entomologia Agrícola – VI* (pp. 207-224). Jaboticabal, SP: Gráfica Multipress.
- Bragagnolo, F. S., Funari, C. S., Ibáñez, E., & Cifuentes, A. (2021). Metabolomics as a tool to study underused soy parts in search of bioactive compounds. *Foods*, 10(6), 1308. doi: <https://doi.org/10.3390/foods10061308>.

- Bueno, R. C. O. F., Parra, J. R. P., Bueno, A. F., Moscardi, F., Oliveira, J. R. G., & Camillo, M. F. (2007). Sem barreira. *Revista Cultivar Grandes Culturas*, 93,12-15.
- Bueno, R. C. O. F., Raetano, C. G., & Carvalho, F. K. (2017). Integrated Management of Soybean Pests: The example of Brazil. *Outlooks on Pest Management*, 28(4), 149-153. doi: https://doi.org/10.1564/v28_aug_02.
- Bueno, A. de F., Sosa-Goméz, D. R., Corrêa-Ferreira, B. S., Moscardi, F., & Bueno, R. C. O. de F. (2012). Inimigos naturais das pragas da soja. In Hoffmann-Campo, C. B., Corrêa-Ferreira, B. S., & Moscardi, F. (Eds.) *Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes praga* (pp. 493-630). Brasília: DF, Embrapa.
- Carneiro, A. M., Moreira, E. A., Bragagnolo, F. S., Borges, M. S., Pilon, A. C., Rinaldo, D., & De Funari C.S. (2019). Soya agricultural waste as a rich source of isoflavones. *Food Research International*, 130 (2020), 108949. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108949>.
- Chang, H. X., & Hartman, G. L. (2017). Characterization of Insect Resistance Loci in the USDA Soybean Germplasm Collection Using Genome-Wide Association Studies. *Frontiers Plant Science*, 8, 670. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00670>.
- Chen, M. S. (2008). Inducible direct plant defense against insect herbivores: a review. *Insect Science*, 15(2), p. 101-114. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2008.00190.x>.
- Clark, W. J. (1972). Resistance of certain soybean cultivars to bean leaf beetle, striped blister beetle and bollworm. *Journal of Economic Entomology*. 65(6), 1669-1672. doi: <https://doi.org/10.1093/jee/65.6.1669>.
- Collard, B. C., & Mackill, D. J. (2008). Marker-assisted selection: an approach for precision plant breeding in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Science*, 363, 557–572. doi: <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2170>.
- Conab. Companhia Nacional de Abastecimento. (2022). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos - safra 2021/22*. Brasília: Conab, 9(6), 1-87.
- Dallagnol, L. J. (2018). *Resistência genética de plantas a patógenos*. Pelotas: Ed. UFPel.
- Després, L., David, J., & Gallet, C. (2007). The evolutionary ecology of insect resistance to plant chemicals. *Trends in Ecology and Evolution*, 22(6), 298-307. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.02.010>.
- Duyn, J. W. V., Turnipseed, S. G., & Maxwell, J. D. (1971). Resistance in soybean to the Mexican bean beetle. I. Sources of resistance. *Crop Science*, 11(4), 572-73. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci1971.0011183X001100040035x>.
- Embrapa. Empresa Agropecuária Brasileira. (2018). *Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira*. Brasília, DF: Embrapa.
- Ernst, M., Silva, D. B., Silva, R. R., Vêncio, R. Z., & Lopes, N. P. (2014). Mass spectrometry in plant metabolomics strategies: from analytical platforms to data acquisition and processing. *Natural Product Reports*, 31(6),784-806. doi: <https://doi.org/10.1039/c3np70086k>.
- Fao. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. Fao: Rome.
- Faustino, V. A., Gouveia, A. de S., Coutinho, F. S., Júnior, N. R. da S., Barros, R. de A., Cabrera, Y. M., ... Oliveira, M. G. A. (2021). Soybean plants under simultaneous signals of drought and *Anticarsia gemmatilis* herbivory trigger gene expression and metabolic pathways reducing larval survival. *Environmental and Experimental Botany*, 190, 104-594. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104594>.
- Fernandez, O., Urrutia, M., Bernillon, S., Giauffret, C., Tardieu, F., Le Gouis, J., ... Gibon, Y. (2016). Fortune telling: metabolic markers of plant performance. *Metabolomics*, 12(10), 158. doi: 10.1007/s11306-016-1099-1.
- Ferreira, M. E., & Grattapaglia, D. (1998). Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. 3.ed. Brasília: Embrapa-Cenargen.
- Franco, A. A., Queiroz, M. S., Peres, A. R., Rosa, M. E., Campos, Z. R., & Campos, A. R. (2014). Preferência alimentar de *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) por cultivares de soja. *Científica*, 42, 32–38, 2014. doi: <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2014v42n1p31-38>.

- Franco, A. A., Queiroz, M. S., Peres, A. R., Rosa, M. E., Campos, Z. R., & Campos, A. R. (2016). Resistência de cultivares de soja a *Anticarsia gemmatalis*. *Revista Inova Ciência & Tecnologia*, 2(3), 7-13. doi: 10.46921.
- Fox, J. L. (2003). Resistance to Bt toxin surprisingly absent from pests. *Nature biotechnology*, 21(9), 958–959. doi: <https://doi.org/10.1038/nbt0903-958b>.
- Fugi, C. G. Q., Lourenção, A. L., & Parra, J. R. P. (2005). Biology of *Anticarsia gemmatalis* on soybean genotypes with different degrees of resistance to insects. *Scientia Agricola*, 62, 31-35. doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000100006>.
- Gazzoni, D. C., & Tutida, F. (1996). Efeito de genótipos resistentes e suscetíveis sobre a biologia da lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis* Hübner). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 31(10), 709-714. Retrieved from <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79101/1/ID-19619.pdf>.
- Gazzoni, D. L., & Yoriniori, J. T. (1995). *Manual de identificação de pragas e doenças da soja*. Brasília: Embrapa – SPI (Manual de identificação de pragas e doenças, 1).
- Ghione, C.E., Lombardo, L.A., Vicentin, I.G., & Heinz, R. A. (2021). Association mapping to identify molecular markers associated with resistance genes to stink bugs in soybean. *Euphytica*, 217, 46. doi: <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02768-1>.
- Gómez, J. D., Pinheiro, V. J. M., Silva, J. C., Romero, J. V., Meriño-Cabrera, Y., Coutinho, F. C., ... Ramos, H. J. O. (2020). Leaf metabolic profiles of two soybean genotypes differentially affect the survival and the digestibility of *Anticarsia gemmatalis* caterpillars. *Plant Physiology and Biochemistry*, 155, 196-212. doi: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.07.010>.
- Gómez, J. D., Vital, C. E., Oliveira, M. G. A., & Ramos, H. J. O. (2018) Broad range flavonoid profiling by LC/MS of soybean genotypes contrasting for resistance to *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Plos one*, 13(10), e0205010. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205010>.
- Gonçalves, H. M., & Silva, R. F. P. (1978). Avaliação de resistência de soja *Glycine max* (L.) Merr. a insetos mastigadores. *Agronomia Sulriograndense*, 14, 69-75.
- Heineck, M. A., & Corseuil, E. (1991). Influência de três cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sobre o desenvolvimento e a fecundidade de *Anticarsia getnrriatialis* (Lepidoptera, Noctuidae). *Anais da Sociedade Entomológica*, 20, 119-131. Retrieved from http://www.seb.org.br/admin/files/anais2/ANO%201991%20VOLUME%2020N01/1991_V20_N1_A14.pdf.
- Hoffmann-Campo, C. B., Mazzarin, R. M., & Lutosa, P. R. (1994). Mecanismos de resistência de genótipos de soja: teste de não-preferência por *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lep.: Noctuidae). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 29(4), 513-519. Retrieved from https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/16558/1/pab01_abr_94.pdf.
- Hoffmann-Campo, C. B., Moscardi, F., Corrêa-Ferreira, B. S., Oliveira, L. J., Sosa-Gómez, D. R., Panizzi, A. R., Corso, ... Oliveira, E. B. (2000). *Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado*. Londrina: Embrapa Soja.
- Hoffmann-Campo, C. B., & Graça, J. P. da. (2019). O papel dos metabólitos secundários na resistência de plantas a insetos. In E. L. L. Baldin, J. D. Vendramim, & A. L. Lourenção (Eds.). *Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações* (pp. 99-136). Piracicaba: Fealq.
- Homrich, M. S., Passaglia, L. M. P., Pereira, J. F., Bertagnolli, P. F., Pasquali, G., Zaidi, M. A., ... Bodanese-Zanettini, M. H. (2008). Resistance to *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera, Noctuidae) in transgenic soybean (*Glycine max* (L.) Merrill., Fabales, Fabaceae) cultivar IAS5 expressing a modified Cry1Ac endotoxin. *Genetics and Molecular Biology*, 31(2), 522-531. doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-47572008000300020>.
- Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2019). *Censo agropecuário 2017: Resultados definitivos*, Rio de Janeiro, 8, 1-105.
- James, C. (2014). *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014*. ISAAA: Ithaca, NY.
- Jun, T. H., Rouf Mian, M. A., & Michel, A.P. (2012). Genetic mapping revealed two loci for soybean aphid resistance in PI 567301B. *Theoretical and Applied Genetics*, 124, 13-22. doi: <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1682-9>.

- Kaplan, I., Dively, G. P., & Denno, R. F. (2009). The costs of anti-herbivore defense traits in agricultural crop plants: a case study involving leafhoppers and trichomes. *Ecological Applications* 19(4), 864–872. doi: <https://doi.org/10.1890/07-1566.1>.
- Kilen, T. C. (1990). Multiple insect resistance in a soybean germplasm line. *Soybean Genetics Newsletter*, 17, 103-105.
- Kilen, T. C., Hatchett, J. H., & Hartwig, E. E. (1977). Evaluation of early generation soybeans for resistance to soybean Loopers. *Crop Science*, 17(3), 397-398. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci1977.0011183X001700030014x>.
- Komatsu, K., Okuda, S., Takahashi, M., Matsunaga, R., & Nakazawa, Y. (2007). Quantitative trait loci mapping of pubescence density and flowering time of insect-resistant soybean (*Glycine max* L. Merr.). *Genetics and Molecular Biology*, 30(3), 635-639. doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-47572007000400022>.
- Li, Z., Stewart-Brown, B., Steketee, C., & Vaughn, J. (2017). Impacto da Pesquisa Genômica na Melhoramento da Soja. In H. T. Nguyen, & M. K. Bhattacharyya (Eds.) *The soybean genome*, (pp. 111-129). Springer: Compendium of Plant Genomes. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-64198-0_8.
- Lourenção, A. L., Pereira, J. C. V. N. A., Miranda, M. A. C. de, & Ambrosano, G. M. B. (2000). Avaliação de danos causados por percevejos e por lagartas em genótipos de soja de ciclos precoce e semiprecoce. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 35(5), 879-886. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X200000050003>.
- Lourenção, A. L., Reco, P. C.; Braga, N. R., Valle, G. E., & Pinheiro, J. B. (2010). Produtividade de genótipos de soja sob infestação da lagarta-da-soja e de percevejos. *Neotropical Entomology*, 39(2), 275-281. doi: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000200020>.
- Lucas, P. W., Turner, I. M., Dominy, N. J., & Yamashita, N. (2000). Mechanical defenses to herbivory. *Annal of Botany*, 86(5) 913-920. doi: <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1261>.
- Luedders, V. D., & Dickerson, W. A. (1977). Resistance of selected soybean genotypes and segregating populations to cabbage Looper feeding. *Crop Science*. 17(3), 395-97. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci1977.0011183X001700030013x>.
- Machado, V. O. F., Ferreira, G. A., Rosa, S. R. A., Garcia, A. H., Pinheiro, J. B., & Veloso, V. R. S. (1999). Aspectos biológicos de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) em cultivares de soja (*Glycine max* Merrill). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 29, 39-41. Retrieved from <http://repositorio.bc.ufg.br/bitstream/ri/12924/5/Artigo%20-%20Val%20C3%A9ria%20de%20Oliveira%20Faleiro%20Machado%20-%20201999.pdf>.
- Macrae, T. C., Baur, M. E., Boethel, D. J., Fitzpatrick, B. J., Gao, A. G., Gamundi, J. C., ... Viegas, A. (2005). Laboratory and field evaluations of transgenic soybean exhibiting high-dose expression of a synthetic *Bacillus thuringiensis* cry1A gene for control of Lepidoptera. *Journal of Economic Entomology*, 98(2), 577-587. doi: <https://doi.org/10.1093/jee/98.2.577>.
- Malvar, R. A., Butrón, A., Ordás, B., & Santiago, R. (2008). Causes of natural resistance to stem borers in maize. In E. N. Burton, P. V. Williams (Eds.). *Crop protection research advances* (pp. 51-96). New York: Nova Science Publishers.
- Marcelino, F. C., Binneck, E., Abdelnoor, R. V., & Nepomuceno, A. L. (2007). *Ferramentas biotecnológicas aplicadas a cultura da soja*. Londrina-PR: Embrapa soja (Circular técnica, 47).
- Matsuo, E., Sedyama, T., Cruz, C. D., Silva, A. A., Oliveira, R. C. T., Nogueira, A. P.O. & Tancredi, F. D. (2009). Resistência de genótipos de soja ao herbicida glyphosate. *Planta Daninha*, v. 27 1063-1073. Retrieved from <https://www.scielo.br/j/pd/a/3Ynmzb9zXq97JgB5DN4JGtp/?format=pdf&lang=pt>.
- Mccouch, S., Baute, G. J., Bradeen, J., Bramel, P., Bretting, P. K., Buckler, E., Burke, J. M., Charest, D. C., Cloutier, S., Cole, G., Dempewolf, H., Dingkuhn, M., Feuillet, C., Gepts, P., Grattapaglia, D., Guarino, L., Jackson, S., Knapp, S., ... Zamir, D. (2013). Agriculture: Feeding the future. *Nature*, 499, 23-24. doi: <https://doi.org/10.1038/499023a>.
- Mccooy, E. C. (2017). Detection and validation of QTLs for resistance to soybean Looper in soybean. [Thesis Submitted to the Graduate Faculty of The University of Georgia], Athens: Georgia, 2017. https://getd.libs.uga.edu/pdfs/mccooy_evan_c_201712_ms.pdf.

- Miklos, J. A., Alibhai, M. F., Bledig, S. A., Connorward, D. C., Gao, A. G., Holmes, B. A., ... Harrison, L. A. (2007). Characterization of soybean exhibiting high expression of a synthetic *Bacillus thuringiensis* cry1A transgene that confers a high degree of resistance to Lepidopteran pests. *Crop Science*, 47, 148-157. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.07.0463>.
- Miranda, A. D., Miyasaka, S., Mascarenhas, H., & Rossetto, C. (1981). Melhoramento de cultivares no Brasil: no Estado de São Paulo. In S. Miyasaka, & J. C. Medina. *A soja no Brasil* (pp. 311-324). Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos.
- Moscardi, F. (1999). Assessment of the application of baculoviruses for control of Lepidoptera. *Annual Review of Entomology*, 44, 257-289. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.44.1.257>.
- Neumaier, N., Nepomuceno, A. L., & Farias, J. R. B. (2000). Estádios de desenvolvimento da cultura de soja. In E. R. Bonato (Ed.). *Estresses em soja* (pp. 19-44). Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo.
- Neupane, S., Purintun, J. M., Mathew, F. M., Varenhorst, A. J., & Nepal, M. P. (2019). Molecular Basis of Soybean Resistance to Soybean Aphids and Soybean Cyst Nematodes. *Plants*, 8(10), 374. doi: <https://doi.org/10.3390/plants8100374>
- Oliveira, A. C. B. (2017). Cultivares de soja. In B. M. Emygdio, A. P. S. Afonso-Rosa, & A. C. B. Oliveira (Eds.). *Cultivo de Soja em Terras Baixas do Rio Grande do Sul* (pp. 127-140). Brasília, DF: Embrapa.
- Oliveira, E. B. de. (1981). Effect of resistant and susceptible soybean genotypes at different phenological stages on development, leaf consumption and oviposition of *Anticarsia gemmatalis* Hübner. [Dissertação Mestrado - University of Florida] Florida, Gainesville, 1981. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/>.
- Oliveira, C. J., Hoffmann-Campo, C. B., & Mazzarin, R. M. (1993). Aspectos biológicos e nutricionais de *Anticarsia gemmatalis* (Hübner), 1818 (Lep. Noctuidae) em diversos genótipos de soja. *Anais da Sociedade Entomológica*, 2(3), 547-552. Retrieved from <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/36290/1/lenita.pdf>.
- Oliveira, C. M., Auad, A. M., Mendes, S. M., & Frizzas, M. R. (2014). Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. *Crop protection*, 56, 50-54. doi: 10.1016/j.cropro.2013.10.022.
- Ongaratto, S., Lourenção, A. L., Santos, M. C., Baldin, E. L. L. (2021). Resistance of soybean genotypes to *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Erebidae): Antixense and Antibiose characterization. *Journal of Economic Entomology*, 114(6), 1-10.
- Onu. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects 2019*. Highlights, New York.
- Ortega, M. A., Lail, L. A., Wood, E. D., All, J. N., Li, Z., Boerma, H. R., & Parrott, W. A. (2017). Registration of Two Soybean Germplasm Lines Containing Leaf-Chewing Insect Resistance QTLs from PI 229358 and PI 227687 Introgressed into “Benning.” *Journal of Plant Registrations*, 11(2), 185. doi: <https://doi.org/10.3198/jpr2016.04.0019crg>.
- Painter, R. H. (1951). *Insect Resistance in Crop Plants*. Macmillan, New York.
- Panda, N., & Khush, G. S. (1995). *Host plant resistance to insects*. Wallingford: CABI International.
- Parrott, W., Walker, D., Zhu, S., Boerma, H. R., & All, J. (2008). Genomics of insect-soybean interactions. In G. Stacey (ed.) *Genetics and genomics of soybean* (pp. 269-291). Nova York, NY: Springer.
- Perez-Sackett, P. T., Cianzio, S. R., Kara, P. C., Aviles, M., & Palmer, R. G. (2011). QTL Mapping of whitefly resistance in soybean. *Journal of Crop Improvement*, 25(2), 134-150, doi: <https://doi.org/10.1080/15427528.2011.546093>.
- Piubelli, G. C., Hoffmann-Campo, C. B., Moscardi, F., Miyakubo, S. H., & Oliveira, M. C. N. de. (2005). Are chemical compounds important for soybean resistance to *Anticarsia gemmatalis*? *Journal of Chemical Ecology*, 31(7), 1509–1525. doi: <https://doi.org/10.1007/s10886-005-5794-z>.
- Portillo, H. E., & Pitre, H. N. (1992). Effect of four genotypes on the development and fecundity of *Heliothis virescens* and *Pseudoplusia includes* (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist*, 75(3), 386-390. doi: <https://doi.org/10.2307/3495862>

- Rector, B., All, J., Parrott, W., & Boerma, H. R. (1998). Identification of molecular markers linked to quantitative trait loci for soybean resistance to corn earworm. *Theoretical and Applied Genetics*, 96(6), 786–790. doi: doi: <https://doi.org/10.1007/s001220050803>.
- Rector, B. G., All, J. N., Parrott, W. A., & Boerma, H. R. (1999) Quantitative trait loci for antixenosis resistance to corn earworm in soybean. *Crop Science*, 39(6-7), 531–538. doi: <https://doi.org/10.1007/s001220050803>
- Rector, B., All, J., Parrott, W., & Boerma, H. R. (2000). Quantitative trait loci for antibiosis resistance to corn earworm in soybean. *Crop Science*, 40, 233–238. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.401233x>.
- Reunião (2018). *Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2018/2019 e 2019/2020*. 42ª Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul. Três de Maio: Setrem.
- Reynolds, G. W., Smith, C. M., & Kester, K. M. (1985). Reductions in consumption, utilization, and growth rate of soybean Looper (Lepidoptera: Noctuidae) larvae fed foliage of soybean genotype PI 227687. *Journal of Economic Entomology*, 17(6), 1371-1375. doi: <https://doi.org/10.1093/jee/77.6.1371>.
- Rodrigues, F. (2020). Engenharia genética na agricultura: mercado, benefícios, aprovações e perspectivas futuras. *Revista Agrotecnologia*, 11, 30-44. Retrieved from <https://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/article/view/9806>.
- Rosales, E. A. C. (1990). Aspectos biológicos e não-preferência para alimentação e oviposição de *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818, em genótipos de soja, *Glycine max* (L.) Merrill. [Tese Doutorado - Universidade de São Paulo], São Paulo, Piracicaba, 1990.
- Rose, R. L., Sparks, T. C., & Smith, C. M. (1989). The influence of resistant soybean (PI 227687) foliage and coumestrol on the metabolism of xenobiotics by the soybean looper, *Pseudoplusia includens* (Walker). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 34,17-26. doi: [https://doi.org/10.1016/0048-3575\(89\)90136-3](https://doi.org/10.1016/0048-3575(89)90136-3).
- Rouf Mian, M. A., Kang, S. T., Beil, S. E., & Hammond, R. B. (2008). Genetic linkage mapping of the soybean aphid resistance gene in PI 243540. *Theoretical and Applied Genetics*, 117, 955–962. doi: <https://doi.org/10.1007/s00122-008-0835-y>.
- Ryan, C. A. (1990). Protease inhibitors in plants: genes for improving defenses against insects and pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 28, 245-249. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.py.28.090190.002233>.
- Sandhu S., & Kang, M.S. (2017). Advances in Breeding for Resistance to Insects. In R. Arora, & S. Sandhu (eds) *Breeding Insect Resistant Crops for Sustainable Agriculture* (pp. 67-99). Springer: Singapore. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-10-6056-4_3.
- Schlick-Souza, E. C. (2013). Resistência de genótipos de soja a *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepdoptera: Noctuidae). [Tese doutorado - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”], São Paulo, Botucatu, 2013.
- Schlick-Souza, E. C., Baldin, E. L. L., Morando, R., & Lourenção, A. L. (2018). Antixenosis to *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) among soybean genotypes. *Bragantia*, 77, 124-133. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2016449>.
- Silva, R. C. da. Avaliação de genótipos de soja a *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) (Lepdoptera: Noctuidae), em Paragominas, Pará. 2017. [Trabalho de conclusão de curso - Graduação em Engenharia Agrônômica da Universidade Federal Rural da Amazônia], Pará, Paragominas, 2017.
- Silva, E., Belinato, J. R., Porto, C., Nunes, E., Guimarães, F., Meyer, M. C., & Pilau, E. J. (2021). Soybean Metabolomics Based in Mass Spectrometry: Decoding the Plant’s Signaling and Defense Responses under Biotic Stress. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, 69(26), 7257–7267. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c07758>.
- Smith, C. M. (1985). Expression, mechanisms and chemistry of resistance in soybean (*Glycine max* L. Merr.) to soybean Looper, *Pseudoplusia includens* (Walker). *International Journal of Tropical Insect Science*, 6(3), 243-248. doi: <https://doi.org/10.1017/S1742758400004495>.
- Smith, C. M. (2005). *Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches*. Dordrecht: Springer.

- Smith, C. M., & Gilman, D. F. (1981). Comparative Resistance of Multiple Insect-Resistant Soybean Genotypes to the Soybean Looper. *Journal of Economic Entomology*, 74(4), p. 400-403. doi: <https://doi.org/10.1093/jee/74.4.400>.
- Stewart Júnior, C. N., Adang, M. J., All, J. N., Boerma, H. R., Cardineau, G., Tucker, D., & Parrott, W. A. (1996). Genetic transformation, recovery, and characterization of fertile soybean transgenic for a synthetic *Bacillus thuringiensis* cry1Ac gene. *Plant Physiology*, 112, 121-129. doi: <https://doi.org/10.1104/pp.112.1.121>.
- Stout, M. J. (2013). Reevaluating the conceptual framework for applied research on hostplant resistance. *Insect Science*, 20(3), 263-272. doi: <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12011>.
- Stout, M. J., Workman, J., & Duffey, S. S. (1994). Differential induction of tomato foliar proteins by arthropod herbivores. *Journal of Chemical Ecology*, 20(10), 2575-2594. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02036193>.
- Turnipseed, S. G., & Sullivan, M. J. (1976). Plant resistance in soybean insect management. In L. D. Hill (Ed.). *World Soybean Research* (pp. 549-560). Danville: The Interstate Printers and Publishers Inc.
- Usovsky, M., Ye, H., Vuong, T. D.; Patil, G. B., Wan, J., Zhou, L., & Nguyen, H. T. (2021). Fine-mapping and characterization of qSCN18, a novel QTL controlling soybean cyst nematode resistance in PI 567516C. *Theoretical and Applied Genetics*, 134, 621-631. doi: <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03718-6>.
- Vasconcelos, M. J. V., & Figueiredo, J. E. F. (2015). Tecnologia CRISPR-Cas para Edição Genômica. Brasília-DF: Embrapa Sorgo e Milho (Documentos 197).
- Velásquez, A. C., Castroverde, C. D. M., & He, S. Y. (2018). Plant-pathogen warfare under changing climate conditions. *Current Biology*, 28(10), 619-634. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.03.054>.
- Vendramim, J. D., & Nishikawa, M. A. N. (2001). Melhoramento para resistência a insetos. In L. L. Nass, A. C. C. Valois, I. S. de Melo, M. C. Valadares-Inglis (Eds.). *Recursos genéticos e melhoramento: plantas* (pp. 737-781). Rondonópolis: Fundação MT.
- Walker, D., Boerma, H. R., All, J., & Parrott, W. (2002). Combining cry1Ac with QTL alleles from PI 229358 to improve soybean resistance to lepidopteran pests. *Molecular Breeding*, 9(1), 43-51. doi: <https://doi.org/10.1023/a:1018923925003>.
- Warrington, C. V., Zhu, S., Parrott, W. A., All, J. N., & Boerma, H. R. (2008). Seed Yield of Near-Isogenic Soybean Lines with Introgressed Quantitative Trait Loci Conditioning Resistance to Corn Earworm (Lepidoptera: Noctuidae) and Soybean Looper (Lepidoptera: Noctuidae) from PI 229358. *Journal of Economic Entomology*, 101(4), 1471-1477. doi: <https://doi.org/10.1093/jee/101.4.1471>.
- Wille, P. E., Pereira, B. A., Wille, C. L., Restelatto, S. S., Boff, M. I. C., & Franco, C. R. (2017). Natural resistance of soybean cultivars to the soybean Looper larva *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52, 18-25. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000100003>.
- Zhang, G., Gu, C., & Wang, D. (2013). Mapping and validation of a gene for soybean aphid resistance in PI 567537. *Molecular Breeding* 32, 131-138. doi: <https://doi.org/10.1007/s11032-013-9857-5>.
- Zhu, S., Walker, D. R., Boerma, H. R., All, J. N., & Parrott, W. A. (2008). Effects of defoliating insect resistance QTLs and a cry1Ac transgene in soybean near-isogenic lines. *Theoretical and Applied Genetics*, 116(4), 455-463. doi: <https://doi.org/10.1007/s00122-007-0682-2>.

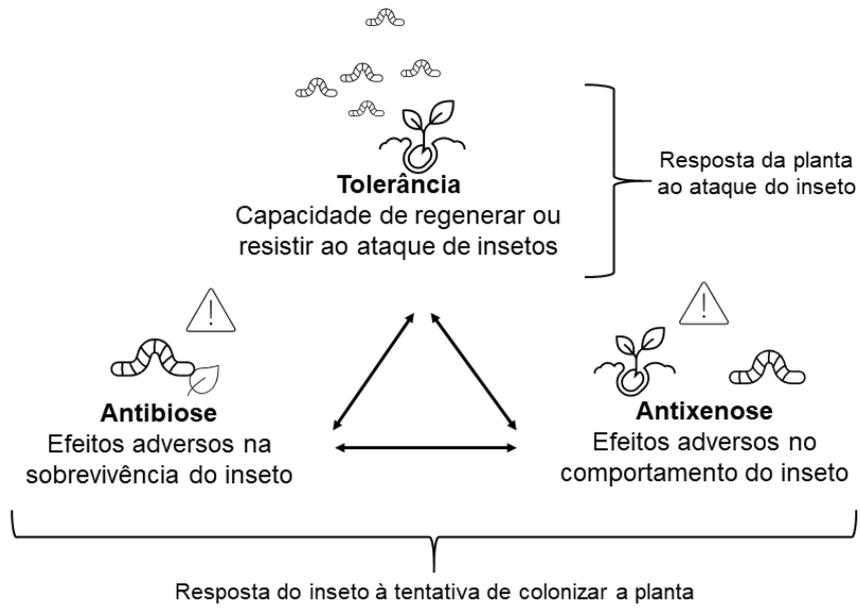


Figura 1. Categorias de resistência: antixenose, antibiose e tolerância.

Tabela 1. Estudos envolvendo a resistência de genótipos de soja aos desfolhadores *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818) e *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857)

Genótipo	Origem/Genealogia	Inseto	Resistência	Manifestação	Autor(es)
Bragg	Jackson x D49-2491	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antibiose Antixenose	Redução de peso da pupa; Não-preferência para alimentação.	Rosales (1990).
Benso IRR	-	<i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose	Prolongamento do ciclo de vida; Redução do peso das larvas e pupas.	Wille et al. (2017).
BMX Turbo RR	-	<i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose	Redução do crescimento populacional.	Wille et al. (2017).
BR 82-12547	-	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação.	Hoffmann-Campo, Mazzarin e Lutosa, (1994).
Crockett	Hampton 266A x PI171451	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antibiose	Redução do peso das larvas e pupas.	Gazzoni e Tutida (1996).
Conquista	Lo 76-4484 x Numbaira/EMBRAPA, Londrina, Brasil	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antibiose	Prolongamento da oviposição.	Ongaratto, Lourenção, Santos e Baldin (2021).
Davis	[Roanoke x (Ogden x CNS)] x (Ralsoy x Ogden)	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antibiose	Redução da fertilidade; Redução de peso da pupa; Redução do crescimento populacional.	Heineck e Corseuil (1991).
D 75-10169	Govan 9 x (F4 Bragg 9 x PI 229358)	<i>Chrysodeixis includens</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação.	Ongaratto et al. (2021); Schlick-Souza (2013).
D 75-10230	-	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antibiose	Prolongamento do desenvolvimento larval; Redução de peso da pupa.	Oliveira (1981).
ATIR 81-296	GaSoy17 x PI 229358	<i>Anticarsia gemmatalis</i> <i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose Antixenose	Redução do peso larval e pupal; Prolongamento do ciclo de vida; Não-preferência para alimentação.	All, Boerma e Todd (1989); Beach e Todd (1988a); Beach e Todd (1988b); Portillo e Pitre (1992).
GATIR 81-327	-	<i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose	Redução de peso da pupa; Alta mortalidade.	Beach, Todd e Baker (1985).

GATIR 81-26	-	<i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose	Redução de peso da pupa; Maior mortalidade.	Beach, Todd e Baker (1985).
GATIR 81-306	-	<i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose	Redução de peso da pupa; Alta mortalidade.	Beach, Todd e Baker (1985).
L1-1-01	BR-6 x IAC 100	<i>Anticarsia gemmatalis</i> <i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose Antixenose	Prolongamento da oviposição; Não-preferência para alimentação e oviposição.	Ongaratto et al. (2021); Schlick-Souza, Baldin, Morando e Lourenção (2018).
IAC-17	D72-9601-1 x IAC 8	<i>Anticarsia gemmatalis</i> <i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose Antixenose	Baixa viabilidade das fases larval, pupal e de ovo; Prolongamento do desenvolvimento larval; Redução de peso da pupa; Deformação de adultos; Redução do número de ovos por fêmea; Prolongamento do ciclo de vida; Não-preferência para alimentação.	Fugi, Lourenção e Parra (2005); Lourenção, Pereira, Miranda e Ambrosano (2000); Ongaratto et al. (2021); Schlick-Souza (2013); Schlick-Souza et al. (2018).
IAC 18	D 2-9601 x IAC 8	<i>Chrysodeixis includens</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação e oviposição.	Schlick-Souza et al. (2018).
IAC 19	D72-9601-1 x IAC 8	<i>Anticarsia gemmatalis</i> <i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose Antixenose	Prolongamento do desenvolvimento larval; Redução do número de ovos por fêmea; Prolongamento do ciclo de vida; Não-preferência para alimentação.	Ongaratto et al. (2021); Schlick-Souza et al. (2018).
IAC-23	BR-6 x IAC 83-23	<i>Anticarsia gemmatalis</i> <i>Chrysodeixis includens</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação e oviposição.	Ongaratto et al. (2021); Schlick-Souza (2013); Schlick-Souza et al. (2018).
IAC-24	IAC 80-1177 x IAC 83-288	<i>Anticarsia gemmatalis</i> <i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose Antixenose	Baixa viabilidade das fases larval, pupal e de ovo; Prolongamento do desenvolvimento larval; Redução de peso da pupa; Deformação de adultos; Redução do número de ovos por fêmea;	Fugi, Lourenção e Parra (2005); Ongaratto et al. (2021); Schlick-Souza (2013); Schlick-Souza et al. (2018).

IAC 100	IAC 78-2318 x IAC 12	<i>Anticarsia gemmatalis</i> <i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose Antixenose	Prolongamento do ciclo de vida; Não-preferência para alimentação. Redução da taxa de crescimento de ganho de peso; Prolongamento do desenvolvimento larval; Redução na conversão alimentar; Prolongamento do ciclo de vida; Alta mortalidade; Redução do número de ovos por fêmea; Não preferência para alimentação.	Hoffmann-Campo e Mazzarin (1993); Hoffmann-Campo, Moscardi, Miyakubo e Oliveira (2005); Lourenção et al. (2000); Oliveira, Machado et al. (1999); Ongaratto et al. (2021); Piubelli, Schlick-Souza (2013); Schlick-Souza et al. (2018).
IAC 74-2832	Hill x PI 274454	<i>Anticarsia gemmatalis</i> <i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose Antixenose	Baixa viabilidade das larvas; Prolongamento da pupa; Não preferência para alimentação.	Hoffmann-Campo, Mazzarin e Lutosa (1994); Ongaratto et al (2021); Schlick-Souza et al. (2018).
IAC 78-2318	D 72-9601-1 x IAC 73-227/IAC, Campinas, Brasil	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação.	Ongaratto et al. (2021).
IAC 98-3123	IAC 17 x IAC 15	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação.	Lourenção, Reco, Braga, Valle e Pinheiro (2010).
IAC 98-4136	IAC 78-2318 x IAC 8	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação.	Lourenção et al. (2010).
IAC 98-4133	IAC 78-2318 x IAC 8	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação.	Lourenção et al. (2010).
IAC 98-4140	IAC 78-2318 x IAC 8	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação.	Lourenção et al. (2010).
Kirby	Centennial x [Forrest x (Cobb x D68-216)]	<i>Chrysodeixis includens</i>	Antixenose	Não-preferência para oviposição.	Beach e Todd (1988b).
M-SOY8867RR	-	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antibiose Antixenose	Prolongamento do desenvolvimento larval; Fertilidade mais baixa; Não-preferência para alimentação.	Franco et al. (2014) (2016).
N 77-9002-1	PI 227687	<i>Chrysodeixis includens</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação.	Smith and Gilman (1981).

N 77-9003-4	PI 227687	<i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose Antixenose	Redução do peso larval; Prolongamento do período de desenvolvimento larval e pupal; Não-preferência para alimentação.	Smith and Gilman (1981).
N 77-9005-2	PI 229358	<i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose	Redução do peso larval; Prolongamento do desenvolvimento pupal.	Smith and Gilman (1981).
N 85-214	PI 229358	<i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose	Redução do peso das larvas e pupas.	Portillo and Pitre (1992).
P98C81	-	<i>Chrysodeixis includens</i>	Tolerância	Não afetou a produtividade.	Silva (2017).
P98Y70	-	<i>Chrysodeixis includens</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação.	Silva (2017).
P98Y77RR	-	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antibiose Antixenose	Baixa viabilidade larval; Não-preferência para alimentação.	Franco et al. (2014) (2016).
PI 171451	Japão	<i>Anticarsia gemmatalis</i> <i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose Antixenose	Ganho de peso reduzido; Prolongamento do ciclo de vida; Alta mortalidade; Não-preferência para alimentação e oviposição.	Kilen (1990); Schlick-Souza (2013); Schlick-Souza et al. (2018); Turnipseed and Sullivan (1976).
PI 227687	Okinawa, Japão	<i>Anticarsia gemmatalis</i> <i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose Antixenose	Ganho de peso reduzido; Redução da taxa de crescimento; Prolongamento do ciclo de vida; Alta mortalidade; Aumento da atividade de transferência de glutatona; Não-preferência para alimentação e oviposição.	Hoffmann-Campo, Mazzarin e Lutosa (1994); Kilen, Hatchett e Hartwig (1977); Piubelli et al. (2005); Rose, Sparks e Smith (1989); Reynolds, Smith e Kester (1985); Smith e Gilman (1981); Smith (1985); Turnipseed e Sullivan (1976).
PI 229358	Tóquio, Japão	<i>Chrysodeixis includens</i> <i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antixenose Antibiose	Redução do peso larval e pupal; Redução da longevidade e viabilidade dos ovos; Prolongamento do ciclo de vida; Alta mortalidade; Redução da taxa de crescimento; Não-preferência para alimentação.	All, Boerma e Todd (1989); Beach e Todd (1988a); Beach e Todd (1988b); Fugi, Lourenção e Parra (2005); Gilman (1981); Hoffmann-

					Campo, Mazzarin e Lutosa (1994); Kilen (1990); Rosales (1990); Schlick-Souza et al. (2018); Smith e Turnipseed e Sullivan (1976).
PI 274453	Okinawa, Japão	<i>Chrysodeixis includens</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação e oviposição.	Schlick-Souza et al. (2018).
PI 274454	Okinawa, Japão	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antibiose Antixenose	Ganho de peso e taxa de crescimento reduzidos; Baixa viabilidade das larvas; Prolongamento do ciclo de vida; Alta mortalidade; Não-preferência para alimentação.	Ongaratto et al. (2021); Piubelli et al. (2005) Hoffmann-Campo, Mazzarin e Lutosa (1994).
PI 281888	-	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação	Gonçalves e Silva (1978)
PI 283326	-	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação	Gonçalves e Silva (1978)
PI 324068	-	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação	Gonçalves e Silva (1978)
PI 417061	-	<i>Anticarsia gemmatalis</i> <i>Chrysodeixis includens</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação	Kilen (1990)
PI 417427	-	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação	Kilen (1990)
SYN 1182 RR	-	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação	Franco et al. (2014)
SYN 9070 RR	-	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação	Franco et al. (2014)
TMG 1179 RR	Tropical Melhoramento & Genética/Cambé, Brazil	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Antixenose	Não-preferência para alimentação	Ongaratto et al (2021)
T83-5408	PI 171451	<i>Chrysodeixis includens</i>	Antibiose	Redução do peso das larvas e pupas.	Portillo e Pitre (1992)

Artigo II – Florida Entomologist

Effect of soybean genotypes on the development Soybean Looper
Efeito de genótipos de soja no desenvolvimento da lagarta-falsa-medideira

Priscilla Costa Gobbi

Fabício Barcelos Motta

Indyra Faria de Carvalho

João Pedro Robe Fagundes

Uemerson Silva da Cunha

Ana Claudia Barneche de Oliveira

Ana Paula Schneid Afonso da Rosa

(Versão português)

3 Artigo II – Efeito de genótipos de soja no desenvolvimento da lagarta-falsa-medideira

Cabeçalho:

Gobbi et al.: Efeito de genótipos

Status de membro:

Não membro

Contato:

Priscilla Costa Gobbi
Departamento de fitossanidade
Universidade Federal de Pelotas
Capão do Leão, 96160-000, Brasil
Telefone: +55 (53) 98118-1554
E-mail: priscillagobbi@hotmail.com

Efeito de genótipos de soja no desenvolvimento da lagarta-falsa-medideira

Priscilla Costa **Gobbi**^{1*}, Fabrício Barcelos **Motta**², Indyra Faria de **Carvalho**³, João Pedro Robe **Fagundes**⁴, Uemerson Silva **Da Cunha**⁵, Ana Claudia Barneche **De Oliveira**⁶, and Ana Paula Schneid Afonso **Da Rosa**⁷

¹ Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário, Departamento de Fitossanidade, Capão do Leão 96160-000, RS, Brasil, E-mail: priscillagobbi@hotmail.com

² Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário, Departamento de Fitossanidade, Capão do Leão 96160-000, RS, Brasil, E-mail: fabriciosynister@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário, Departamento de Fitossanidade, Capão do Leão 96160-000, RS, Brasil, E-mail: indyrafaria@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário, Departamento de Fitossanidade, Capão do Leão 96160-000, RS, Brasil, E-mail: jprfc10@hotmail.com

⁵ Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário, Departamento de Fitossanidade, Capão do Leão 96160-000, RS, Brasil, E-mail: uscunha@yahoo.com

⁶ Embrapa Clima Temperado, Melhoramento de plantas, Pelotas 96010-971, RS, Brasil, ana.barneche@embrapa.br

⁷ Embrapa Clima Temperado, Entomologia, Pelotas 96010-971, RS, Brasil, ana.afonso@embrapa.br

*Autor correspondente. E-mail: priscillagobbi@hotmail.com.

Abstract

Constitutive mechanisms of plants are responsible for affecting herbivore/host interactions, resulting in behavioral and/or metabolic effects capable of reducing crop losses. The objective of this study was to evaluate the effect of soybean genotypes (*Glycine max* [L.] Merr., Fabaceae) ‘BRS 391’, ‘BRS 6203 RR’, ‘TEC IRGATEC IRGA 6070 RR’, ‘BMX Valente RR’, ‘BMX Icone Ipro’ and the breeding lines PELBR 10-6000 RR and PELBR 10-6049 RR in *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) through the evaluation of the following biological parameters: duration and viability of all development phases, number of larval instars, sex rate, weight and deformation of pupae and the fertility life table. For this, 150 larvae per genotype were used, maintained at 25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ RH, 14 h photophase. The Frequency of the width of cephalic capsules indicated the occurrence of six larval instars for the genotypes. The TEC IRGA 6070 RR and BMX Icone Ipro genotypes caused larval mortality in the first 5 days. The BRS 391 and BRS 6203 RR genotypes reduced larval viability, the latter also presented the highest percentage of deformed pupae. The BMX Valente RR genotype promoted the lowest egg viability. Only the BRS 6203 RR and BRS 391 genotypes were able to reduce the population in subsequent generations. The TEC IRGA 6070 RR genotype caused 100% mortality during larval development and the TEC IRGABRS 6203 RR and BRS 391 genotypes significantly affected the biological parameters of *C. includens*, characterizing the expression of antibiosis. The PELBR 10-6049 RR and PELBR 10-6000 RR breeding lines are not predisposed to antibiosis.

Keywords: *Chrysodeixis includens*, Noctuidae, host resistance, *Glycine max*

Resumo

Os mecanismos constitutivos das plantas são responsáveis por afetar a interação herbívoro/hospedeiro resultando em efeitos comportamentais e/ou metabólicos capazes de reduzir as perdas na cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da antibiose proporcionado pelos genótipos de soja (*Glycine max* [L.] Merr., Fabaceae), ‘BRS 391’, ‘BRS 6203 RR’, ‘TEC IRGA 6070 RR’, ‘BMX Valente RR’, ‘BMX ICONE IPRO’ e as linhagens PELBR 10-6000 RR e PELBR 10-6049 RR em *Chrysodeixis includens* (Walker), através da avaliação dos seguintes parâmetros biológicos: duração e viabilidade das fases de desenvolvimento, número de instares larvais, razão sexual, peso e deformação de pupas e elaboração da tabela de vida de fertilidade. Para isso, foram utilizadas 150 lagartas por genótipo, mantidas a 25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ UR, fotofase 14 h. A frequência da largura das cápsulas cefálicas, indicou a ocorrência de um a seis instares larvais para os genótipos. O genótipo TEC IRGA 6070 RR e BMX Icone IPRO ocasionaram a mortalidade das lagartas nos primeiros 5 dias. O genótipo BRS 391 e BRS 6203 RR reduziram a viabilidade larval, sendo que este último, ainda apresentou a maior porcentagem de pupas deformadas. O genótipo BMX Valente RR promoveu a menor viabilidade de ovos. Somente os genótipos BRS 6203 RR e BRS 391 foram capazes de reduzir a população nas próximas gerações. O genótipo TEC IRGA 6070 RR ocasionou 100% de mortalidade durante o desenvolvimento larval e os genótipos BRS 6203 RR e BRS 391 afetaram significativamente os parâmetros biológicos de *C. includens*, caracterizando a expressão de antibiose. As linhagens PELBR 10-6049 RR e PELBR 10-6000 RR, não apresentaram predisposição a antibiose.

Palavras-chave: *Chrysodeixis includens*, Noctuidae, resistência hospedeira, *Glycine max*

O Brasil encontra-se na primeira posição em produção de soja [*Glycine max* (L.) Merr.]. Na safra 2020/2021, a cultura ocupou uma área de 39.195,6 milhões de hectares, com uma

produção de 138.153,0 milhões de toneladas (Conab, 2022). A expansão da cultura no país, foi possível, devido ao uso de cultivares de soja adaptadas aos diferentes sistemas de produção e condições edafoclimáticas, de forma, que a cultivar expresse o seu maior potencial produtivo (Kaster & Farias, 2012). No entanto, nos ambientes de lavoura esse potencial fica comprometido pelo ataque de pragas (Hoffmann-Campo et al., 2000; Oliveira, 2017; Reunião, 2018).

Espécies de lepidópteros-praga destacam-se por provocarem danos consideráveis durante todos os estádios fenológicos da cultura, uma vez que, o dano foliar resultante da alimentação das lagartas, reduz a área fotossintética e compromete o enchimento das vagens durante a fase reprodutiva, resultando em perdas de produtividade (Gazzoni & Yoriniori, 1995). No Brasil, a presença da lagarta-falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) tem se intensificado devido às novas conformações e manejo do cultivo da soja, aos aspectos comportamentais da praga e a redução da população de fungos entomopatogênicos, alterando o status de praga-secundária para praga-primária em várias regiões produtoras (Bueno et al. 2007; Ávila & Grigolli 2014).

A intervenção por meio do uso de inseticidas sintéticos é a estratégia mais empregada para regulação dessa praga no campo. No entanto, o apelo por um sistema de cultivo mais sustentável tem fomentado a busca por outros métodos de controle, incluindo a resistência genética, através da utilização de plantas que apresentem algum grau de resistência a praga (Painter 1951; Valadão et al. 2012; Conte et al. 2014).

O uso da resistência de plantas é relatado com sucesso e sua manifestação é expressa, principalmente, por meio de alterações em aspectos biológicos da praga, como redução do peso, prolongamento do ciclo de vida, aumento na mortalidade e deformações, redução da viabilidade, e redução da população da praga nas gerações subsequentes (Fugi et al. 2005; Schlick-Souza 2013; Wille et al. 2017). O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de

genótipos de soja em *C. includens* através do estudo dos parâmetros biológicos e da tabela de vida de fertilidade.

Material e métodos

O estudo foi realizado na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Clima Temperado (31°48'13.96''S, 52°24'41.40''W), Pelotas-RS.

OBTENÇÃO DAS PLANTAS DE SOJA

Foram utilizados 7 genótipos, cinco cultivares (BRS 391, BRS 6203 RR, BMX Valente RR, TEC IRGA 6070 RR, BMX ICONE IPRO) e duas linhagens de soja, provenientes do Programa de Melhoramento da Embrapa (PELBR 10-6000 RR e PELBR 10-6049 RR). Os genótipos foram cultivados em vasos de 11 L contendo substrato da marca comercial Mecplant® (composição: casca de pinus, vermiculita, corretivo de acidez e macronutrientes) e mantidos em casa-de-vegetação seguindo as recomendações técnicas para a cultura da soja (Reunião, 2018).

OBTENÇÃO DA POPULAÇÃO DE *C. INCLUDENS*

A população inicial de *C. includens* foi obtida em coletas na área experimental da Embrapa, através do método de pano-de-batida. As lagartas foram posteriormente criadas de acordo com os métodos descritos por Parra (2001) em condições de laboratório (25 ± 1 °C), umidade relativa ($70 \pm 10\%$), fotofase de 14 h e alimentadas com dieta artificial (Greene et al. 1976).

BIOENSAIO

O experimento foi conduzido em condições de laboratório (25 ± 1 °C; $70 \pm 10\%$ UR; fotofase de 14 h), 150 lagartas neonatas por genótipo foram individualizadas em tubos de vidro (2,5 cm de diâmetro x 8,0 cm de altura) e alimentadas diariamente com folíolos de soja (7 cm²

de diâmetro) coletados do terço médio das plantas (Fehr & Caviness 1977). As larvas foram alimentadas até atingir a fase de pupa, quando pararam de se alimentar.

A largura da cápsula cefálica das lagartas foi medida diariamente até atingir a fase de pupa, por meio de uma ocular micrométrica acoplada a um microscópio estereoscópico (Leica® - S8AP0) (Lopes et al. 2008). Ao atingir a fase de pupa foram sexadas conforme Butt & Cantu (1962) e pesadas com 24 h de formadas.

Para cada genótipo, foram formados casais a partir da emergência dos adultos. Cada par formado foi colocado em uma gaiola de PVC (10 cm de diâmetro x 20 cm de altura), identificada de acordo com o genótipo. Internamente, a gaiola foi forrada com papel (substrato para oviposição) e os adultos foram alimentados diariamente com solução aquosa de mel a 10%.

Os ovos resultantes de cada casal foram retirados diariamente do substrato de oviposição, contados e incubados em potes plásticos de 500 mL. As larvas resultantes da segunda postura foram contabilizadas após a eclosão.

Os parâmetros biológicos avaliados foram: duração e viabilidade de cada fase de desenvolvimento, número de instares, peso de pupa, número de ovos e razão sexual. A razão sexual foi calculada pela equação $r = N_f / (N_f + N_m)$ onde: N_f e N_m correspondem ao número de fêmeas e machos, respectivamente.

A partir dos resultados obtidos, foram elaboradas as tabelas de vida de fertilidade segundo Silveira Neto et al. (1976) para cada tratamento. Foram considerados, total de fêmeas (x), índice de sobrevivência acumulado de fêmeas (l_x); fertilidade específica (número de descendentes por fêmea) na idade x e que darão origem a fêmeas (m_x) e o número de descendentes que atingiram a idade na geração seguinte ($l_x \times m_x$).

Baseado nas informações da tabela de vida, os seguintes parâmetros foram estimados para cada tratamento: Taxa líquida de reprodução, $R_0 = \sum(m_x \times l_x)$: número de vezes que a espécie tem capacidade de aumentar a cada geração; Taxa intrínseca de crescimento, $r_m =$

$\ln(R_0) / T$: crescimento da espécie a cada geração; Taxa finita de aumento, $\lambda = \exp(rm)$: crescimento diário da população indicando o número de indivíduos adultos (fêmeas), adicionados por fêmea ao dia, ao longo de uma geração; Intervalo médio entre gerações, $T = \Sigma(mx \times lx \times x) / \Sigma(mx \times lx)$: duração média de uma geração; Tempo para a população duplicar, $TD = \ln(2) / rm$: tempo que uma população demora para dobrar em número.

ANÁLISE DE DADOS

Os dados foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade usando os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Verificou-se que, para os dados de período de desenvolvimento, viabilidade larval, viabilidade pupal e deformidades os pressupostos para normalidade não foram atendidos e, dessa forma, optou-se pela utilização do teste não-paramétrico Kruskal-Wallis, seguido do teste de comparações múltiplas de Dunn ($P < 0,05$), quando os resultados foram significativos.

Para os dados de peso de pupa os quais, os pressupostos foram atendidos, foi realizada ANOVA. Para razão sexual e viabilidade de ovos foi utilizado os testes não-paramétrico Chi-quadrado ($P \leq 0,05$) e Fisher ($P \leq 0,05$), respectivamente. Para tais análises, foi utilizado o software R v.4.1.0 (R Development Core Team, Vienna, Austria).

O número de instares foi determinado através da curva multimodal de frequências para cápsulas cefálicas no modelo linearizado da regra de Dyar (1890), usando o software Mobae (Haddad, Moraes & Parra, 1995). Os parâmetros da tabela de vida de fertilidade foram estimados por meio da técnica de Jackknife (Meyer et al., 1986) e as médias comparadas pelo teste t unilateral ($P \leq 0,05$), utilizando o software “Lifetable.sas” (Maia et al., 2000) no ambiente SAS System 8.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA).

Resultados

A duração larval variou de 3,42 a 23,66 d ($\chi^2 = 549,5267$, $df = 6$, $P = 0$). Os genótipos BMX Icone IPRO e TEC IRGA 6070 RR, apresentaram durações significativamente menores,

3,42 e 5,25 d, respectivamente, enquanto para a linhagem PELBR 10-6000, o desenvolvimento larval durou em média 23,66 d. A viabilidade larval ($\chi^2 = 166,7717$, $df = 6$, $P = 0$) foi inferior a 50% para todos os tratamentos, porém, as lagartas foram mais afetadas nos genótipos BRS 391 e BRS 6203 RR e nula, quando alimentadas com BMX Icone IPRO e TEC IRGA 6070 RR, atingindo 100% de mortalidade durante o desenvolvimento larval (Tabela 1).

O período de pupa durou de 8,23 a 8,43 d ($F = 0,2974$, $df = 4$, $P = 0,8792$) e a viabilidade de pupa foi de 72,50 % a 91,30 % ($F = 2,4172$, $df = 4$, $P = 0,0506$), sem apresentarem diferenças significativas para os tratamentos (Tabela 1). A longevidade dos adultos variou de 13,50 a 17,21 d (Tabela 1), no entanto, não diferiu entre os genótipos testados ($F = 1,4202$, $df = 4$, $P = 0,2314$), assim como os períodos de pré-oviposição ($F = 2,2895$, $df = 4$, $P = 0,0716$) e de ovo ($F = 0,1044$, $df = 4$, $p = 0,98$) (Tabela 1).

A viabilidade de ovos variou de 39,26 a 69,26% e os menores valores foram verificados para os genótipos PELBR 10-6049 RR, BRS 6203 RR e BMX Valente RR, sendo estes, 48,42 ($P = 0,1467$), 42,88 ($P = 0,07581$) e 39,26% ($P = 0,1238$), respectivamente (Tabela 1).

Picos de frequência, definidos a partir da largura média das cápsulas cefálicas, indicaram a ocorrência de seis instares larvais para os diferentes genótipos. O número de instares não se alterou para os diferentes genótipos e a razão de crescimento (K) entre os estádios de desenvolvimento larval correspondeu à regra de Dyar (1,1 a 1,9), dessa forma, a largura das cápsulas cefálicas aumentou em média, 1,5 a cada instar (Fig. 1).

A razão sexual não diferiu entre os tratamentos ($\chi^2 = 1,3738$, $df = 4$, $P = 0,8487$), porém, a taxa sexual obtida no tratamento BRS 391 demonstrou um viés masculino (1,37:1, machos:fêmeas) (Tabela 2). O peso de pupa variou de 0,175 a 0,193 g ($F = 0,8632$, $df = 4$, $P = 0,4873$) com os menores valores encontrados nos tratamentos BRS 391 e BRS 6203 RR, com redução de 9 e 7,4%, respectivamente, em relação ao tratamento PELBR 10-6000, que

apresentou o maior peso de pupa (Tabela 2). O tratamento BRS 6203, também apresentou o maior número de deformações de pupas (38,46 %) ($\chi^2 = 20,8627$, $df = 4$, $P = 0$) (Tabela 2).

A fertilidade específica não apresentou diferença significativa para o fator tratamento ($F = 0,5191$, $df = 4$, $P = 0,7220$). A maioria das fêmeas teve sua fertilidade máxima expressa em picos de oviposição nos primeiros 8 dias após a formação dos casais (Fig. 2).

A taxa líquida de reprodução (R_0), foi significativamente menor para os genótipos BRS 6203 RR (19,75 fêmeas/fêmeas) e BRS 391 (33,57 fêmeas/fêmeas) ($P < 0,01080$) (Tabela 3). A menor taxa intrínseca de crescimento (r_m) ocorreu para os tratamentos BRS 6203 RR e BRS 391, que obtiveram taxa de crescimento reduzidas em 21 e 19% ($P < 0,00372$), respectivamente, quando comparado ao genótipo BMX Valente RR, que conferiu maior taxa de crescimento (Tabela 3).

A taxa finita de aumento (λ), foi superior a um, indicando crescimento populacional e foi significativamente menor para os genótipos BRS 6203 RR e BRS 391, sendo de 1,082 e 1,085 fêmeas/dia ($P < 0,00372$), respectivamente (Tabela 3). O intervalo médio entre gerações (T) foi maior nos genótipos PELBR 10-6000 RR (44,30 d), PELBR 10-6049 RR (44,07 d) e BRS 391 (43,43 d) (Tabela 3). O tempo em dias para a população dobrar de tamanho (TD), não diferiu entre os tratamentos, porém foi maior para os genótipos BRS 6203 RR (8,45 d) e BRS 391 (8,51 d) (Tabela 3).

Discussão

O menor período de desenvolvimento das larvas de *C. includens* no tratamento BMX Icone IPRO é atribuído à tecnologia Intacta, que expressa a proteína Cry1Ac, uma toxina Bt que promove a ruptura da membrana intestinal aumentando a mortalidade larval (Faria 2018; Bel et al. 2019).

As altas taxas de mortalidade (100%) nos primeiros cinco dias para o genótipo TEC IRGA 6070 RR podem estar relacionadas à presença de aleloquímicos provenientes de

metabólitos secundários envolvidos na proteção de plantas contra herbivoria como os flavonoides rutina, quercetina, kaempferol e genistina (Malvar et al., 2008; Piubelli et al., 2005; Smith, 2005; Gómez et al., 2018).

A viabilidade larval evidenciou forte influência dos genótipos, devido a interferência negativa na alimentação e no desenvolvimento dos insetos, indicando a ocorrência de antibiose (Smith, 2005), que se manifesta através de efeitos tóxicos da planta afetando os parâmetros biológicos dos insetos (Schlick-Souza, 2013; Moonga & Davis, 2016; Wille et al., 2017; Vendramim et al., 2019). Segundo Shour & Sparks (1981), as lagartas geralmente passam por seis instares, entretanto, cinco a sete instares foram relatados dependendo da fonte de alimento e da temperatura (Pitre & Hogg, 1983; Santos et al., 2005).

A viabilidade pupal foi superior a encontrada para *C. includens* em dieta artificial (Barrionuevo et al., 2012) indicando que a viabilidade não foi afetada pelo alimento, e os períodos de pupa neste estudo foram semelhantes aos observados por Wille et al. (2017) em cultivares de soja de grupo de maturação médio ($5,5 \geq \text{GMR} \leq 6,9$) e, com valores que variaram de 7,5 a 7,7 d. Além disso, o peso de pupas observado neste estudo foi semelhante aos verificados em diferentes ensaios com genótipos de soja, com valores variando de 0,109 a 0,217 g (Schlick-Souza, 2013; Moonga & Davis, 2016; Wille et al., 2017) e inferior quando os insetos foram alimentados com dieta artificial (0,208 a 0,261 g) (Kidd & Orr 2001; Parra et al. 2012; Andrade et al. 2016; Specht et al. 2019).

A qualidade dos alimentos influencia no desenvolvimento e na taxa de reprodução das espécies de lepidópteros (Parra, 2001), como o peso de pupa, um fator importante que reflete na aptidão de um hospedeiro para o desenvolvimento e fecundidade adequadas (Liu et al., 2004). Pupas de maior peso indicam adequação do alimento e resultam em maior fecundidade quando comparadas à pupas de menor peso (Daryaei et al., 2008; Suzana et al., 2015).

A qualidade nutricional das plantas hospedeiras afeta de forma diferente a sobrevivência de machos e fêmeas, com maior impacto nas fêmeas, uma vez que requerem recursos adicionais para a progênie (Miller 1975; Mopper & Whitham 1992). Parra et al. (1983) e Quezada-García et al. (2014), apontam que quando o alimento é inadequado para o desenvolvimento há predomínio de machos na população, sugerindo que insetos fêmeas são mais sensíveis ao estresse nutricional.

As variações na longevidade e fecundidade dos adultos são reguladas, principalmente, em função da temperatura, e da qualidade nutricional (Barrionuevo et al. 2012; Przygoda et al. 2016; Benedito et al. 2021). O alimento ingerido durante a fase larval interfere diretamente no desempenho dos adultos e influencia na longevidade, capacidade de dispersão, cópula e oviposição e viabilidade dos ovos (Johansson, 1964). Neste estudo, a longevidade dos adultos foi intermediária às relatadas por Sosa-Gómez et al. (2014) para *C. includens* na cultura da soja e que pode variar de 12 a 19 dias.

Nossos resultados mostraram que o período de pré-oviposição exibiu valores intermediários daqueles encontrados para *C. includens* em estudos de resistência de plantas (1,40 a 5,5 d) por Morando et al. (2017) e Pastório (2020) exceto, para BMX Valente RR, que apresentou valor superior.

O período de incubação dos ovos de aproximadamente 3 dias foi semelhante aos descritos por Moscardi et al. (2012) em todos os tratamentos a 25°C. Segundo Vázquez (1988), o pico de oviposição ocorre cerca de sete dias após a formação dos casais, corroborando para os resultados encontrados neste estudo. Embora a viabilidade dos ovos tenha apresentado diferenças entre os tratamentos, ficou dentro do intervalo de 40 a 100% determinado por Vázquez (1988), exceto para o genótipo BMX Valente RR, que apresentou menor viabilidade.

A tabela de vida de fertilidade demonstrou que os genótipos BRS 6203 RR e BRS 391, reduziram a taxa líquida de reprodução (R_0), o crescimento da espécie a cada geração (rm) e o

número de fêmeas geradas ao dia (λ), sugerindo que, tais genótipos, podem reduzir a população de *C. includens* nas gerações subsequentes. Wille et al. (2017) ao avaliarem cultivares de soja, observaram predisposição a antibiose em genótipos de grupo de maturação médio, recomendados para a região Sul do Brasil, por reduzir a taxa finita de aumento e a taxa líquida de reprodução, o que resulta em redução populacional nas gerações subsequentes.

A linhagem PELBR 10-6000 RR melhorada para tolerância a hipóxia e a Cultivar BMX Valente RR, não apresentou evidência de antibiose. Em um estudo realizado por Gobbi et al. (2019), a produtividade de PELBR 10-6000 RR não foi comprometida pela infestação de *C. includens* acima do nível de controle, sendo promissora para expressão de tolerância.

O genótipo TEC IRGA 6070 RR ocasionou 100% de mortalidade durante o desenvolvimento larval e os genótipos BRS 6203 RR e BRS 391, afetaram negativamente os parâmetros biológicos e reprodutivos de *C. includens* podendo ser uma alternativa para programas de melhoramento de plantas, para plantios orgânicos ou para plantios comerciais. O desenvolvimento de um material mais produtivo que expresse características desejáveis requer um maior número de informações sobre um genótipo e é essencial para a introdução em programas de manejo de pragas na cultura da soja (Borém et al. 2017).

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade pelo apoio científico e à Embrapa Clima Temperado pela estrutura disponibilizada. Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001.

Referências citadas

Andrade K, Bueno A de F, Silva DM da, Stecca C dos S, Pasini A, Oliveira MCN de. 2016. Bioecological characteristics of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae)

- fed on different hosts. *Austral Entomology*, 55: 449-454.
doi: <http://doi.org/10.1111/aen.12208>.
- Avila CJ, Grigolli JFJ. 2014. Pragas de soja e seu controle, pp. 109-168. *In* Lourenção ALF., Grigolli JFJ. Melotto AM, Pitol C, Gitti DC, Roscoe R (Eds.). *Tecnologia e produção: Soja 2013/2014*. Fundação, Maracaju, MS.
- Barrionuevo MJ, Murúa MG, Goane L, Meagher R, Navarro F. 2012. Life table studies of *Rachiplusia nu* (Guenée) and *Chrysodeixis* (= *Pseudoplusia*) *includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) on artificial diet. *Florida Entomologist*, 95: 944-951. doi: <http://doi.org/10.1653/024.095.0419>.
- Bel Y, Zack M, Narva K, Escriche B. 2019. Specific binding of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ea toxin, and Cry1Ac and Cry1Fa competition analyses in *Anticarsia gemmatalis* and *Chrysodeixis includens*. *Scientific Reports*, 9: 1-7. doi: <http://doi.org/10.1038/s41598-019-54850-3>.
- Benedito ADS, Fernandes OA, Ferreira CP. 2021. Thermal requirements and population viability of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, 50: 186-196. doi: <http://doi.org/10.1007/s13744-020-00825-3>.
- Borém A, Miranda GV, Fritsche-Neto R. 2017. *Melhoramento de Plantas*. 7th ed., UFV, Viçosa, MG.
- Bueno RCOF, Parra JRP, Bueno AF, Moscardi F, Oliveira JRG, Camillo MF. 2007. Sem barreira. *Revista Cultivar Grandes Culturas*, 93: 12-15.
- Butt BA, Cantu E. 1962. Sex determination of lepidopterous pupae. USDA, Washington.
- (Conab) Companhia Nacional de Abastecimento. 2022. Acompanhamento da safra brasileira de grãos - 6º Levantamento safra 2021/22. Brasília: Conab, 9: 1-87. <https://www.conab.gov.br> (last accessed 01 Abr. 2022).

- Conte O, Harger FTON, Corrêa-Ferreira BS. 2014. Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2013/2014 no Paraná, pp. 9-11. Embrapa Soja, Londrina, PR. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/996841> (last accessed 13 abr 2021).
- Daryaei GM, Darvishi S, Etebari K, Salehi M. 2008. Host preference and nutrition efficiency of the gypsy moth, *Lymantria díspar* L. (Lymantriidae: Lepidoptera), on different poplar clones. Turkish Journal Agriculture Food Chemical, 32: 469-477. doi: <http://doi.org/10.3906/tar-0712-23>.
- Dyar HG. 1890. The number of molts lepidopterous larvae. Psyche. 5: 420-422. doi: <http://doi.org/10.1155/1890/23871>.
- Faria SCQ da S 2018. Resistência de milho convencional e transgênico e efeitos da idade da planta no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. <http://hdl.handle.net/11449/154952> (last accessed 15 Mar 2021).
- Fehr WR, Caviness CE. 1977. Stages of soybean development (Special Report 80). Iowa Agricultural and Home Economics Experiment Station, Iowa State University. Stages of soybean development (iastate.edu) (last accessed 10 fev 2021).
- Fugi CGQ, Lourenção AL, Parra JRP. 2005. Biology of *Anticarsia gemmatalis* on soybean genotypes with different degrees of resistance to insects. Scientia Agricola, 62: 31-35. doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000100006>.
- Gazzoni DL, Yoriniori JT. 1995. Manual de identificação de pragas e doenças da soja. Embrapa-SPI, Brasília, DF.
- Gobbi PC, Pimentel JP, Bierhals M, Afonso-Rosa AP, Oliveira ACB, Cunha US. 2019. Performance de soja em terras baixas frente a ocorrência de lagartas desfolhadoras. *In*

- XXI Encontro de Pós-Graduação da 5ª Semana Integrada. UFPel, Pelotas, RS. <https://wp.ufpel.edu.br/enpos/anais/anais-2019> (last accessed 10 Out 2021).
- Gómez JD, Vital CE, Oliveira MA, Ramos HJO. 2018. Broad range flavonoid profiling by LC/MS of soybean genotypes contrasting for resistance to *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Plos One*, 13: 1-24. doi: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0205010>.
- Greene GL, Leppla NC, Dickerson WA. 1976. Velvetbean caterpillar: A rearing procedure and artificial medium. *Journal of Economic Entomology*, 69: 487-488. doi: <http://doi.org/10.1093/jee/69.4.487>.
- Haddad ML, Moraes RCB, Parra JRP. 1995. Sistema computadorizado para modelos estatísticos aplicados à entomologia. *In Congresso brasileiro de entomologia*. Caxambu, MG.
- Hoffmann-Campo CB, Moscardi F, Corrêa-Ferreira BS, Oliveira LJ, Sosa-Gómez DR, Panizzi AR, Corso IC, Gazzoni DL, Oliveira EB. 2000. Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado. Embrapa Soja, Londrina, PR.
- Kaster M, Farias JRB. 2012. Regionalização dos testes de valor de cultivo e uso e da indicação de cultivares de soja - terceira aproximação. Embrapa Soja, Londrina, PR. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/917252> (last accessed 13 abr 2021).
- Johansson, A.S. 1964. Feeding and nutrition in reproductive processes in insects. In: *Proceedings of the 2nd Symposium Of The Royal Entomological Society, 1964*, London, UK. London: Royal Entomological Society, pp. 43-55.
- Kidd KA, Orr DB. 2001. Comparative feeding and development of *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) on Kudzu and soybean foliage. *Annals of the*

- Entomological Society of America, 94: 219–225. doi: [http://doi.org/10.1603/0013-8746\(2001\)094\[0219:cfadop\]2.0.co;2](http://doi.org/10.1603/0013-8746(2001)094[0219:cfadop]2.0.co;2).
- Lopes GS, Lemos RNS, Machado KKG, Maciel AAS, Ottati ALT. 2008. Biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). Revista Caatinga, 21: 134-140. <https://www.redalyc.org/pdf/2371/237117546023.pdf> (last accessed 18 Jun 2021).
- Maia HNM, Luiz AJB, Campanhola C. 2000. Statistical Inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspects. Journal of Economic Entomology, 93: 511-518. doi: <http://doi.org/10.1603/0022-0493-93.2.511>.
- Malvar RA, Butrón A, Ordás B, Santiago R. 2008. Causes of natural resistance to stem borers in maize, pp. 51-96. In Burton EN, Williams PV (Eds.). Crop protection research advances. New York: Nova Science Publishers.
- Meyer JS, Igersoll CG, MacDonald LL, Boyceet MS. 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs. bootstrap techniques. Ecology, 67: 1156-1166. doi: <http://doi.org/10.2307/1938671>.
- Miller CA. 1975. Spruce budworm: how it lives and what it does. The Forestry Chronicle, 51: 136-138.
- Moonga MN, Davis JA. 2016. Partial life history of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) on summer hosts. Journal of Economic Entomology, 109: 1713-1719. doi: <http://doi.org/10.1093/jee/tow156>.
- Mopper S, Whitham TG. 1992. The plant stress paradox: effects on pinyon sawfly sex ratios and fecundity. Ecology, 73: 515–525. doi: <http://doi.org/10.2307/1940757>.
- Morando R, Baldin ELL, Cruz PL, Lourenção AL. 2017. Assessing common bean cultivars for resistance to the soybean looper *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). Neotropical Entomology, 46: 561–570. doi: <http://doi.org/10.1007/s13744-017-0486-2>.

- Moscardi F, Bueno AF, Sosa-Gómez DR, Roggia S, Hoffmann-Campo CB, Pomari AF, Corso IC, Yano SAC. 2012. Artrópodes que atacam as folhas da soja, pp. 213-334. *In* Hoffmann-Campo CB, Côrrea-Ferreira BS, Moscardi F (Eds.). Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Embrapa, Brasília, DF.
- Oliveira ACB. 2017. Cultivares de soja, pp: 127-140. *In* Emygdio BM, Afonso-Rosa APS, Oliveira AC de (Eds.). Cultivo de Soja em Terras Baixas do Rio Grande do Sul. Embrapa, Brasília, DF.
- Painter RH. 1951. Insect Resistance in Crop Plants. Macmillan: New York.
- Parra JRP. 2001. Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico. ESALQ/FEALQ, Piracicaba, SP.
- Parra JRP, Panizzi AR, Haddad ML. 2012. Nutritional indices for measuring food intake and utilization, pp. 3-49. *In* Panizzi AR, Parra JRP (Eds.) Insect bioecology and nutrition for integrated pest management. Boca Ratón: CRC Press, Florida.
- Parra JRP, Melo ABP, Magalhães BP, Silveira-Neto S, Botelho PSM. 1983. Efeito do fotoperíodo no ciclo biológico de *Diatraea saccharalis*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 18: 463-472. <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/15266> (last accessed 25 Jul 2021).
- Pastório MA. 2020. Resistência de genótipos de feijão a *Chrysodeixis includens* (walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae). Tese doutorado, Univesidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Paraná. Available from <http://tede.unioeste.br/handle/tede/5377> (last accessed 18 Abr 2021).
- Piubelli GC, Hoffmann-Campo CB, Moscardi F, Miyakubo SH, Oliveira MCN de. 2005. Are Chemical Compounds Important for Soybean Resistance to *Anticarsia gemmatalis*? Journal of Chemical Ecology, 31: 1509-1525. doi: <http://doi.org/10.1007/s10886-005-5794-z>.

- Pitre HN, Hogg DB. 1983. Development of the fall armyworm on cotton, soybean and corn. *Journal of the Georgia Entomological Society*, 18: 182- 187. doi: <http://doi.org/10.1093/jee/76.3.463>.
- Przygoda, A., E. E. Barding, and M. Smith. 2016. Effect of diet on mortality and larval duration in *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of the Georgia Entomological Society*, 74: 1-7. <https://digitalcommons.gaacademy.org/gjs/vol74/iss2/19> (last accessed 18 Maio 2021).
- Quezada-García R, Pureswaran D, Bauce E. 2014. Nutritional stress causes male-biased sex ratios in eastern spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae). *The Canadian Entomologist*, 146: 219-223. doi: <http://doi.org/10.4039/tce.2013.72>.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. 2021. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Reunião. 42ª Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul. 2018. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2018/2019 e 2019/2020. Setrem, Três de Maio, RS.
- Santos KB dos, Meneguim AM, Neves PMOJ. 2005. Biologia de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros. *Neotropical Entomology* 34: 903-910. doi: <http://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000600005>.
- SAS Institute (2001). *Statistical Analysis System: Getting Started with the SAS Learning*. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Schlick-Souza EC. 2013. *Resistência de genótipos de soja a Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). Tese doutorado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, SP. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/105461> (last accessed 11 Abr 2021).

- Shour MH, Sparks TC, 1981. Biology of the soybean looper, *Pseudoplusia includens*: Characterization of last-stage larvae. *Annals of the Entomological Society of America*, 74: 531-535. doi: <http://doi.org/10.1093/aesa/74.6.531>.
- Silveira Neto S, Nakano O, Bardin D, Villa Nova, NA. *Manual de Ecologia dos Insetos*. Piracicaba: CERES, 1976. 419 p.
- Smith CM. 2005. *Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches*. Dordrecht: Springer, Berlin.
- Specht A, Sosa-Gómez DR, Roque-Specht VF, Valduga E, Gonzatti F, Schuh SM, Carneiro E. 2019. Biotic potential and life tables of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), *Rachiplusia nu*, and *Trichoplusia ni* on soybean and forage turnip. *Journal of Insect Science*, 19: 1-8. doi: <http://doi.org/10.1093/jisesa/iez072>.
- Sosa-Gómez DR, Corrêa-Ferreira BS, Hoffmann-Campo CB, Corso IC, Oliveira LJ, Moscardi F, Panizzi AR, Bueno A de F, Hirose E, Roggia S. 2014. *Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja*. Embrapa Soja, Londrina, PR.
- Suzana CS, Damiani R, Fortuna LS, Salvadori JR. 2015. Desempenho de larvas de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes fontes alimentares. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 45: 480-485. <https://www.scielo.br/j/pat/a/TJxGBP7TJwksdgzDtHLbmkq/?format=pdfandlang=pt> (Last accessed 17 Maio 2021).
- Valadão GS, Vieira MR, Pigari SAA, Tabet VG, Silva AC. 2012. Resistência de cultivares de videira ao ácaro-rajado *Tetranychus urticae* na região de Jales, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34: 1051-1058. doi: <http://doi.org/10.1590/S0100-29452012000400011>.
- Vázquez WC. 1988. *Biologia comparada de Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) em dietas naturais e artificiais e efeito de um vírus de

poliedrose nuclear na sua mortalidade e no consumo da área foliar da soja. Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. doi: <http://doi.org/10.11606/D.11.2019.tde-20191218-165714>.

Vendramim JD, Guzzo EC, Ribeiro L do P. 2019. Antibiose, pp. 185-224. *In* Baldin ELL, Vendramim JD, Lourenção AL (Eds). Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações. FEALQ, Piracicaba, SP.

Wille PE, Pereira BA, Wille CL, Restelatto SS, Boff MIC, Franco CR. 2017. Natural resistance of soybean cultivars to the soybean looper larva *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52: 18-25. doi: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000100003>.

Tabela 1. Período médio (\pm EP) e viabilidade dos estágios de desenvolvimento de *Chrysodeixis includens* (Walker) alimentados com diferentes genótipos de soja. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2021

Tratamento	Período (dias)					Viabilidade (%)		
	Larvas	Pupas ^a	Adultos ^a	Pré-oviposição ^a	Ovos ^a	Larvas	Pupas ^a	Ovos
BMX Valente RR	18,95 \pm 0,62b [150]	8,40 \pm 0,09 [63]	15,05 \pm 0,72 [54]	6,70 \pm 0,64 [27]	2,90 \pm 0,09 [10]	46,00a	91,30	39,26c
BRS 391	16,85 \pm 0,90b [150]	8,23 \pm 0,13 [17]	17,21 \pm 1,45 [14]	4,29 \pm 0,39 [7]	3,00 \pm 0,24 [6]	12,67c	89,47	65,05a
BRS 6203 RR	13,74 \pm 0,65c [150]	8,31 \pm 0,21 [16]	13,50 \pm 1,74 [12]	4,50 \pm 0,25 [4]	3,00 \pm 0,00 [3]	13,33c	80,00	42,88bc
PELBR 10-6049 RR	19,02 \pm 0,91b [150]	8,42 \pm 0,10 [26]	16,25 \pm 1,04 [16]	4,71 \pm 1,00 [7]	3,00 \pm 0,28 [5]	19,33bc	89,65	48,42b
PELBR 10-6000	23,66 \pm 0,95a [150]	8,43 \pm 0,14 [21]	16,46 \pm 0,80 [28]	4,71 \pm 0,40 [14]	3,00 \pm 0,00 [10]	26,67b	72,50	69,26a
TEC IRGA 6070 RR	5,25 \pm 0,18d [150]	-	-	-	-	0,00d	-	-
BMX ICONE IPRO	3,42 \pm 0,04e [150]	-	-	-	-	0,00 d	-	-
CV (%)	76,35	7,99	31,19	50,46	13,06	-	-	-

Valores entre colchetes representam o número de observações. Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Dunn ($P \geq 0,05$). ^a Não significativo. Os valores de viabilidade dos ovos seguidos da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Fisher ($P \geq 0,05$).

Tratamento	Razão sexual ^a (r)	Peso pupal ^b (g)	Deformação (%)
PELBR 10-6000	0,55	0,193 ± 0,01 [40]	6,90a
PELBR 10-6049 RR	0,55	0,189 ± 0,01 [29]	0,00a
BMX Valente RR	0,49	0,185 ± 0,00 [69]	4,76a
BRS 391	0,42	0,175 ± 0,01 [19]	5,88a
BRS 6203 RR	0,56	0,178 ± 0,01 [20]	38,46b

Tabela 2. Razão sexual, peso médio (\pm EP) e deformações de pupas de *Chrysodeixis includens* (Walker) em diferentes genótipos de soja. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2021

Os valores entre colchetes representam o número de observações. Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Dunn ($P \geq 0,05$). ^bNão significativo. ^aNão significativo pelo teste do qui-quadrado ($P \geq 0,05$).

Tratamento	Parâmetros				
	Ro	rm	λ	T	TD
BRS 6203 RR	19,75 ± 9,19b	0,079 ± 0,013b	1,082 ± 0,014b	39,26 ± 0,91b	8,45 ± 1,80a
BRS 391	33,57 ± 5,83b	0,081 ± 0,004b	1,085 ± 0,004b	43,43 ± 0,37a	8,51 ± 0,38a
PELBR 10-6049 RR	53,02 ± 12,84ab	0,091 ± 0,005ab	1,095 ± 0,006ab	44,07 ± 0,66a	7,61 ± 0,44a
PELBR 10-6000	77,55 ± 14,19a	0,097 ± 0,004a	1,104 ± 0,005a	44,30 ± 0,40a	7,01 ± 0,30a
BMX Valente RR	57,68 ± 10,14a	0,100 ± 0,005a	1,105 ± 0,005a	40,79 ± 0,30b	6,93 ± 0,32a

Tabela 3. Média (\pm EP) dos parâmetros da tabela de vida de fertilidade (Ro, rm, λ , T e TD) de *Chrysodeixis includens* (Walker) alimentados com genótipos de soja. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2021

Valores representam a média obtida com a técnica Jackknife. Valores seguidos da mesma letra na coluna, não diferem pelo teste t unilateral ($P \geq 0,05$). Ro = taxa líquida de reprodução (fêmea / fêmea); rm = taxa intrínseca de crescimento; λ = taxa finita de aumento (fêmeas / dia); T = intervalo entre gerações (dias); TD = tempo necessário para a população dobrar (dias).

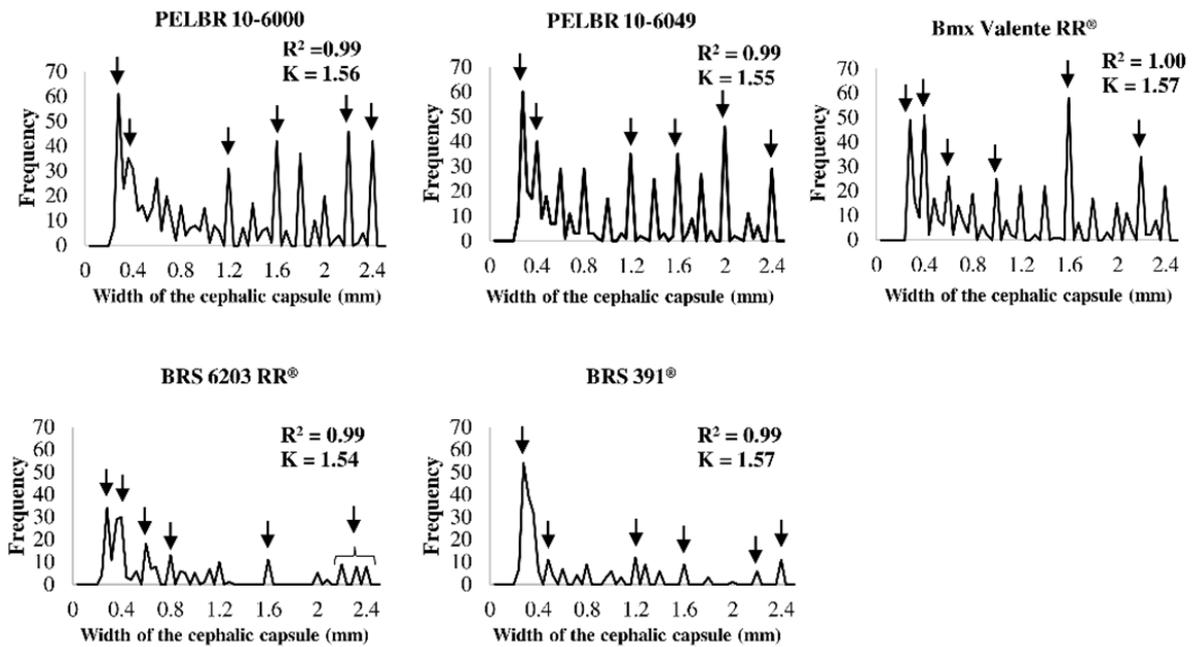


Fig. 1. Valores médios da largura da cápsula cefálica (mm) e número de ínstaes, indicados por picos de frequência (apontados pelas setas) de *Chrysodeixis includens* (Walker) alimentadas com genótipos de soja. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2021.

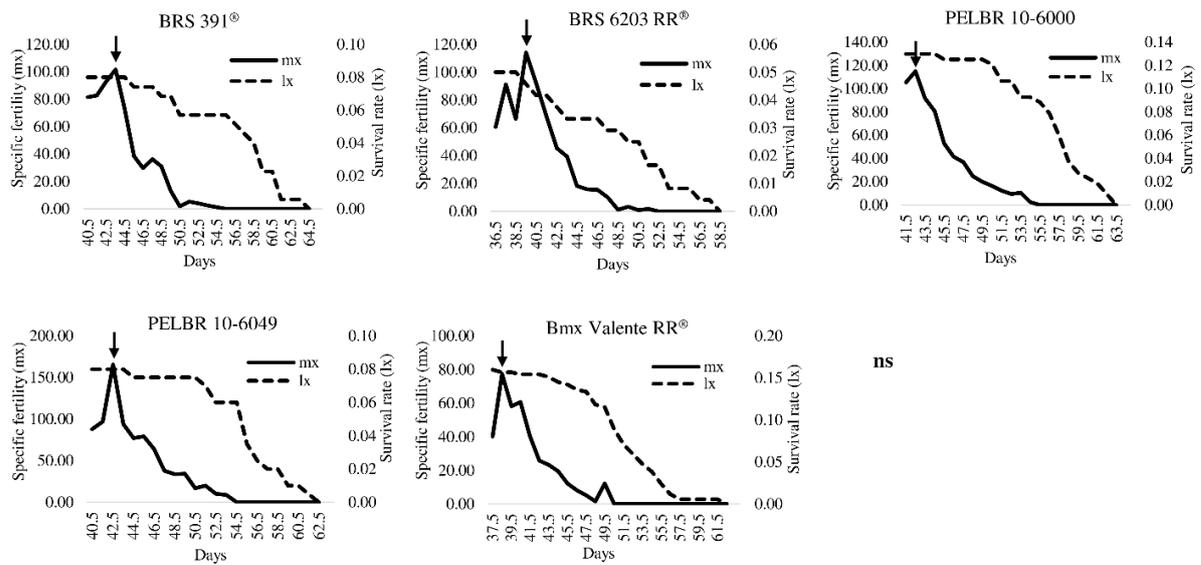


Fig. 2. Fertilidade específica (mx) e taxa de sobrevivência (lx) de *Chrysodeixis includens* (Walker) e pico de oviposição (apontados pelas setas) em genótipos de soja. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2021. ^{ns} Não significativo.

Artigo III – Ciência Rural

**Oviposition behavior and foliar consumption of *Chrysodeixis includens* in
soybean genotypes**

Comportamento de oviposição e consumo foliar de *Chrysodeixis includens* em
genótipos de soja

Priscilla Costa Gobbi

João Robe Fagundes

Fabrcio Barcelos Motta

Uemerson Silva da Cunha

Adriane Duarte da Fonseca

Ana Claudia Barneche de Oliveira

Ana Paula Schneid Afonso da Rosa

(Versão português)

4 Artigo III – Comportamento de oviposição e consumo foliar de *Chrysodeixis includens* em genótipos de soja

Comportamento de oviposição e consumo foliar de *Chrysodeixis includens* em genótipos de soja

Priscilla Costa Gobbi¹ João Robe Fagundes¹ Lucas Raphael da Silva¹

Fabricio Barcelos Motta¹ Uemerson Silva da Cunha¹ Adriane Duarte da Fonseca²

Ana Cláudia Barneche de Oliveira³ Ana Paula Schneid Afonso da Rosa³

ABSTRACT

The use of plant resistance acts by intervening in the herbivore-host relationship, through morphological, physical or chemical factors of the plant. The objective of this study was to evaluate the oviposition and foliar consumption of *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) in soybean genotypes, through tests free- and no-choice, correlating them with the factors, density and size of trichomes. The experiments were carried out in the laboratory (25 ± 2 °C; RH= $70 \pm 10\%$; photofase 14h) using five commercial genotypes (BRS 391, BRS 6203 RR, BMX Valente RR, TEC IRGA 6070 RR, BMX ICONE IPRO) and two breeding lines (PELBR 10-6000 RR and PELBR 10-6049 RR). The classification, density and size of trichomes were analyzed under a stereoscopic microscope. Genotypes were subjected to multiple comparison of means, followed by Dunn and Mann-Whitney tests in pairs comparison or Duncan's test. The trichomes found are filiform tectors and claviform multicellular glandular. The density of glandular trichomes, in stages V2 and V5, was higher for BRS 6203 RR and BRS 391, respectively. It was found a higher density of glandular trichomes was observed in V5 and a higher density of tector trichomes in V2. The genotype PELBR 10-6049 RR was found between

the lowest densities and the smallest sizes of trichomes in stages V2 and V5. The size of tector trichomes and the number of eggs did not differ for the evaluated genotypes. Foliar consumption was lower for BMX Icone IPRO and TEC IRGA 6070 RR. Spearman's correlation indicated that trichome density influences the behavior of *C. includens*.

Keywords: *Glycine max*, Soybean Looper, free-choice, no-choice, non-preference

RESUMO

O uso da resistência de plantas atua intervindo na relação herbívoro-hospedeiro, através de fatores morfológicos, físicos ou químicos da planta. O objetivo deste trabalho foi avaliar a oviposição e o consumo foliar de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) em genótipos de soja, através de testes com e sem escolha, correlacionando-os com os fatores, densidade e tamanho de tricomas. Os experimentos foram realizados em laboratório (25 ± 2 °C; UR= $70 \pm 10\%$; fotofase 14h) utilizando cinco genótipos comerciais (BRS 391, BRS 6203 RR, BMX Valente RR, TEC IRGA 6070 RR, BMX Icone IPRO) e duas linhagens (PELBR 10-6000 RRe PELBR 10-6049 RR). A classificação, densidade e tamanho dos tricomas foram analisadas em microscópio estereoscópio. Os genótipos foram submetidos a múltipla comparação das médias, seguido pelos testes de Dunn e Mann-Whitney para comparação aos pares ou teste de Duncan. Os tricomas encontrados são unisseriados, tectores filiformes e glandulares multicelular claviformes. A densidade de tricomas glandulares, nos estádios V2 e V5, foi maior para BRS 6203 RR e BRS 391, respectivamente. Constatou-se maior densidade de tricomas glandulares em V5 e a maior densidade de tricomas tectores em V2. O genótipo PELBR 10-6049 RR encontrou-se entre as menores densidades e os menores tamanhos de tricomas nos estádios V2 e V5. O tamanho de tricomas tectores e o número de ovos não diferiram para os genótipos avaliados. O consumo foliar foi menor para BMX Icone IPRO e TEC IRGA 6070 RR. A correlação de Spearman indicou que a densidade de tricomas influência no comportamento de *C. includens*.

Palavras-chave: *Glycine max*, lagarta-falsa-medideira, livre escolha, sem escolha, não preferência

INTRODUÇÃO

A soja, *Glycine max* (L.) é uma das culturas de maior importância econômica em ampla expansão mundial o que reflete em maior demanda por cultivares que visem a maximização da produtividade (NOGUEIRA et al., 2015; SILVA & VELLO, 1993).

O Brasil ocupa a primeira posição em produção de soja, e na safra 2020/21, a cultura ocupou uma área de 39.195,6 milhões de hectares com produção recorde de 138,153,0 milhões de toneladas e produtividade de 3.525 kg por hectare. O Rio Grande do Sul é o segundo maior produtor de soja do Brasil, com 38.123, 7 milhões de toneladas na safra 20/21, atrás do Mato Grosso (CONAB, 2022). O Estado apresenta 20,5% da área total composta por terras baixas (solos de várzea), dos quais, 84% estão sobre solos hidromórficos, encontrados em sua maioria na metade Sul, sendo que 54% pertencem a classe Planossolo e ocorrem nos municípios de Pelotas e Vacaria (PINTO et al., 2017; REIS, 1998).

O estabelecimento da soja como cultura viável para as áreas de terras baixas só foi possível devido a seleção de cultivares a partir do melhoramento genético, contudo o ciclo de desenvolvimento além de ser afetado pelas condições edafoclimáticas e do genótipo utilizado, é acometido por insetos-praga (ALMEIDA et al., 1999).

No Brasil, os lepidópteros destacam-se por provocarem danos consideráveis, e a presença da lagarta-falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) se intensificou, devido a aspectos do cultivo e comportamentais do inseto, alterando o status de praga-secundária para praga-primária em várias regiões produtivas (BUENO et al., 2007).

A intervenção por meio do uso de inseticidas sintéticos e da tecnologia Bt ainda é a forma de regulação mais empregada na supressão da praga. No entanto, a utilização incorreta

dessas estratégias ocasiona danos ambientais, evolução da resistência de insetos e intoxicação de consumidores e trabalhadores rurais (ALMEIDA et al., 2009; BERNARDI et al., 2012; BUENO et al., 2012).

A resistência de plantas a insetos faz parte das estratégias do Manejo Integrado de Pragas (MIP) que, além de reduzir a dependência na utilização do controle químico, permite que esta seja utilizada concomitantemente com outras técnicas de controle (BOIÇA JÚNIOR et al., 2013; MOURA, 2015). A planta resistente expressa seus genes constitutivos através de características morfológicas, físicas e químicas resultando em menor suscetibilidade das plantas à praga (BOIÇA JÚNIOR et al., 2013).

A resistência por antixenose se manifesta através da inaptidão das plantas como fonte de alimento, abrigo para permanência ou oviposição pela praga, forçando-a escolher um hospedeiro alternativo (BASTOS et al., 2015). Importantes nestas relações, os fatores morfológicos como tricomas, pilosidade, densidade e espessura dos tecidos atuam na seleção hospedeira e afetam a colonização e/ou alimentação dos insetos (BUSOLI et al., 2015; LUCAS et al., 2000; SMITH, 2005).

Neste contexto, objetivou-se avaliar genótipos de soja indicados para a região sul do Rio Grande do Sul quanto a manifestação de antixenose à *C. includens* através da avaliação do comportamento de oviposição e do consumo foliar, em testes com e sem chance de escolha, correlacionando-os com os fatores de resistência, densidade e tamanho de tricomas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Núcleo de Bioeficiência da Embrapa Clima Temperado, Estação Terras Baixas e no Laboratório de Acarologia (LabAcaro) da Faculdade de agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Capão do Leão, Brasil. Foram utilizados sete genótipos, sendo cinco comerciais (BRS 391, BRS 6203 RR,

BMX Valente RR, TEC IRGA 6070 RR, Bmx Icone IPRO) e duas linhagens de soja (PELBR 10-6000 RR e PELBR 10-6049 RR), provenientes do Programa de Melhoramento da Embrapa.

Obtenção da população de C. includens e manutenção dos genótipos

A população inicial de *C. includens* foi criada com dieta artificial, adaptada de GREENE et al. (1976) segundo o método descrito por PARRA (2001) no Núcleo de Bioeficiência em sala climatizada a 25 ± 1 °C, de $70 \pm 10\%$ UR, fotofase de 14 h.

Os genótipos foram cultivados em vasos de 11 L contendo substrato da marca comercial Mecplant[®] (composição: casca de pinus, vermiculita, corretivo de acidez e macronutrientes) e mantidos em casa-de-vegetação na Embrapa-ETB seguindo as recomendações técnicas para a cultura da soja (REUNIÃO, 2018).

Classificação estrutural, densidade e tamanho de tricomas

O delineamento foi inteiramente casualizado, contendo 7 genótipos e 15 repetições. Foram utilizadas 5 plantas por genótipo, destacando-se uma folha de cada planta, nos estádios fenológicos V2 e V5 da cultura da soja (FEHR & CAVINESS, 1977).

Para a preparação das lâminas foi utilizado o folíolo central e a quantificação dos tricomas deu-se em ambas faces do limbo foliar, descartando-se a nervura principal. Os cortes transversais de 5 mm² foram realizados a mão livre usando lâmina de aço inox.

Para o processo de clarificação foi utilizada a metodologia adaptada de SHOBE & LERSTEN (1967). Os fragmentos foliares foram colocados em solução de hidróxido de sódio a 10% por 24 h, após, foram imersas em água destilada durante 30 min e depois, em solução de hipoclorito de sódio a 12% por 30 min, para rompimento da membrana celular, imersas novamente em água destilada (30 min) e desidratadas em série etanólica crescente (30, 50, 70, 95%) por 10 min cada e por fim, corados com fucsina 0,1% por 5 s.

As lâminas semipermanentes foram preparadas a partir dos fragmentos, tendo como meio de montagem, solução de glicerina 50% (PURVIS et al., 1964), cobertas por lamínula e lutadas com esmalte incolor.

A classificação estrutural, densidade e tamanho dos tricomas foram determinadas através de microscópio estereoscópico 10x (Nikon eclipse E200) localizado no LabAcaro (UFPEL). Para a avaliação do tamanho de tricomas, foram medidos aleatoriamente, 15 tricomas tectores e glandulares para os diferentes genótipos nos estádios fenológicos V2 e V5 através do programa de captura de imagem Bel View7.1.

Comportamento de oviposição em testes com e sem chance de escolha

O experimento foi conduzido no Núcleo de Bioeficiência (Embrapa Clima Temperado) sob condições controladas (25 ± 1 °C, de $70 \pm 10\%$ UR, fotofase de 14 h). Para ambos os testes foram utilizados genótipos de soja no estágio fenológico V5 (FEHR & CAVINESS, 1977) em virtude do maior número de folhas para a realização da oviposição.

O delineamento foi inteiramente casualizado, formado por 7 genótipos e cinco repetições. Cada repetição foi formada por um vaso o qual, foi mantido em gaiola (30 cm de diâmetro x 1,10 cm de altura) coberta por tecido “voil” contendo em seu interior alimento para adultos, conforme PARRA (2001).

No teste com escolha, para cada repetição foram utilizadas 7 plantas, uma de cada genótipo, distribuídas de forma aleatória e equidistantes de um ponto central e , sendo liberados 7 casais por repetição, em um total de 5 repetições. Enquanto, para o teste sem escolha, cada repetição foi composta por uma planta, de cada genótipo, alocado no centro do vaso, sendo liberado um casal por repetição, em um total de 5 repetições.

Os casais foram formados com até 48h de idade e pré-acasalados por cinco dias (MORAES et al., 2020) antes de serem liberados nas gaiolas.

O número de ovos, para ambos os testes, foi contado em todas folhas dos genótipos dois dias após a liberação em virtude do pico de oviposição para a espécie ser de 7 dias após a formação dos casais (VÁZQUEZ, 1988).

Consumo foliar em testes com e sem chance de escolha

O experimento foi conduzido no LabAcaro (UFPel), em câmara incubadora Demanda Bioquímica de Oxigênio (BOD) sob condições controladas (25 ± 1 °C, de $70 \pm 10\%$ UR, fotofase 14 h). O delineamento foi inteiramente casualizado, formado por 7 genótipos e 25 repetições. Cada repetição correspondeu a uma placa de Petri, contendo em seu fundo, papel filtro umedecido para manter a turgência dos discos foliares.

Para a realização de ambos os testes, foram utilizados os estádios fenológicos V2 (um trifólio completamente expandido ou dois nós) e V5 (quatro trifólios completamente expandidos ou cinco nós) da cultura da soja (FEHR & CAVINESS, 1977).

As folhas, nestes estádios, foram coletadas e cortadas utilizando vazador cilíndrico de 2,5 cm de diâmetro. Os discos foliares foram mensurados antes da liberação das lagartas e após 24 h através de um medidor de área foliar (LI-COR modelo LI 3100C) para avaliação da área consumida.

No teste com escolha, foram utilizadas placas de Petri de tamanho 150 x 15 mm que receberam 7 discos foliares, um de cada genótipos, dispostos de forma aleatória e equidistantes de um ponto central da placa. No ponto central das placas foram liberadas 7 lagartas de terceiro ínstar, proveniente da criação do laboratório. Enquanto no teste sem escolha, foram utilizadas placas Petri de tamanho 90 x 15 mm contendo um disco foliar disposto no ponto central da placa onde liberou-se uma lagarta de terceiro ínstar.

Análise de dados

Os testes foram avaliados através da múltipla comparação da média dos genótipos, visto que não há um padrão de suscetibilidade ou resistência comprovado para os genótipos avaliados.

Os dados foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. A ocorrência de interação entre os fatores estádio e genótipo, para a densidade de tricomas (glandulares: $F = 82,4629$, $df = 6$, $p = 0$; tectores: $F = 41,008$, $df = 6$, $p = 0$) e para o tamanho de tricomas (glandulares: $F = 3,60$, $df = 6$, $p = 0$; tectores: $F = 2,38$, $df = 6$, $p = 0,03$) foram consideradas para as análises posteriores. Uma vez que, não atenderam os pressupostos para normalidade e homocedasticidade, optou-se pela utilização do teste não-paramétrico Kruskal-Wallis, seguido do teste de múltiplas comparações de médias, teste de Dunn ($p \leq 0,05$), e do teste de Mann-Whitney para comparação aos pares, sempre que os resultados da ANOVA foram significativos.

O tamanho de tricomas, para o qual os pressupostos foram atendidos, foi realizada uma ANOVA, seguida do teste de amplitudes múltiplas, teste de Duncan ($p \leq 0,05$), quando os resultados foram significativos.

A densidade de tricomas e tamanho de tricomas foram correlacionadas com a oviposição e o consumo foliar através do coeficiente de correlação de Spearman ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Classificação estrutural, densidade e tamanho de tricomas

Quanto a classificação, observou-se para todos os genótipos, folhas anfiestomáticas, com estômatos do tipo paracítico, ou seja, duas células subsidiárias (CS) apresentando seus eixos maiores dispostos paralelos as células-guardas (CG) (Figura 1).

O mesmo foi observado por LEAL-COSTA et al. (2008) para a anatomia foliar de plantas transgênicas e convencionais de soja, somando-se o fato de os autores constatarem maior frequência de estômatos na face abaxial das folhas. LOURENÇO et al. (2011)

observaram que, independente da cultivar avaliada, todas eram anfiestomáticas com estômatos paracíticos, acompanhados de uma ou mais células subsidiárias, posicionadas paralelas a fenda estomática.

Presença de tricomas tectores unisseriados, filiformes (Figura 2a) apresentando célula basal (CB), célula mediana (CM) e célula apical (CA) alongada (Figura 2b) e tricomas glandulares unisseriados, claviformes multicelular, que se elevam acima do pedúnculo (Figura 2a) apresentando célula basal (CB), pedúnculo (PE) e célula apical (CA) (Figura 2b). Ambos tricomas ocorrendo nas duas faces da folha, principalmente, sobre as nervuras (NS) (Figura 2a).

Segundo LEAL-COSTA et al. (2008), ambos os tipos de tricomas encontrados em *G. max* são comuns à Fabaceae. Ainda, conforme LOURENÇO et al. (2011) os tricomas são apêndices avistados em ambas faces foliares.

Embora o presente trabalho não tenha encontrado diferenças significativas para a densidade de tricomas tectores e glandulares nas faces adaxial e abaxial, nos estádios V2 (glandulares: $F = 1,4238$, $df = 6$, $p = 0,2030$; tectores: $F = 0,3288$, $df = 6$, $p = 0,9219$) e V5 (glandulares: $F = 0,7171$, $df = 6$, $p = 0,6359$; tectores: $F = 0,7183$, $df = 6$, $p = 0,6349$), nos diferentes tratamentos, LOURENÇO et al. (2011) observaram maior concentração de tricomas glandulares na face abaxial, assim como YOSHIKAWA et al. (2013) e SCHLICK-SOUZA et al. (2018) para algumas cultivares, enquanto, BREWER & SMITH (1994), evidenciaram maior densidade de tricomas na face adaxial das folhas de soja.

A medida que o limbo foliar expande, a densidade de tricomas diminui (SILVA & MACHADO, 1999). CHIANG & NORIS (1983) relataram que antes do desenvolvimento das folhas de soja, a densidade de tricomas na face abaxial é muito alta, de 5.000 a 8.000 tricomas/cm², no entanto, nenhuma diferença significativa foi encontrada para as cultivares avaliadas depois que as folhas estavam totalmente expandidas. Além disso, os autores

observaram que a densidade de tricomas era de aproximadamente 600 tricomas/cm² para cultivares suscetíveis e superior a 2.000 tricomas/cm² para algumas cultivares resistentes.

Os resultados para densidade de tricomas glandulares apresentaram diferenças significativas para os genótipos nos estádios V2 ($\chi^2 = 75,42$, $df = 6$, $p \leq 0,05$) e V5 ($\chi^2 = 77,62$, $df = 6$, $p \leq 0,05$) (Tabela 1). Sendo que a maior densidade no estádio V2 foi observada para BRS 6203 RR e no estádio V5 para BRS 391 (Tabela 1).

A menor densidade de tricomas glandulares no estádio V2 foi observada para os genótipos PELBR 10-6049 RR, BMX Icone IPRO e PELBR 10-6000 RR, respectivamente ($p \geq 0,05$), enquanto no estádio V5, a menor densidade de tricomas glandulares ocorreu para BRS 6203 RR, que não diferiu significativamente dos genótipos PELBR 10-6049 RR e TEC IRGA 6070 RR, respectivamente ($p \geq 0,05$) (Tabela 1).

Os resultados para densidade de tricomas tectores apresentaram diferenças significativas para os genótipos nos estádios V2 ($\chi^2 = 60,60$, $df = 6$, $p\text{-value} \leq 0,05$) e V5 ($\chi^2 = 79,11$, $df = 6$, $p\text{-value} \leq 0,05$). Em ambos estádios, o genótipo BMX Valente RR apresentou a maior densidade média de tricomas tectores (Tabela 1).

A menor densidade de tricomas tectores no estádio V2, ocorreu para PELBR 10-6000, no entanto, não diferiu de BMX Icone IPRO e de PELBR 10-6049 RR ($p \geq 0,05$). No estádio V5, a menor densidade de tricomas ocorreu para os genótipos PELBR 106049, TEC IRGA 6070 RR e BRS 6203 respectivamente ($p \geq 0,05$) (Tabela 1).

Diferenças significativas também foram observadas entre os estádios de desenvolvimento da cultura (Tabela 1). A maior densidade média de tricomas glandulares foi verificada no estádio V5, para a maioria dos genótipos, exceto para BRS 6203 RR e TEC IRGA 6070 RR e BMX Valente RR ($p \geq 0,05$). Para os tricomas tectores, foi observada maior densidade média no estádio V2, exceto para PELBR 10-6000 RRe BMX Icone IPRO e para BRS 391 ($p \geq 0,05$) (Tabela 1).

A densidade dos tricomas foliares variam para a espécie, mas também, podem ocorrer variações em uma mesma planta (SOUTHWOOD, 1986) e sua distribuição pode ocorrer de forma uniforme na superfície, ou mais adensados em determinados pontos da folha (SOUTHWOOD, 1986; WERKER, 2000). BREWER & SMITH (1994) visualizaram que diferentes folhas continham densidades de tricomas variáveis. O presente trabalho constatou isto ao verificar diferenças entre folhas em estágio V2 e V5, assim como, a maior concentração de tricomas glandulares localizados sobre as nervuras (Figura 2a).

Além disso, a expansão foliar é intrinsecamente relacionada à expansão das células epidérmicas (MARSCHENER, 2002), uma vez que a planta compensa a menor radiação solar com a expansão dos espaços intracelulares da folha (LIMA JÚNIOR et al., 2006). Na cultura da soja, a radiação é fundamental para fotossíntese, crescimento de haste, expansão foliar e fixação de vagens e grãos (CÂMARA, 2000).

Os genótipos apresentaram diferenças significativas para o tamanho dos tricomas glandulares no estágio V2 ($F= 4,14$, $df = 6$, $p = 0,01$) e no estágio V5 ($F= 2,50$, $df = 6$, $p = 0,03$) (Figura 3a). No estágio V2 os genótipos BRS 6203 RR e BRS 391 apresentaram o maior tamanho de tricomas, porém estes não diferiram de PELBR 10-6000 RRe BMX Icone IPRO ($p \geq 0,05$). Enquanto, o menor tamanho ocorreu para PELBR 10-6049 RR, que não diferiu de TEC IRGA 6070 RR, BMX Valente RR e BMX Icone Irpo ($p \geq 0,05$) (Figura 3a).

No estágio V5, os genótipos BMX ICONE IPRO e BMX Valente RR apresentaram o maior tamanho de tricomas, porém não diferiram de BRS 391, TEC IRGA 6070 RR e BRS 6203 RR ($p \geq 0,05$) (Figura 3). Estes, por sua vez, não diferiram de PELBR 10-6049 RR e PELBR 10-6000 RR ($p \geq 0,05$), os quais apresentaram o menor tamanho de tricomas (Figura 3a). Os genótipos, no estágio V2 ($F= 1,05$, $df= 6$, $p= 0,40$) e V5 ($F= 2,02$, $df= 6$, $p= 0,07$), não apresentaram diferenças significativas para o tamanho de tricomas tectores (Figura 3b).

AMALIAH et al. (2019), observaram diferenças no tamanho dos tricomas para 10 linhagens de soja. Além disso, constataram que os tricomas da face abaxial eram mais longos do que os da face adaxial, com tamanhos que variaram de 866 a 955 μm , na face adaxial e de 879 a 1127 μm , na face abaxial.

Os tricomas foliares tem papel relevante na determinação da resistência da soja a pragas. Nas plantas de soja, a densidade e o tamanho dos tricomas tornam-se uma barreira durante a colonização, a mastigação e a oviposição dos insetos (COAPIO et al., 2018; KRISNAWATI et al., 2017; MORAES et al., 2020).

O tamanho dos tricomas em cultivares de soja dificultou a movimentação, a alimentação e a oviposição de pequenos fitófagos (TURNIPSEED, 1977). KRISNAWATI et al. (2017) verificaram que na soja, a densidade de tricomas teve papel mais importante na resistência por antixenose à *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Noctuidae) do que o tamanho dos tricomas.

Comportamento de oviposição com e sem chance de escolha

O menor número de ovos, ocorreu para o genótipo PELBR 10-6049 RR, enquanto, o maior número ocorreu para TEC IRGA 6070 RR, no entanto, o comportamento de oviposição não apresentou diferenças significativas entre os genótipos, tanto, em teste de livre escolha ($F=1,8746$, $df=6$, $p=0,1206$) quanto, em teste sem escolha ($F=0,8796$, $df=6$, $p=0,5225$) (Tabela 2).

O número de ovos depositados em um genótipo é importante para a avaliação inicial de uma infestação. A menor preferência de um genótipo pelo inseto, sugere presença de fatores químicos ou morfológicas da planta que inibem a aceitação do hospedeiro e consequente característica de antixenose para oviposição (SMITH, 2005; BALDIN et al. 2019). Tal fato, não ocorreu no presente estudo, sendo os genótipos igualmente ovipositados.

Segundo RENWICK (1989), o comportamento de oviposição é mediado, na maioria das vezes, por pistas químicas associadas ao potencial do hospedeiro, este último, avaliado através dos estímulos de contato que afetam as preferências de oviposição. A não seleção de um ou mais genótipos, fornece indícios de que os genótipos avaliados são adequados ao desenvolvimento, não havendo em um primeiro momento, a necessidade de uma escolha seletiva de hospedeiros (PASTÓRIO, 2020).

Consumo foliar em teste com e sem chance de escolha

Diferenças significativas foram verificadas entre os tratamentos, no estágio V2 em teste com escolha ($\chi^2= 57,02$, $df= 6$, $p= 0$) e sem escolha ($\chi^2= 68,49$, $df= 6$, $p= 0$). Os genótipos TEC IRGA 6070 RR, BRS 6203 RR e BMX Icone IPRO foram os menos consumidos no estágio V2 em teste livre escolha, no entanto, este último não diferiu de BRS 391 e BMX Valente RR ($p \geq 0,05$) (Tabela 2). Os genótipos BMX Icone IPRO e TEC IRGA 6070 RR também foram os menos consumidos em teste sem escolha ($p \leq 0,05$), este último, por sua vez, não diferiu de BRS 6203 RR e PELBR 10-6000 RR ($p \geq 0,05$) (Tabela 3).

No estágio V5, em teste com escolha ($\chi^2= 50,9709$, $df= 6$, $p= 0$), o genótipo BMX Icone IPRO foi o menos consumido ($p \leq 0,05$), enquanto o mais consumido, foi o genótipo BRS 6203 RR, no entanto, este não diferiu de PELBR 10-6000, PELBR 10-6049 RR e BRS 391 ($p \geq 0,05$) (Tabela 3). No teste sem escolha ($\chi^2= 90,24$, $df= 6$, $p= 0$), os genótipos TEC IRGA 6070 RR e BMX Icone IPRO foram menos consumidos, este último, não diferiu de PELBR 10-6049 RR e BRS 391, os quais, não diferiram de PELBR 10-6000, que por sua vez, não diferiu de BMX Valente RR e BRS 6203 RR (Tabela 3).

O consumo foliar em teste com escolha e sem escolha demonstrou que os genótipos BMX Icone IPRO e TEC IRGA 6070 RR foram menos consumidos em ambos estágios fenológicos (V2 e V5) (Tabela 3). O menor consumo de BMX Icone IPRO é atribuído a tecnologia Intacta, que expressa a proteína Cry1Ac (BEL et al., 2019; FARIA, 2018). Enquanto,

para o genótipo TEC IRGA 6070 RR, não há evidências de estudos na literatura, devendo ser investigado para a presença de outros parâmetros envolvidos na proteção de plantas contra herbivoria.

Características capazes de afetar a interação inseto-planta, a nível de genótipo, são essenciais para promover a supressão de pragas (PRINCE et al., 2011). Genótipos com altos níveis de antixenose interferem no estímulo alimentar inicial, inibindo ou dificultando o consumo dos insetos devido a barreiras físicas, morfológicas ou impropriedades nutricionais do hospedeiro (PAINTER, 1951).

A resistência por antixenose e antibiose podem se sobrepor, sendo difícil de ser interpretada em ensaios isolados (SMITH, 2005), portanto, é considerável avaliar outros parâmetros, para rejeitar ou confirmar, a presença adicional da resistência por antibiose (ONGARATTO et al., 2021).

Adaptações morfológicas das plantas, como os tricomas, podem afetar o comportamento dos insetos devido à liberação de substâncias que repelem ou dificultam a colonização, a locomoção, a oviposição e a alimentação (BALDIN et al., 2019). Os genótipos ainda podem possuir combinações de características físicas, químicas e morfológicas que podem ser positivas ou negativas na interação planta-inseto (QUEIROZ et al., 2020; SMITH, 2005).

A correlação entre tamanho de tricomas e consumo foliar, e entre tamanho de tricomas e oviposição, em teste com e sem escolha, para ambos os estádios fenológicos (V2 e V5), não apresentaram diferenças significativas tanto para tricomas glandulares quanto tectores ($p \geq 0,05$) (Tabela 4), indicando que esta característica morfológica não influenciou o comportamento de oviposição e de consumo foliar de *C. includens* para os genótipos avaliados.

A correlação entre densidade de tricomas e consumo foliar apresentou correlação negativa e significativa, em teste com escolha, para tricomas glandulares, no estágio fenológico V2 ($r_s = -0,25$, $p \leq 0,0099$) e para tricomas tectores, no estágio fenológico V5 ($r_s = -0,22$, $p \leq$

0,0236), indicando que esta característica pode estar associada a não preferência para consumo de *C. includens* por genótipos com maior densidade de tricomas (Tabela 4).

GARY et al. (1985), verificaram que o consumo foliar por *C. includens* reduziu significativamente quando os tricomas apresentaram pontas afiadas em relação a tricomas de pontas arredondadas. Enquanto, KHAN et al. (1986), observaram que os tricomas de uma cultivar de soja oferecia resistência às larvas de outro plusinae, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) (Hübner, 1803), mas tornou-se suscetível quando os tricomas foram raspados.

A correlação entre densidade e oviposição foi positiva e significativa, em teste sem escolha, para tricomas glandulares ($r_s = 0,36$, $p \leq 0,0339$) e tricomas tectores ($r_s = 0,26$, $p \leq 0,0056$), sugerindo que este atributo pode estar relacionado a preferência de *C. includens* em ovipositar em genótipos de soja que apresentam maior densidade de tricomas, embora, os resultados para oviposição não tenham sido significativos para os testes com e sem escolha. Apesar destas correlações serem significativas, apresentaram intensidade de relação fraca ($r_s \leq 0,30$) (RUMSEY, 2016).

BEACH & TODD (1988) observaram que a preferência de oviposição e a preferência alimentar por *C. includens* não estão necessariamente correlacionadas positivamente, assim como observado no presente estudo. LAMBERT et al. (1992) avaliaram a oviposição de *C. includens* em genótipos de soja em três níveis de pubescência, glabra, normal e densa, observando maior preferência por oviposição em folhas com maior densidade de tricomas.

Apesar dos resultados de SCHLICK-SOUZA et al. (2018) apresentarem antixenose para oviposição, não foram encontradas correlações entre densidade de tricomas e oviposição e entre coloração das folhas e oviposição, para *C. includens* em genótipos de soja. O contrário foi verificado por PASTÓRIO (2020) ao correlacionar a intensidade da cor verde das folhas de genótipos de feijão com a oviposição de *C. includens*, de forma que, quanto mais escura a folha, menor foi a oviposição.

CONCLUSÃO

Os genótipos de soja BRS 6203 RR, BRS 391, TEC IRGA 6070 RR, BMX Icone IPRO, BMX Valente RR, PELBR 10-6000 RRe PELBR 10-6049 RR possuem folhas anfiestomáticas, com estômatos paracíticos e presença de tricomas unisseriados filiformes e tricomas unisseriados glandulares claviformes multicelular.

Os genótipos BMX Icone IPRO e TEC IRGA 6070 RR foram os menos consumidos nos estádios fenológicos V2 e V5.

Os genótipos BRS 6203 RR e BRS 391 apresentaram as maiores densidades de tricomas glandulares.

O genótipo PELBR 10-6049 RR encontrou-se entre as menores densidades e menores tamanhos de tricomas nos estádios fenológicos V2 e V5, este também apresentou os menores números de ovos em teste com e sem escolha, embora não tenha sido verificado diferenças entre os genótipos.

A correlação densidade de tricomas e oviposição foi significativa e positiva, indicando que genótipos de soja com maiores densidades de tricomas são mais preferidos para oviposição enquanto, para consumo foi significativa e negativa, sugerindo que genótipos com tricomas mais densos são menos preferidos para o consumo.

Não houve correlação entre tamanho de tricomas e comportamento de oviposição e entre tamanho de tricomas e consumo foliar, demonstrando que a densidade tem maior influência sobre o comportamento de *C. includens*.

RECONHECIMENTOS

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES)—Código Financeiro 001.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses. A fundação não teve nenhum papel no desenho do estudo; na coleta, análise ou interpretação dos dados; na redação do manuscrito e na decisão de publicar os resultados.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram igualmente para a concepção e redação do manuscrito. Todos os autores revisaram criticamente o manuscrito e aprovaram a versão final.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.A. et al. Melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes. In: QUEIRÓZ, M.A. de (Org.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Embrapa: Brasília, 1999, p. 73-88.

ALMEIDA, V.S. et al. Agrotóxicos em Hortaliças: Segurança alimentar, riscos socioambientais e políticas públicas para a promoção da saúde. **Tempus Actas de Saúde Coletiva**, v.4, p.84-99, 2009. Available from:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/757610>. Accessed: dez 07, 2021.

AMALIAH, N. et al. Trichomes and Stomata Diversity in Soybean (*Glycine max* L. Merrill) Lines. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 276, p. 1-13, 012025, 2019. doi:10.1088/1755-1315/276/1/012025.

BALDIN, E.L.L. et al. **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: Fealq, 2019, p. 25-64.

BASTOS, C.S. et al. Resistência de plantas a insetos: contextualização e inserção no MIP. In: VISOTTO, L.E. (Eds.). **Avanços tecnológicos aplicados à pesquisa na produção vegetal**. [s.l]: [Suprema], 2015, p. 32-72. doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2701.5129>.

BEACH, M.R.; TODD, J.W. Oviposition preference of the Soybean Looper (Lepidoptera: Noctuidae) among four soybean genotypes differing in larval resistance. **Journal of**

- Economic Entomology**, v. 81, p. 344-348, 1988. doi: <https://doi.org/10.1093/jee/81.1.310>.
- BEL, Y. et al. Specific binding of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ea toxin, and Cry1Ac and Cry1Fa competition analyses in *Anticarsia gemmatilis* and *Chrysodeixis includens*. **Scientific Reports**, v. 9, p. 1-7, 2019. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54850-3>.
- BERNARDI, O., G. S. et al. Assessment of the high-dose concept and level of control provided by MON 87701 × MON 89788 soybean against *Anticarsia gemmatilis* and *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pest Management Science**, v. 68, p. 1083–1091, 2012.
- BOIÇA JÚNIOR, A.L. et al. Atualidades em resistência de plantas a insetos. In: BUSOLI, A. et al. (Eds.). **Tópicos em entomologia agrícola - VI**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2013, p. 207-224.
- BREWER, C.A.; SMITH, W.K. Influence of simulated dewfall on photosynthesis and yield in soybean breeding lines (*Glycine max* [L.] merr. cv Williams) with different trichome densities. **International Journal of Plant Sciences**. v. 155, n. 4, p. 460-466, 1994. doi: <http://doi.org/10.1086/297183>.
- BUENO, A. de F. et al. Inimigos naturais das pragas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C.B. et al. (Eds.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes praga**. Embrapa: Brasília, 2012, p. 493-630.
- BUENO, R.C.O.F. et al. Sem barreira. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, v. 93, p.12-15, 2007.
- BUSOLI, A.C. et al. A defesa das plantas ao taque dos insetos. In: BUSOLI, A.C. **Tópicos em Entomologia Agrícola - VIII**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel-ME, cap. 15, 2015, p. 161-179.
- CÂMARA, G.M.S. **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. 450p.

- CHIANG, H.S.; NORRIS, D.M. Morphological and physiological parameters of soybean resistance to agromyzid beanflies. **Environmental Entomology**, v. 12, p. 260-265, 1983. doi: <https://doi.org/10.1093/ee/12.1.260>.
- COAPIO, G.G. et al. Oviposition preference and larval performance and behavior of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) on host and nonhost plants. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 12, p. 267-276, 2018. doi: <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9566-9>.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - safra 2021/22**. Conab: Brasília, v. 9, n. 6, p. 1-87, 2022. Available from: <http://www.conab.gov.br>. Accessed: abr 01, 2022.
- FARIA, S.C.Q. da S. **Resistência de milho convencional e transgênico e efeitos da idade da planta no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2018. 224f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Entomologia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista - UNESP Campus Jaboticabal.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, L.E. **Stages of soybean development**. [s.l.] Ames: Iowa State University Cooperative Extension Service, 1977. 12p.
- GARY, D.J. et al. Evaluation of soybean plant introductions for resistance to foliar feeding insects. **Journal of the Mississippi Academy of Sciences**, v. 30, p. 67-82, 1985.
- GREENE, G.L. et al. Velvetbea caterpillar: a rearing procedure and artificial médium. **Journal of Economic Entomology**, v. 69, n. 4, p. 488-497, 1976. doi: <https://doi.org/10.1093/jee/69.4.487>.
- KHAN, Z.R. et al. Role of trichomes in soybean resistance to cabbage looper, *Trichoplusia ni*. **Entomologia Experimentalis Applicata**, v. 42, n. 2, p. 109–117, 1986. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1986.tb01010.x>.
- KRISNAWATI, A. et al. Identification of soybean genotypes based on antixenosis and

antibiosis to the armyworm (*Spodoptera litura*) **Nusantara bioscience**, v. 9, n. 2, p. 164-169, 2017. doi: <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n090210>.

LAMBERT, L. et al. Soybean pubescence and its influence on larval development and oviposition preference of lepidopterous insects. **Crop science**, v.32, n. 2, p. 463-466, 1992. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183X003200020035x>.

LEAL-COSTA, M.V. et al. Anatomia foliar de plantas transgênicas e não transgênicas de *Glycine max* (L.) Merrill (Fabaceae). **Revista Biociências**. v. 14, p. 23-31, 2008. Available from: periodicos.unitau.br. Accessed: dez 07, 2021.

LIMA JÚNIOR, É.C. et al. Aspectos fisioanatômicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. Submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 30 p. 33-41, 2006. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000100005>.

LUCAS, P.W. et al. Mechanical defenses to herbivory. **Annal of Botany**. v. 86, n. 5, p. 913-920, 2000. doi: <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1261>.

LOURENÇO, H.A. de O. et al. Anatomia foliar de diferentes cultivares de soja e sua relação com incidência e severidade de doenças. **Global Science and Technology**, v. 4, n. 3, p. 37-47, 2011.

MARSCHENER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 2002.

MORAES, R.F.O. de et al. Oviposition behavior of *Helicoverpa armigera* in soybean.

Arquivos do Instituto Biológico, v. 87, p. 1-7, 2020. doi: <http://doi.org/10.1590/1808-1657001252018>.

MOURA, A.P. de. **Manejo Integrado de Pragas: Estratégias e Táticas de Manejo para o Controle de Insetos e Ácaros-praga em Hortaliças**. Embrapa hortaliças: Brasília (Circular Técnica 141), 2015. 28p.

NOGUEIRA, A.P.O. et al. Avanços no melhoramento genético da cultura da soja nas últimas décadas. In: LEMES, E. et al. (Org.) **Doenças da soja: Melhoramento Genético e Técnicas**

de Manejo. Campinas: Millennium Editora, 2015, cap. 11, p. 159-178.

ONGARTTO, S. et al. Resistance of Soybean Genotypes to *Anticarsia gemmatalis*

(Lepidoptera: Erebidae): Antixenosis and Antibiosis Characterization. **Journal of economic entomology**, p. 1-10, 2021. doi: <https://doi.org/10.1093/jee/toab197>.

PAINTER, R.H. **Insect Resistance in Crop Plants**. Macmillan: New York, 1951.

PARRA, J.R.P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico**.

Piracicaba: ESALQ/FEALQ, 2001. 137p.

PASTÓRIO, M.A. **Resistência de genótipos de feijão a *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2020. 67f. Tese (Doutorado em ciências – Centro de Ciências Agrárias) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Marechal Candido Rondon, Paraná.

PINTO, L.S. et al. Solos de várzea e terras baixas. In: EMYGDIO, B.M. et al. (Eds.). **Cultivo de Soja em Terras Baixas do Rio Grande do Sul**. Embrapa: Brasília, p. 127-140, 2017.

PRICE, P.W. et al. **Insect ecology: behavior, population and communities**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. p 492.

PURVIS, M.J. et al. **Laboratories techniques in botany**. Londres: Butterwoths, 1964, 771p.

QUEIROZ, E.B. de. et al. Antixenosis in soybean to *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae) mediated by leaf color and trichome density. **Phytoparasitica**, v. 48, p. 813-821, 2020. doi: <https://doi.org/10.1007/s12600-020-00840-5>.

REIS, J.C.L. **Pastagens em Terras Baixas**. Embrapa-CPACT: Pelotas (Circular Técnica, 7), 1998. 34p.

REUNIÃO. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2018/2019 e 2019/2020**. 42ª Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul.

Três de Maio: Setrem, 2018. 105p.

RENEWICK, J.A.J. Chemical ecology of oviposition in phytophagous insects. **Experientia**, v.

45, p. 223-228, 1989.

RUMSEY, D.J. **Statistics**. Dummies: United States, 2016. 416p.

SCHLICK-SOUZA, E.C. et al. Antixenosis to *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) among soybean genotypes. **Bragantia**, v. 77, n. 1, p.124-133, 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.2016449>.

SHOBE, W.R.; LERSTEN, N.R. A technique for clearing and staining Gymnosperm leaves. **Botanical Gazette** 128, v. 2, p. 150-152, 1967. doi: <http://doi.org/10.1086/336391>.

SILVA, E.M.J.; MACHADO, S.R. Estrutura e desenvolvimento dos tricomas secretores em folhas de *Piper regnellii* (miq.) C. Dc. Var. *Regnellii* (piperaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 2, p. 117-124, 1999. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84041999000200002>.

SILVA, L.L.; VELLO, N.A. Ampliação da base genética do germoplasma e melhoramento de soja na ESALQ/USP. In: Simpósio sobre a cultura e produtividade da soja, Piracicaba, 1991. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 60-81.

SMITH, C.M. **Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches**. Dordrecht: Springer, 2005. 423 p.

SOUTHWOOD, S.R. Plant surfaces and insects – an overview. In: Juniper, B.; Southwood, S.R. (Eds). **Insects and the plant surface**. Edward Arnold: London, 1986. p. 1-22.

TURNIPSEED, S. G. Influence of Trichome Variations on Populations of Small Phytophagous Insects in Soybean. **Environmental Entomology**, v. 6, n. 6, p. 815–817, 1977. doi:10.1093/ee/6.6.815

VÁZQUEZ, W.R.C. **Biologia comparada de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) em dietas naturais e artificiais e efeito de um vírus de poliedrose nuclear na sua mortalidade e no consumo da área foliar da soja**. 1988. 165f.

Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

WERKER, E. Trichome Diversity and Development. **Advances in Botanical Research**, v. 31, p. 1-35, 2000. doi: [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(00\)31005-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(00)31005-9).

YOSHIKAWA, T. et al. Change of shoot architecture during juvenile-to-adult phase transition in soybean. **Planta**. v. 238, p. 229-237, 2013. doi: <http://doi.org/10.1007/s00425-013-1895-z>.

ZUCH, D. T. et al. Cell biology of the leaf epidermis: Fate specification, morphogenesis, and coordination. **The Plant Cell**, v. 34, p. 209-227, 2022. doi: <https://doi.org/10.1093/plcell/koab250>.



Figura 1- Estômatos do tipo paracítico. Células subsidiárias (CS) paralelas as células-guarda (CG). Exemplar: PELBR 10-6000.

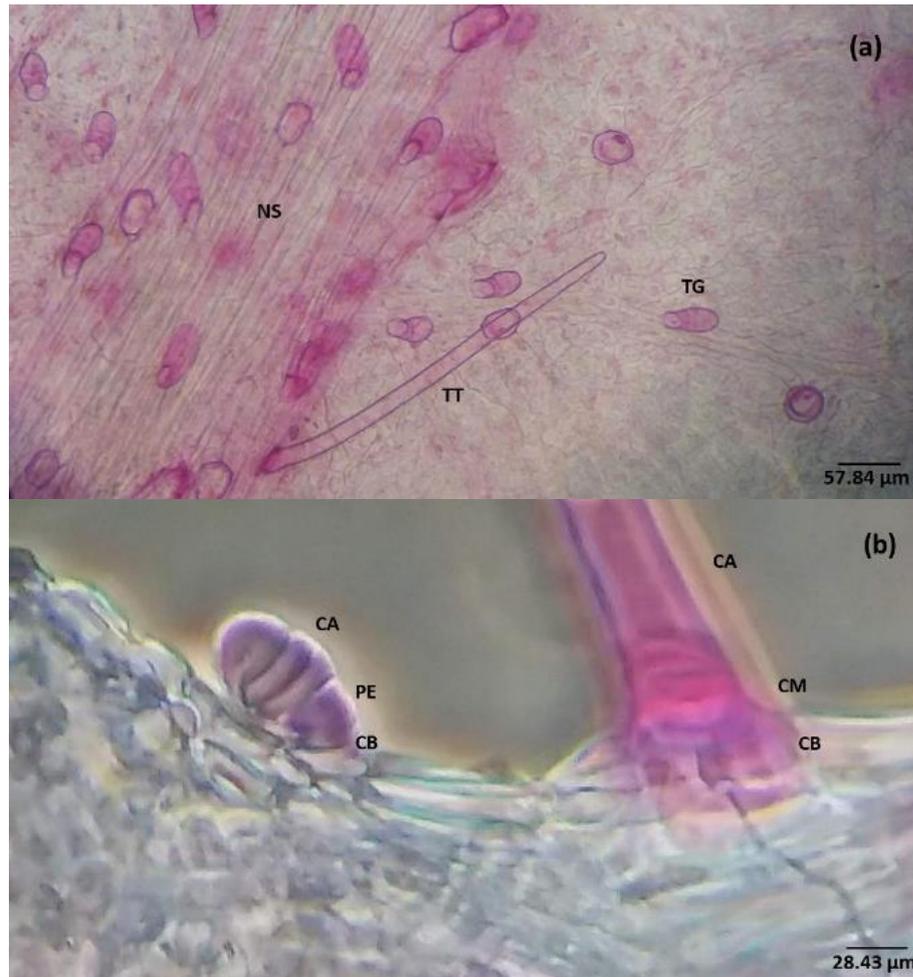


Figura 2- a. Tricoma tector simples (TT) e tricoma glandular claviforme multicelular (TG), maior concentração de tricomas sobre a nervura foliar. Exemplar PELBR 10-6049 RR; b. Tricoma tector constituído por célula basal (CB), célula mediana (CM) e célula apical (CA) e tricoma glandular constituído por célula basal (CB), Pedúnculo (PE) e célula apical (CA). Exemplar: BRS 6203 RR.

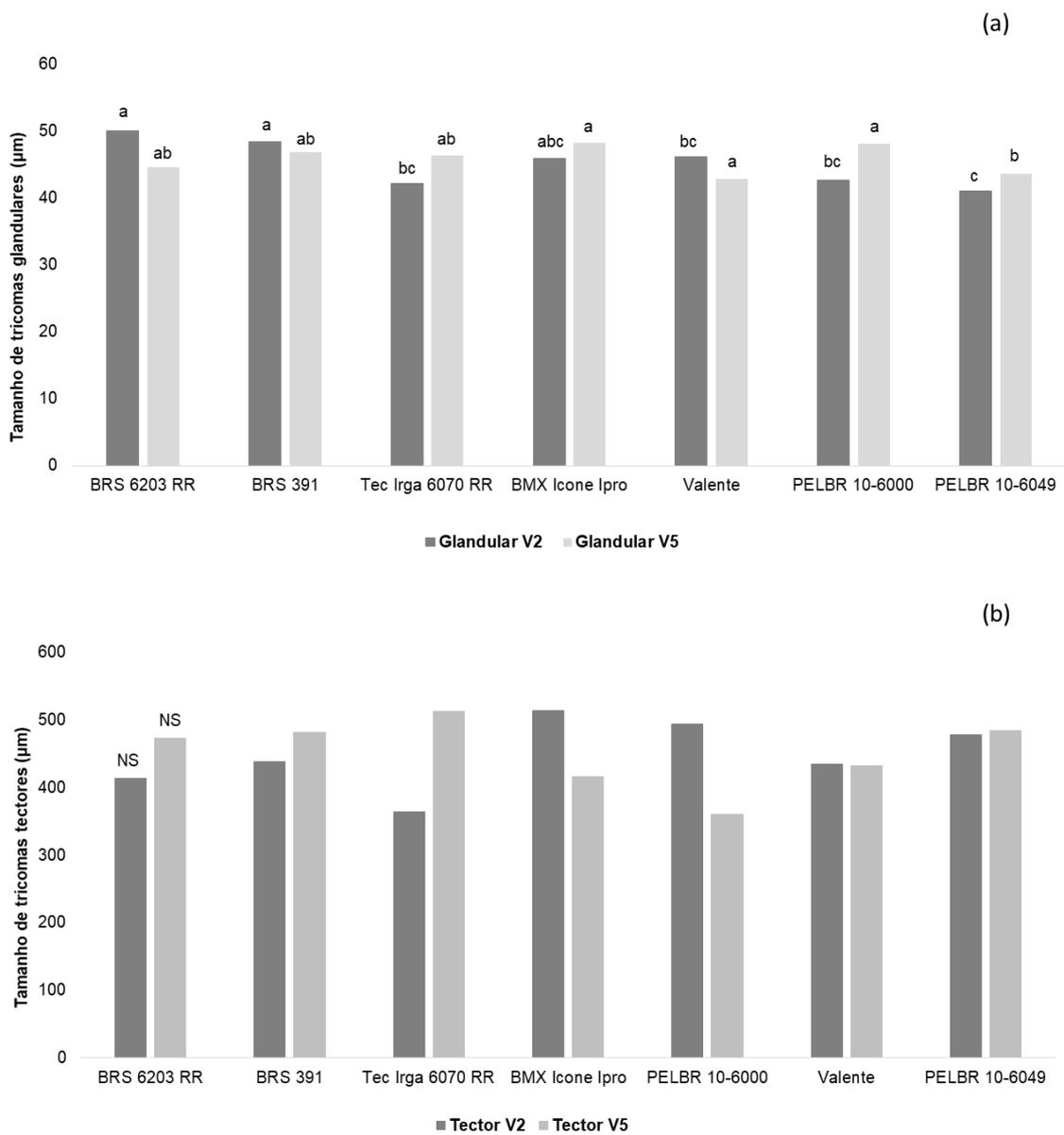


Figura 3- Tamanho médio de tricomas (μm) para os diferentes genótipos de soja. a. tricomas tectores; b. tricomas glandulares. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ($p \geq 0,05$). ^{NS} Não significativo.

Tabela 1- Densidade média de tricomas tectores e glandulares (\pm erro padrão) de genótipos de soja nos estádios fenológicos V2 e V5

Tratamento	Estádios fenológicos				
	V2		V5		
	Tricomas glandulares				
BRS 6203 RR	50,64 \pm 3,87	a	A	13,18 \pm 1,76	d B
BMX Valente RR	30,13 \pm 2,92	b	ns	32,18 \pm 2,08	b ns
TEC IRGA 6070 RR	29,05 \pm 2,70	b	A	15,57 \pm 2,09	cd B
BRS 391	24,47 \pm 2,31	b	B	48,25 \pm 2,33	a A
PELBR10-6000	13,01 \pm 1,62	c	B	27,26 \pm 1,78	bc A
BMX Icone IPRO	12,96 \pm 2,05	c	B	21,63 \pm 2,05	c A
PELBR 10-6049 RR	6,65 \pm 0,97	c	B	15,97 \pm 1,58	cd A
	Tricomas tectores				
BRS 6203 RR	30,41 \pm 2,79	ab	A	14,76 \pm 0,71	b B
BMX Valente RR	39,71 \pm 3,43	a	A	28,08 \pm 1,57	a B
TEC IRGA 6070 RR	44,71 \pm 5,60	a	A	14,59 \pm 0,66	b B
BRS 391	26,31 \pm 2,01	b	ns	23,94 \pm 0,94	a ns
PELBR 10-6000	15,41 \pm 1,60	cd	B	26,68 \pm 1,05	a A
BMX Icone IPRO	18,48 \pm 0,93	c	B	25,75 \pm 0,87	a A
PELBR 10-6049 RR	20,85 \pm 1,61	bc	A	12,96 \pm 0,69	b B

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Dunn e Mann-Whitney, respectivamente ($p \geq 0,05$). ns Não significativo.

Tabela 2- Número médio de ovos (\pm erro padrão) de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) em diferentes genótipos de soja no estágio fenológico V5 em testes com chance de escolha e sem chance de escolha

Tratamento	Estádio fenológico V5	
	Com escolha ^{ns}	Sem escolha ^{ns}
BRS 6203 RR	23,60 \pm 3,11	10,40 \pm 0,40
TEC IRGA 6070 RR	27,60 \pm 9,15	22,80 \pm 12,80
BMX Valente RR	26,80 \pm 4,20	20,00 \pm 2,68
PELBR 10-6000	22,40 \pm 1,29	10,80 \pm 0,49
BRS 391	17,00 \pm 2,05	16,00 \pm 5,50
BMX Icone IPRO	15,20 \pm 1,96	13,20 \pm 1,32
PELBR 10-6049 RR	13,20 \pm 1,16	10,00 \pm 0,00

^{ns} Não significativo.

Tabela 3- Consumo médio (cm²) ± erro padrão de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) em diferentes genótipos de soja nos estádios fenológicos V2 e V5 em testes com chance de escolha e sem chance de escolha

Tratamento	V2		V5	
	Com escolha	Sem escolha	Com escolha	Sem escolha
PELBR 10-6000	1,06 ± 0,19 a	0,60 ± 0,11 ab	1,10 ± 0,19 ab	1,32 ± 0,19 ab
PELBR 10-6049 RR	1,04 ± 0,19 a	0,78 ± 0,11 a	1,07 ± 0,21 ab	0,86 ± 0,15 bc
BRS 391	0,82 ± 0,17 ab	1,06 ± 0,22 a	0,95 ± 0,18 ab	0,66 ± 0,11 bc
BMX Valente RR	0,75 ± 0,17 ab	0,90 ± 0,16 a	0,60 ± 0,14 b	1,80 ± 0,15 a
TEC IRGA 6070 RR	0,42 ± 0,15 bc	0,21 ± 0,09 bc	0,68 ± 0,19 b	0,01 ± 0,01 d
BRS 6203 RR	0,24 ± 0,11 c	0,63 ± 0,57 ab	1,46 ± 0,22 a	2,11 ± 0,14 a
BMX Icone IPRO	0,01 ± 0,00 c	0,03 ± 0,01 c	0,01 ± 0,01 c	0,51 ± 0,17 cd

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Dunn ($p \geq 0,05$).

Tabela 4- Coeficiente de correlação de Spearman (rs) obtido entre densidade de tricomas (DT) vs consumo foliar (CF), tamanho de tricomas (TT) vs consumo foliar (CF), densidade de tricomas (DT) vs oviposição (OVI), e tamanho de tricomas (TT) vs oviposição (OVI), nos estádios fenológicos de soja V2 e V5, em testes com chance de escolha (LE) e sem chance de escolha (SE)

Variáveis	Estádio fenológico V2				Estádio fenológico V5			
	Tricoma glandular							
	rs LE	p	rs SE	p	rs LE	p	rs SE	p
DT x CF	-0,25*	0,0099	-0,05	0,6181	0,05	0,6363	0,17	0,1176
TT x CF	0,05	0,6192	0,07	0,4894	-0,15	0,1349	-0,01	0,9614
DT x OVI	--	--	--	--	0,16	0,9287	0,36*	0,0339
TT x OVI	--	--	--	--	-0,20	0,2417	0,27	0,1220
Variáveis	Tricoma tector							
	rs LE	p	rs SE	p	rs LE	p	rs SE	p
DT x CF	-0,10	0,3075	0,03	0,7384	-0,22*	0,0236	0,14	0,1891
TT x CF	0,07	0,4558	0,10	0,3268	0,10	0,2960	-0,15	0,1484
DT x OVI	--	--	--	--	0,26	0,1316	0,46*	0,0056
TT x OVI	--	--	--	--	-0,23	0,1766	-0,30	0,0812

* significativo para correlação de Spearman ($p \leq 0,05$)

5 Considerações finais

Os genótipos de soja avaliados possuem folhas anfiestomáticas, com estômatos paracíticos e presença de tricomas unisseriados filiformes e unisseriados glandulares claviformes multicelular.

Os genótipos BRS 391 e BRS 6203 RR, apresentaram as maiores densidades de tricomas glandulares no estágio V2, em ensaios de antixenose.

Os genótipos BMX Icone IPRO e TEC IRGA 6070 RR foram os menos consumidos em ambos os estádios fenológicos, em ensaios de antixenose.

Em ensaio de antibiose, o genótipo BRS 391 e BRS 6203 RR reduziram a viabilidade larval, este último, ainda apresentou a maior porcentagem de pupas deformadas.

O genótipo TEC IRGA 6070 RR, ocasionou 100% de mortalidade das lagartas durante o desenvolvimento larval de *C. includens*, caracterizando a expressão de antibiose.

Os genótipos BRS 6203 RR e BRS 391 afetaram significativamente os parâmetros biológicos de *C. includens*, caracterizando a expressão de antibiose.

O genótipo PELBR 10-6049 RR encontrou-se entre as menores densidades e os menores tamanhos de tricomas nos estádios fenológicos V2 e V5, este também apresentou os menores números de ovos em teste com e sem escolha, embora não tenha sido verificado diferenças significativas entre os genótipos.

As linhagens PELBR 10-6049 RR e PELBR 10-6000 RR, não apresentaram predisposição a antibiose.

A correlação densidade de tricomas e oviposição foi significativa e positiva, indicando que genótipos de soja com maiores densidades de tricomas são mais preferidos para oviposição enquanto, para consumo foi significativa e negativa,

sugerindo que genótipos com tricomas mais densos são menos preferidos para o consumo.

Não houve correlação entre tamanho de tricomas e comportamento de oviposição e entre tamanho de tricomas e consumo foliar, demonstrando que a densidade tem maior influência sobre o comportamento de *C. includens*.

Os resultados obtidos nesta tese são fundamentais como base para o desenvolvimento de novos produtos e na implementação em programas de melhoramento da cultura.

O entendimento das relações inseto-hospedeiro auxilia na identificação e rastreamento de genes e loci fontes de resistência a insetos. O melhoramento genético moderno, a engenharia genética e a biotecnologia são ferramentas-chave para a solução dos novos desafios da agricultura, relacionados principalmente, às mudanças climáticas; demanda global por alimento, aumento produtivo e resistência a pragas e doenças.

6 Referências gerais

ABDUL MALIK, N. A.; KUMAR, I. S.; NADARAJAH, K. Elicitor and Receptor Molecules: Orchestrators of plant defense and immunity. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 3, p. 963, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21030963>.

ALMEIDA, V. S.; CARNEIRO, F. F.; VILELA, N. J. Agrotóxicos em Hortaliças: Segurança Alimentar e Nutricional, riscos socioambientais e políticas públicas para a promoção da saúde. **Tempus Actas de Saúde Coletiva**, v.4, n. 4, p.84-99, 2009. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/757610>.

AVILA, C. J.; GRIGOLLI, J. F. J. Pragas de soja e seu controle. *In*: LOURENÇÃO, A. L. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; MELOTTO, A. M.; PITOL, C.; GITTI, D. de C.; ROSCOE, R. (Eds.). **Tecnologia e produção: Soja 2013/2014**. Fundação MS: Maracaju, 2014. p. 109-168.

BALDIN, E.L.L.; VENDRAMIN, J. D.; LOURENÇÃO, A.L. **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: Fealq, 2019, p. 25-64.

BASTOS, C. S.; RIBEIRO, A. V.; SUINAGA, F. A.; BRITO, S. M.; OLIVEIRA, A. A. S.; BARBOSA, T. M.; SANTOS, P. de J. dos; OLIVEIRA, D. V. V.; TELCHMANN, Y. S. K. Resistência de plantas a insetos: contextualização e inserção no MIP. *In*: VISOTTO, L. E.; FERNANDES, F. L.; CARVALHO FILHO, A.; LOPES, E. A.; AQUINO, L. A. de.; FERNANDES, M. E. de S.; GOD, P. I. V. G.; RUAS, R. A. A.; SOUSA JÚNIOR, J. M. de.(Eds.). **Avanços tecnológicos aplicados à pesquisa na produção vegetal**. Viçosa: UFV, 2015. p.32-72.

BOIÇA JÚNIOR, A. L.; SOUZA, B. H. S.; LOPES, G. S.; COSTA, E. N.; MORAES, R. F. O.; EDUARDO, W. I. Atualidades em resistência de plantas a insetos. *In*: BUSOLI, A. C.; ALENCAR, J. R. D. C. C.; FRAGA, D. F.; SOUZA, L. A.; SOUZA, B. H. S.; GRIGOLLI, J. F. J. (Eds.). **Tópicos em entomologia agrícola - VI**. Gráfica Multipress: Jaboticabal, 2013. p. 207-224.

BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo: origem, história e distribuição. *In*: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL ed., 1981. p. 1-6.

BUENO, A. de F.; SOSA-GOMÉZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F.; BUENO, R. C. O. de F. Inimigos naturais das pragas da soja. *In*: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Eds.) **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes praga**. Brasília: Embrapa, 2012 p. 493-630.

BUENO, R. C. O. F.; BUENO, A. F.; MOSCARDI, F.; PARRA, J. R. P.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. Lepidopteran larvae consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions. **Pest Management Science**, v. 67, n. 2, p. 170-174, 2011. DOI:10.1002/ps.2047

BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; BUENO, A. F.; MOSCARDI, F.; OLIVEIRA, J. R. G.; CAMILLO, M. F. Sem barreira. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, v. 93, p.12-15, 2007.

CHEN, M. S. Inducible direct plant defense against insect herbivores: a review. **Insect Science**, v. 15, n. 2, p. 101-114, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2008.00190.x>.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - 8º Levantamento safra 2021/22**. Brasília: Conab, v. 9, n. 6, p. 1-87, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>.

CONCENÇO, G.; AGUILA, L. S. H. Del; PARFITT, J. M. B. SCIVITTARO, W. B. **Manejo da soja em Terras Baixas para alta produtividade**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2020. (Embrapa Clima Temperado. Circular técnica 207), 9p.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. **Soja orgânica: alternativas para o manejo dos insetos-pragas**. Londrina: Embrapa Soja, 2003. 83 p.

D'UTRA, G. Soja. **Jornal do Agricultor**, v. 168, n. 4, p. 185-186, 1882.

FÜRSTENBERG-HÄGG, J.; ZAGROBELNY, M.; BAK, S. Plant Defense against Insect Herbivores. **International Journal of Molecular Science**. v 14, p. 10242-10297, 2013. DOI: 10.3390/ijms140510242.

GAZZONI, D. L.; YORINIORI, J. T. **Manual de identificação de pragas e doenças da soja**. Brasília: EMBRAPA – SPI. (Manual de identificação de pragas e doenças, 1), 1995. 128p.

HERZOG, D.C.; TODD, J.H. Sampling velvetbean carterpillar on soybean. *In*: KOGAN, M.; HERZOG, D.C. (Ed.). **Sampling methods in soybean entomology**. New York: Springer-Verlag, 1980. p. 107-140.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L. J.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 70p.

KANTOLIC, A. G. Control ambiental y genético de la fenología del cultivo de soja: impactos sobre el rendimiento y la adaptación de genótipos. **Revista da Facultad de Agronomía UBA**, v. 28, n. 1, p. 63-88, 2008. Disponível em: <http://ri.agro.uba.ar/cgi-bin/library.cgi?a=d&c=rfa&d=2008Kantolic>

KASTER., M.; FARIAS, J. R. B. **Regionalização dos testes de valor de cultivo e uso e da indicação de cultivares de soja** - terceira aproximação. Londrina: Embrapa Soja (Embrapa Soja. Documentos 330), 2012. 69p.

KOGAN, M. Integrated pest management: Historical perspective and contemporary developments. **Annual Review Entomology**, v. 43, p. 2043-2070, 1998.
DOI: 10.1146/annurev.ento.43.1.243.

MACHADO, S. W.; OLIVEIRA, C. F. R. de; ZÉRIO, N. G.; PARRA, J. R. P.; MACEDO, M. L. R. Inga laurinatripsin inhibitor (ILTI) obstructs *Spodoptera frugiperda* trypsins expressed during adaptive mechanisms against plant protease inhibitors. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 95, e21393, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1002/arch.21393>

MALVAR, R. A.; BUTRÓN, A.; ORDÁS, B.; SANTIAGO, R. Causes of natural resistance to stem borers in maize. *In*: Burton, E. N.; Williams, P. V. (Eds.). **Crop protection research advances**. New York: Nova Science Publishers, 2008. p. 51-96.

MOREIRA, H. J. C.; ARAGÃO, F. D. **Manual de pragas da soja**. FMC Agricultural Products, 2009. 144p.

MOSCARDI, F.; BUENO, A. F.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ROGGIA, S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; POMARI, A. F.; CORSO, I. C.; YANO, S. A. C. Artrópodes que atacam as folhas de soja. *In*: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Eds.). **Manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa ed., 2012. p. 213-334.

MOURA, A. P. de. **Manejo Integrado de Pragas: Estratégias e Táticas de Manejo para o Controle de Insetos e Ácaros-praga em Hortaliças**. Brasília: Embrapa hortaliças (Circular Técnica 141), 2015, 28p.

MÜLLER, L. Taxonomia e morfologia. *In*: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Eds.). **A soja no Brasil**. Campinas: IAC, 1981. p. 73-104.

NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. Estádios de desenvolvimento da cultura de soja. *In*: BONATO, E. R. (Ed.). **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. p. 19-44.

OLIVEIRA, A. C. B. Cultivares de soja. *In*: EMYGDIO, B. M.; AFONSO-ROSA, A. P. S.; OLIVEIRA, A. C. B. (Eds.). **Cultivo de Soja em Terras Baixas do Rio Grande do Sul**. Brasília: Embrapa, p. 127-140, 2017.

OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v. 56, p. 50-54, 2014. DOI: 10.1016/j.cropro.2013.10.022.

PAIXÃO, G. P.; LOURENÇÃO, A. L.; SILVA, C. R.; MENDONÇA, E. G.; SILVA, P. L.; OLIVEIRA, J. A.; ZANUNCIO, J. C.; OLIVEIRA, M. G. A. Biochemical responses of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) in soybean cultivars sprayed with the protease inhibitor Berenil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 8034-8038, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf4027603>.

PARFITT, J. M. B.; WINKLER, A. S.; PINTO, M. A. B.; SILVA, J. T. da S.; TIMM, L. C. Irrigação e drenagem para cultivo de soja e milho. In: EMYGDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A. da; OLIVEIRA, A. C. B. de (Eds.). **Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul**. Brasília: Embrapa, 2017, p. 45-78.

REID, J. C.; GREENE, G. L. The soybean looper: pupal weight, development time, and consumption of soybean foliage. **Florida Entomologist**, v. 56, n. 3, p. 203-206, 1973. DOI: <https://doi.org/10.2307/3493125>.

REUNIÃO. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2018/2019 e 2019/2020**. 42ª Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul. Três de Maio: Setrem, 2018. 105p.

SEFFRIN, R. C.; SHIKANO, I.; AKHTAR; ISMAN, M. B. Effects of crude seed extracts of *Annona atemoya* and *Annona squamosa* L. against the cabbage looper, *Trichoplusia ni* in the laboratory and greenhouse. **Crop Protection**, v. 29, n. 1, p. 20-24, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.09.003>.

SMITH, C. M. **Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches**. Dordrecht: Springer, Berlin, 2005.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CÔRREA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J.; MOSCARDI, F.; PANIZZI, A. R.; BUENO, A. de F.; HIROSE, E.; ROGGIA, S. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. 3. ed. Londrina: Embrapa Soja (Documentos 269), 2014. 100p.

STOUT, M. J. Reevaluating the conceptual framework for applied research on hostplant resistance. **Insect Science**, v. 20, n. 3, p. 263-272, 2013. DOI: 10.1111/1744-7917.12011.

STOUT, M. J.; WORKMAN, J.; DUFFEY, S. S. Differential induction of tomato foliar proteins by arthropod herbivores. **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, n. 10, p. 2575-2594, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02036193>.

TORRES, L. C.; SOUZA, B. AMARAL, B. B.; TANQUE, R. L. Biologia e não-preferência para oviposição por *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em cultivares de algodoeiro. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 3, p. 445-453, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000300013>.

VALADÃO, G. S.; VIEIRA, M. R.; PIGARI, S. A. A.; TABET, V. G.; SILVA, A. C. Resistência de cultivares de videira ao ácaro-rajado *Tetranychus urticae* na região de Jales, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1051-1058, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-29452012000400011>.

VÁSQUEZ, W. R. C. **Biologia comparada de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) em dietas naturais e artificiais e efeito de um vírus de poliedrose nuclear na sua mortalidade e no consumo de área foliar.** 1988. 164 p. Dissertação Mestrado em Entomologia – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1988.

VENDRAMIM, J. D.; SOUZA, A. P.; ONGARELLI, M. D. Comportamento de oviposição da mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B em tomateiro. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 1, p. 126-132, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2009000100014>.

VITTI, G. C.; TREVISAN, W. Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 90, p. 1-16, 2000.

WALKER, D. R.; ALL, J. N.; MCPHERSON, R. M.; BOERMA, H. R.; PARROTT, W. A. Field evaluation of soybean engineered with a synthetic cry1Ac transgene for resistance to corn earworm, soybean looper, velvetbean caterpillar (Lepidoptera: Noctuidae), and lesser cornstalk borer (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 3, p. 613-622, 2000. DOI: 10.1603/0022-0493-93.3.613.