

Capítulo 14

Resistência de sorgo a insetos-praga

Camila da Silva Fernandes Souza

Simone Martins Mendes

Bruno Henrique Sardinha de Souza

José Magid Waquil

Ivenio Rubens de Oliveira

Paulo Afonso Viana

Introdução

Na natureza, as interações insetos-plantas são associações evolutivas envolvendo mecanismos de sobrevivência, selecionando genes de resistência da planta e a quebra dessa resistência pelos insetos num processo contínuo conhecido por coevolução. Essas complexas interações, como as de origem químicas, resultam no desenvolvimento de diferentes mecanismos de defesa nas plantas, que conseqüentemente fazem pressão de seleção sobre os insetos. Estes, por sua vez, desenvolvem mecanismos de desintoxicação das defesas químicas, proporcionando nova pressão de seleção sobre as plantas, que contra-atacam com a produção de outros compostos químicos (Ehrlich; Raven, 1964). Dessa forma, estudar os padrões comportamentais e biológicos de insetos-praga em suas plantas hospedeiras torna-se necessário para o entendimento da preferência e do desenvolvimento do inseto, bem como da resposta da planta diante das injúrias (Knolhoff; Heckel, 2013), e, assim, proporcionar conhecimentos para aplicação estratégica no Manejo Integrado de Pragas (MIP). Além disso, a resistência pode ser direcionada para selecionar resistência simpátrica ou alopátrica. A resistência simpátrica evolui em plantas na presença de insetos-praga, e a resistência alopátrica ocorre em plantas sem nenhum contato evolutivo prévio com o inseto-praga, ou seja, as espécies envolvidas evoluíram em sítios diferentes; a espécie-praga não se adaptou ao genótipo resistente (Harris, 1975).

A resistência de plantas a insetos, em função de sua natureza poligênica na maioria dos casos, pode se manifestar em diferentes níveis: alta resistência, moderada resistência, suscetibilidade e alta suscetibilidade

(Lara, 1991). A resistência de plantas, seja de forma natural ou transgênica, é uma das táticas preconizadas dentro do MIP (Manejo Integrado de Pragas), uma vez que apresenta como uma das principais vantagens, a associação compatível com os demais métodos de manejo. Como já é conhecido, as plantas possuem naturalmente diferenças quanto à suscetibilidade a pragas, isto é, um fenótipo pode apresentar maior ou menor resistência ou suscetibilidade ao ataque de insetos-praga, que pode ser expressa de forma constitutiva ou induzida (Gatehouse, 2002; Bastos et al., 2015).

As categorias de resistência de plantas a insetos, de acordo com as terminologias clássicas propostas por Painter (1951) e sugeridas por Lara (1991), Baldin et al. (2019), entre outros autores, se dividem em antixenose, antibiose e tolerância. Mais recentemente, Stout (2013) propôs uma abordagem alternativa, e considerou a necessidade de reavaliação dos conceitos, classificando as estratégias de defesa das plantas entre resistência e tolerância, demonstrando argumentos para a importância dessa nova terminologia para uso em estudos aplicados em resistência de plantas a insetos. Essas novas terminologias têm sido empregadas por diversos autores em trabalhos com resistência de culturas agrícolas a insetos e ácaros (Mitchell et al., 2016; Stenberg; Muola, 2017; Sperotto et al., 2018). Além disso, esses conceitos corroboram aqueles já utilizados em abordagens há mais tempo em estudos de natureza ecológica, evolutiva, e ecologia química das interações planta-inseto (Schoonhoven et al., 2005; Gatehouse, 2002) (Figura 1).

Resistência compreende o conjunto de características da planta que determinam se o inseto irá se alimentar mais ou menos dela, enquanto tolerância é a capacidade que a planta tem de suportar o ataque do inseto, regenerando seus tecidos e aumentando sua capacidade de crescimento sob ataque, ou seja, é a capacidade da planta de manter a produção mesmo com um determinado nível de infestação do inseto-praga. De acordo com Stout (2013), a nova definição poderia facilitar o entendimento dos conceitos de resistência de plantas em abordagens mais aplicadas, além de reiterar que em alguns casos não é possível distinguir os efeitos de antixenose dos de antibiose, fato constatado em diversos trabalhos na literatura. Considerando que as defesas das plantas sejam divididas em resistência e tolerância, a resistência seria subdividida em constitutiva/induzida e direta/indireta, enquanto a tolerância é apresentada separadamente, não sendo uma categoria de resistência, uma vez que não exerce efeitos negativos e pressão de seleção sobre os insetos, além de ser governada por outros agentes e mecanismos

fisiológicos. Contudo, a classificação em antixenose, antibiose e tolerância como categorias de resistência é clássica (Painter, 1951; Kogan, 1975; Lara, 1991). Por isso e pelo fato de a proposta de redefinição das terminologias ainda ser relativamente recente (Stout, 2013), a classificação tricotômica é ainda a mais aceita e empregada pelos pesquisadores (Smith, 2005; Hill et al., 2009; Baldin et al., 2018).

Independentemente dos termos técnicos e classificações, a resistência de plantas é uma importante tática de controle para ser usada no MIP na cultura do sorgo. Sendo uma cultura de baixo valor econômico em relação aos outros cereais, os demais métodos de controle se tornam onerosos para o custo de produção. Pelos diversos tipos de sorgo e sua ampla variabilidade genética, estudos de avaliação de resistência ainda são insipientes. Além disso, a resistência de plantas se adapta e se integra de forma compatível às demais táticas de controle de pragas dentro dos preceitos do MIP, possui interação com o controle biológico, aumentando sua eficiência, interferindo menos com os outros métodos de controle e no ambiente, diminuindo o uso de produtos químicos.

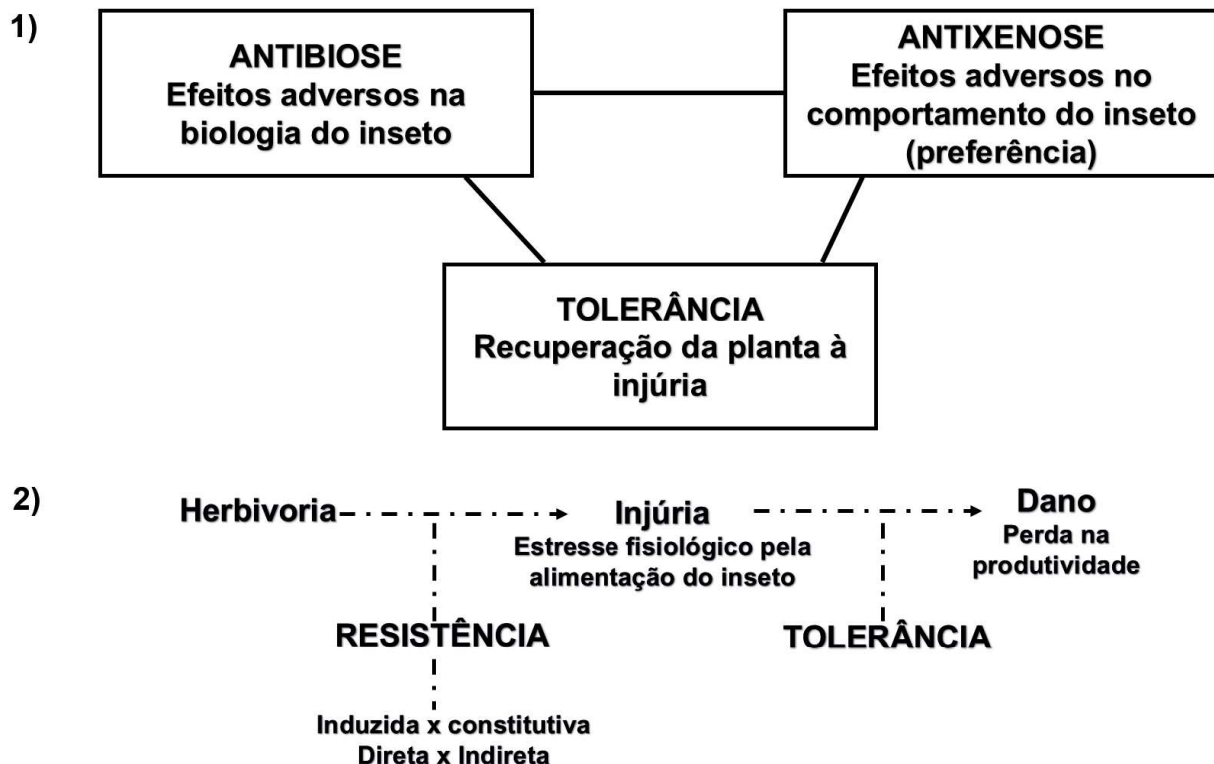


Figura 1. Comparação do esquema de categorização tricotômico clássico de Painter (1951) (1) e o esquema dicotômico proposto (2) por Stout (2013) para os estudos aplicados de resistência de plantas a insetos.

Fonte: Adaptado de Stout (2013).

Resistências de Plantas

A resistência de plantas é a soma relativa de qualidades hereditárias possuídas pela planta, as quais influenciam o resultado do grau de dano causado por um inseto (Painter, 1951). Assim, planta resistente pode ser definida como aquela que, por causa da sua constituição genotípica, é menos danificada que outras consideradas suscetíveis, em igualdade de condições (Rossetto, 1973).

Alguns princípios básicos da resistência de plantas a insetos devem ser observados. A resistência é relativa, o que implica a comparação de duas ou mais plantas; dessa forma, quando se diz que uma planta é resistente a um determinado inseto ou a um biótipo específico significa que ela assim se comporta em relação a outras plantas. A resistência é hereditária, isto é, trata-se de um caráter genético, de modo que as progênies de uma planta resistente devem se comportar da mesma forma quando testadas nas condições em que a resistência se revelou. A resistência é específica, ou seja, pode ser resistente a uma espécie de inseto e suscetível a uma outra espécie. Também apresenta plasticidade fenotípica de acordo com a interação do genótipo x ambiente, podendo alterar o fenótipo dependendo das condições ambientais, e isto pode implicar, por exemplo, o nível expresso de resistência. Além disso, é necessário que haja repetibilidade das respostas, ou seja, todas as vezes que se testar a variedade resistente em comparação com as outras variedades testadas, aquela característica deverá se manifestar (Lara, 1991; Baldin et al., 2019).

Classificação da Resistência de Plantas a Insetos

Quanto às formas de expressão das características de resistência, podem ser constitutivas e induzidas. A resistência constitutiva é de modo geral constantemente expressa na planta, e assim os genes que participam da codificação de substâncias químicas, características físicas e morfológicas são expressos em geral durante todos os estádios de desenvolvimento da planta. Por outro lado, a resistência induzida ocorre após o reconhecimento de algum estímulo ou fator de estresse, com a ação de elicitores, como o ácido jasmônico e silício, após a ocorrência de herbivoria ou oviposição, infecção por patógenos ou outro tipo de estresse biótico ou abiótico. Através do reconhecimento inicial destes elicitores por receptores de reconhecimento de padrões moleculares, as plantas apresentarão uma resposta induzida de

defesa, aumentando quantitativamente a produção de tricomas, enzimas antioxidantes e de defesa, compostos químicos tóxicos ou antinutricionais para o inseto, e expressando qualitativamente essas e outras características (Vendramim et al., 2019).

Além do modo de expressão dos genes e características de resistência, esta pode ser classificada como direta, como espinhos, tricomas, formato e espessura da parede celular, velocidade de crescimento celular, dureza dos tecidos atacados, incrustação de minerais, como silício na cutícula, presença de cera na superfície da folha, aumento da síntese de algum composto secundário ou enzimas oxidantes e de defesa que têm efeitos diretamente no inseto fitófago (Hoffmann-Campo; Graça, 2019; Vendramim et al., 2019).

Quando a planta é induzida de alguma forma, por exemplo, pela herbivoria de insetos, desencadeia mudanças na preferência, no desempenho ou na reprodução do inseto diante da planta hospedeira que vai fazer com que se alimente menos ou tenha uma redução de peso, alteração no desenvolvimento e, por fim, taxa de sobrevivência e oviposição, resultando em menor crescimento populacional. A resistência indireta compreende a produção de compostos orgânicos voláteis que a planta libera e que atraem inimigos naturais dos herbívoros que estão se alimentando daquela planta. As plantas liberam voláteis para comunicação entre elas e os herbívoros, orientando o comportamento de busca, atraindo ou repelindo para a aceitação ou não do hospedeiro, podendo afetá-los de diferentes formas, tanto na parte aérea quanto subterrânea. Existem também estruturas morfológicas produzidas de forma induzida nas plantas como os nectários extraflorais presentes em folhas e caules que podem ser utilizados como fonte de alimento, e as domácias, que são estruturas presentes em algumas plantas como cavidades ou tufo de pelos que servem como abrigo e alimento para os inimigos naturais (Silva; Panizzi, 2019).

Do ponto de vista genético, a resistência pode ser: monogênica (um locus), oligogênica (poucos loci) ou poligênica (muitos loci). A interação pode ser intra-alélica – a expressão da resistência pode ser recessiva; dominante ou com dominância incompleta, ou interalélica – a expressão da resistência pode depender de dois ou mais genes com ação complementar (sendo um único insuficiente); pode ser aditiva (dois genes não alélicos afetam a mesma característica) e epistática (um gene inibe a ação de outro).

Em relação à resposta entre as populações de plantas e a espécie da praga, existe a resistência horizontal que é quando a planta resistente expressa

o mesmo nível de resistência contra todos os biótipos do inseto-praga (raças semelhantes morfológicamente, mas com respostas diferenciadas em função da variação na população da planta) e vertical, quando a resistência é específica para cada biótipo do inseto-praga. Os fatores ambientais também podem afetar a expressão da resistência, como temperatura, luminosidade, umidade relativa, estágio de desenvolvimento da planta ou de seus tecidos, estado nutricional da planta e aplicação de defensivos e reguladores de crescimento.

Antixenose

Antixenose é a categoria de resistência responsável pela não preferência do inseto para se alimentar, ovipositar ou se abrigar em um determinado fenótipo de planta (Kogan; Ortman, 1978). Os insetos possuem diversificação na preferência porque eles utilizam estímulos fornecidos pelas plantas, os quais são responsáveis por desencadear respostas em favor ou contrárias à planta hospedeira. Os semioquímicos são estímulos químicos que regulam ou mediam a seleção hospedeira por insetos e podem ser subdivididos em dois grandes grupos: os aleloquímicos, que são interespecíficos, e os feromônios, que são intraespecíficos.

Em termos da interrelação inseto-planta, a importância deve ser atribuída ao grupo dos aleloquímicos, pois são substâncias que traduzem um significado comportamental e biológico a organismos pertencentes a espécies diferentes. Os aleloquímicos subdividem-se em cairomônios, alomônios, sinomônios e apneumônios. Cairomônios são as substâncias que, quando entram em contato com o indivíduo de outras espécies, como insetos, causam uma reação comportamental ou fisiológica favorável ao receptor e não ao emissor. Por outro lado, alomônios proporcionam o inverso da resposta, ou seja, é desfavorável ao receptor, mas não ao emissor. Sinomônios são substâncias que em contato com o indivíduo de outra espécie despertam uma reação comportamental ou fisiológica favorável a ambos, tanto ao emissor quanto ao receptor. São exemplos relacionados à resistência indireta, pois favorecem os inimigos naturais, atraindo-os, e também para as plantas, em razão do controle de pragas realizado pelos inimigos naturais atraídos para a planta. Por fim, apneumônios são compostos químicos que são emitidos por matéria morta e que resultam em uma reação comportamental ou fisiológica favorável ao receptor em um organismo que esteja dentro ou sobre o material emissor (Baldin et al., 2019; Silva; Panizzi, 2019).

Com relação às respostas desencadeadas pelos caïromônios das plantas aos insetos, podem ser atraentes, atuando de forma que induz o inseto a se movimentar em direção à planta; arrestante, quando induz o inseto a se agregar à planta ou diminuir a locomoção para que eles avaliem melhor a planta em curta distância; excitante ou incitante, quando leva o inseto a provar a planta, ou seja, induz à picada ou “mordida” inicial, à penetração do ovipositor; e estimulante de alimentação ou oviposição, quando induz o inseto a continuar se alimentando ou ovipositando em uma planta adequada. Os alomônios presentes nas plantas provocam reações inversas às provocadas pelos caïromônios, isto é, são desfavoráveis aos insetos e favoráveis às plantas. Eles podem ser classificados como repelentes, quando induzem o inseto a movimentar-se em direção oposta à planta; estimulantes de locomoção, quando induzem o inseto a se afastar mais rapidamente da planta; supressantes ou supressores, quando inibem ou evitam o início da alimentação (picada ou mordida), a penetração inicial ou a oviposição (inibição de oviposição, segundo alguns autores); e deterrentes, quando impedem a continuidade da alimentação ou oviposição. A resposta final do inseto depende do balanço entre os estímulos positivos e negativos, por exemplo, se o estímulo negativo repelente se sobrepuser ao atraente, o inseto não se orientará em direção à planta e vice-versa (Whittaker; Feeney, 1971) (Figura 2).

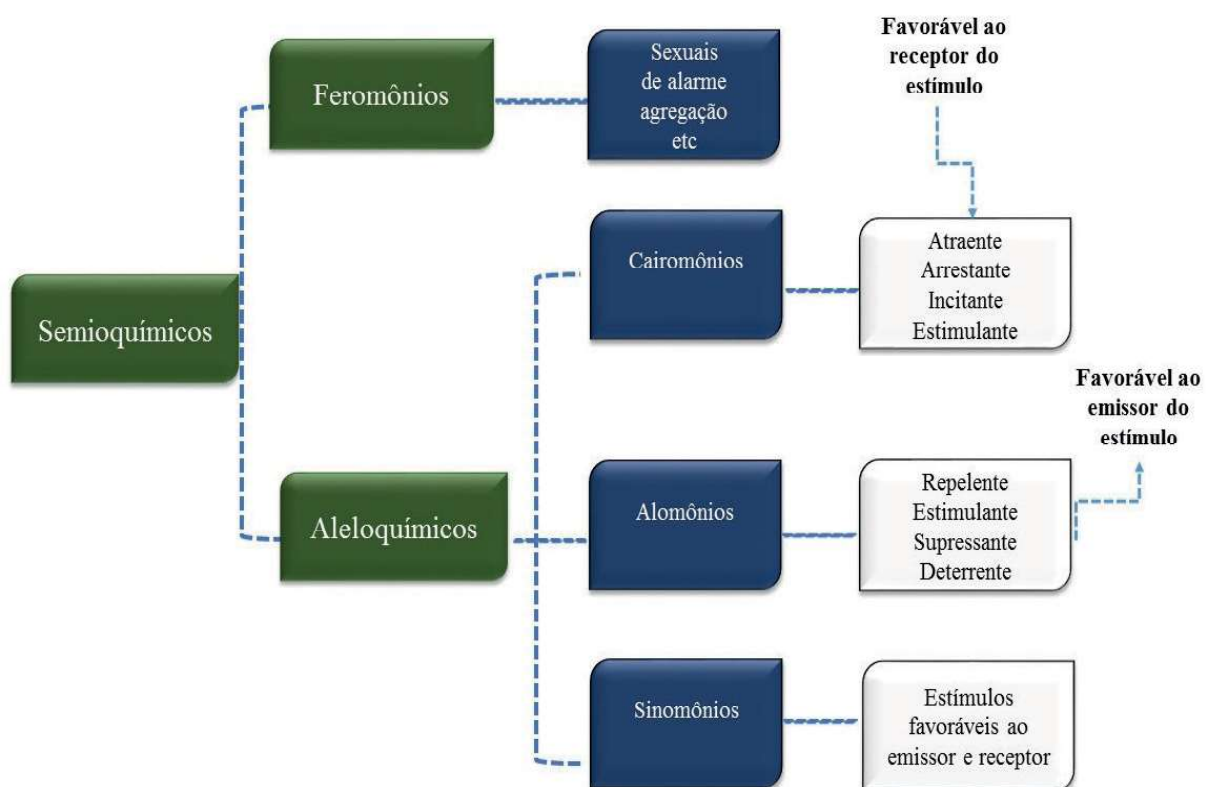


Figura 2. Estímulos emitidos pelas plantas e as respectivas respostas dos insetos.

Antibiose

Antibiose é a categoria de resistência preponderante nas plantas quando o inseto se alimenta normalmente e ela exerce um efeito adverso sobre a sua biologia, afetando direta ou indiretamente seu potencial biótico. Os efeitos negativos nos insetos podem ser por causa das toxinas que as plantas apresentam, por exemplo, a presença de inibidores de crescimento ou reprodução, nutrição inapropriada que causam mortalidade nas fases de larva, ninfa, pupa ou na muda, redução do tamanho e peso dos indivíduos e da fecundidade, alteração da proporção sexual e da longevidade, entre outros parâmetros biológicos.

O efeito adverso que a planta exerce sobre parâmetros da biologia do inseto e que faz com que a planta apresente antibiose pode ser pela presença de compostos antibióticos que atuam na fisiologia e biologia do inseto, e podem ser: metabólitos tóxicos que atuam produzindo intoxicação crônica ou aguda nos insetos, como alcaloides, glicosídeos cianogênicos e cardíacos, quinonas, etc.; antimetabólitos que têm a propriedade de tornar os nutrientes essenciais indisponíveis aos insetos ou atuar como inibidores enzimáticos; enzimas que atuam no processo de utilização do alimento, inibindo ou reduzindo o processo normal da digestão; fitoesteroides, como alguns triterpenos, saponinas e tetranortriterpenoides, como a azadiractina, que podem agir no inseto como seu próprio hormônio juvenil, ou como hormônio da ecdise, que induzem a metamorfose precoce, esterilidade e diapausa em razão do desequilíbrio hormonal (Vendramim et al., 2019).

Tolerância

Tolerância ocorre quando a planta resistente, mesmo atacada da mesma forma que as outras plantas suscetíveis, consegue se recuperar, crescer e produzir normalmente. A tolerância é caracterizada pela presença de atributos que não interferem sobre o inseto nem na sua biologia e nem no seu comportamento, sendo uma característica que faz com que a planta sofra menos com o ataque do que outras em igualdade de condições. Muitas plantas podem suportar uma determinada relação de injúrias sem ter perda de rendimento (Peterson et al., 2017; Erb, 2018; Sperotto et al., 2018). Desta forma, insetos-praga não selecionados quanto à resistência por causa da ausência de pressão de seleção imposta por plantas tolerantes (Koch et al., 2019).

A tolerância, apesar da sua importância, tem sido menos utilizada e estudada do que a antibiose e antixenose. Isto pode ser devido a vários fatores, por exemplo, a grande influência ambiental tornando mais difícil a identificação e seleção de plantas resistentes. Além disso, os mecanismos da tolerância ainda são pouco compreendidos, complexos e de herança poligênica, tornando o processo mais lento. Por outro lado, o interesse das empresas e dos produtores que utilizam as variedades resistentes é reduzir a incidência da praga ao invés de gerenciar a biologia das plantas (Peterson et al., 2017; Erb, 2018; Sperotto et al., 2018). E mesmo que os insetos não tenham alterações biológicas e/ou comportamentais, o entendimento básico de como as plantas lidam com a herbivoria e a identificação de genótipos tolerantes nas principais culturas pode ter um grande impacto no manejo de pragas e rendimentos de produção.

Lembrando que a resposta das plantas à injúria depende da intensidade, do tempo, do tipo e da parte da planta que foi injuriada e das interações com fatores ambientais (Peterson; Higley, 2001). A tolerância de plantas a insetos sugadores está principalmente associada a mecanismos moleculares, como desintoxicação e alterações na atividade fotossintética, enquanto os mecanismos de tolerância em resposta a insetos mastigadores são geralmente descritos por sobrecompensação através da produção de novos tecidos, realocação de recursos e mudança na arquitetura da planta (Trumble et al., 1993; Stowe et al., 2000; Krimmel; Pearse, 2016).

Peterson et al. (2017) listam três fatores que restringem o desenvolvimento de conhecimentos sobre a tolerância: falta de técnicas adequadas para identificar e incorporar a tolerância para as culturas; a capacidade de cultivares tolerantes servirem como reservatórios para vetores de vírus, por exemplo, e a falta de informações básicas sobre a herança da tolerância. Para isto, devem-se realizar pesquisas básicas sobre os mecanismos fisiológicos e bioquímicos de tolerância, as quais devem envolver estudo interdisciplinar entre biólogos, ecologistas, químicos, biólogos moleculares, melhoristas de plantas e entomologistas, para utilizar cada vez mais esta importante ferramenta no MIP.

Testes Para a Avaliação da Resistência de Plantas a Insetos

Para definir a melhor metodologia para avaliação da resistência é necessário conhecer bem a fenologia da planta, o sistema de produção e os aspectos do manejo e biologia do inseto-praga em questão.

Para avaliação de resistência de plantas a insetos, normalmente são utilizados três tipos de ensaios: livre-escolha – quando todos os genótipos são oferecidos aos insetos simultaneamente, e podendo-se avaliar variáveis tanto do inseto quanto da planta para discriminar os tipos contrastantes; confinamento – quando os genótipos são oferecidos separadamente aos insetos sem chance de escolha; e teste de produção – quando se considera a produtividade do componente comercial da planta visando detectar tolerância à espécie-alvo. Estes ensaios podem ser realizados em campo, casa de vegetação ou laboratório, como avaliação da biologia do inseto, produtividade da planta, notas de injúrias de insetos na planta, avaliação de parâmetros da planta e do inseto, por exemplo, índice de infestação, percentagem de colmos atacados, entre outros (Lara; Perussi, 1984; Waquil et al., 2001, 2019).

Vale a pena ressaltar que a infestação natural ou artificial de insetos, seja em campo, casa de vegetação ou laboratório, deve ser de maneira uniforme, certificando-se de que não houve plantas sem infestação para que não tenha um possível erro na identificação de genótipos suscetíveis como sendo resistentes.

Resistência do Sorgo a Insetos-Praga

A Cultura do Sorgo e suas Pragas

O sorgo é considerado uma planta rústica, que tem boa adaptação a diferentes condições ambientais, podendo produzir bem em condições que seriam desfavoráveis à maioria dos outros cereais (Silva et al., 2017). Existem diferentes tipos de sorgo: o granífero, destinado à produção de grãos; o forrageiro, para produção de silagem; o sacarino, para produção de etanol; o vassoura, utilizado para fabricação de vassouras; e o biomassa, usado para geração de energia em usinas termelétricas (Figura 3 e 4) (Vilela et al., 2017). Além disso, as plantas e lavouras com as diferentes aptidões supracitadas possuem porte, ciclo de cultivo e tratos culturais diferenciados. Nesse sentido, as infestações de insetos-praga podem ter importâncias

distintas dependendo do grupo de sorgo. Além disso, os diferentes genótipos de sorgo dentro de cada grupo podem apresentar grandes diferenças em características bioquímicas, como no teor de açúcares solúveis, lignina e minerais (Chupin et al., 2017), e estas características podem ser benéficas para a resistência a insetos-praga.

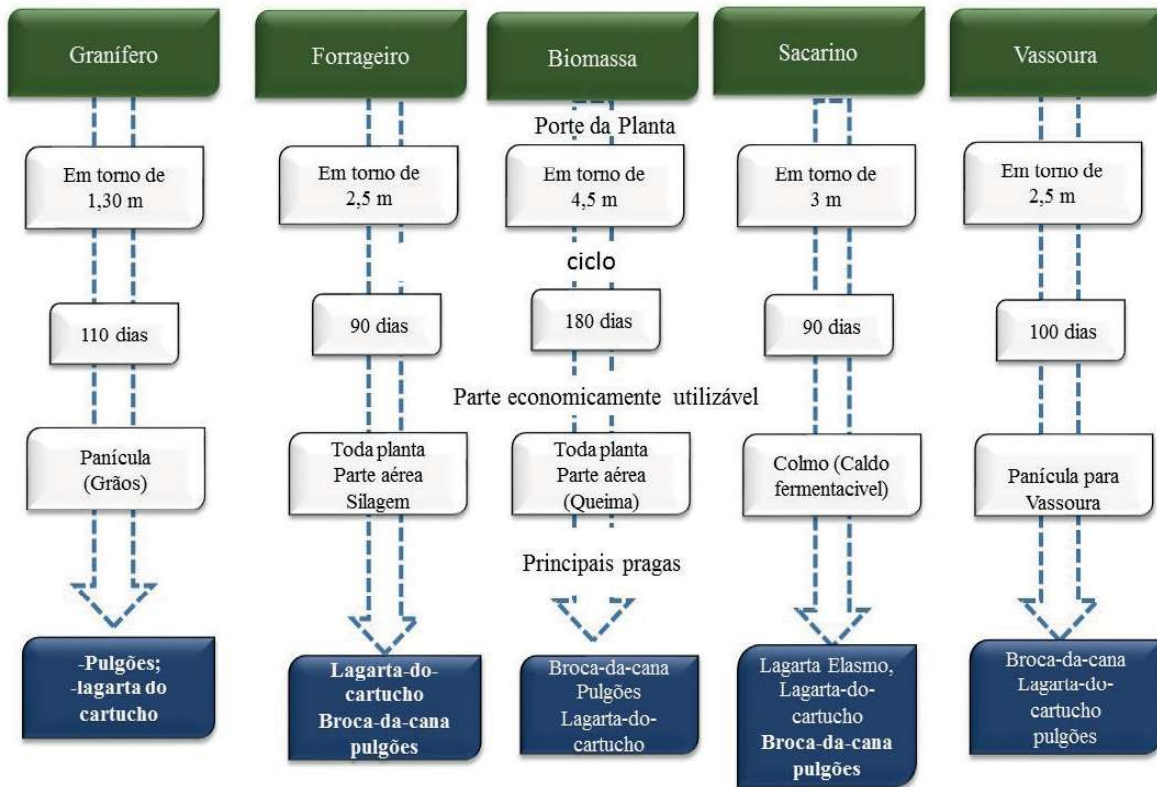
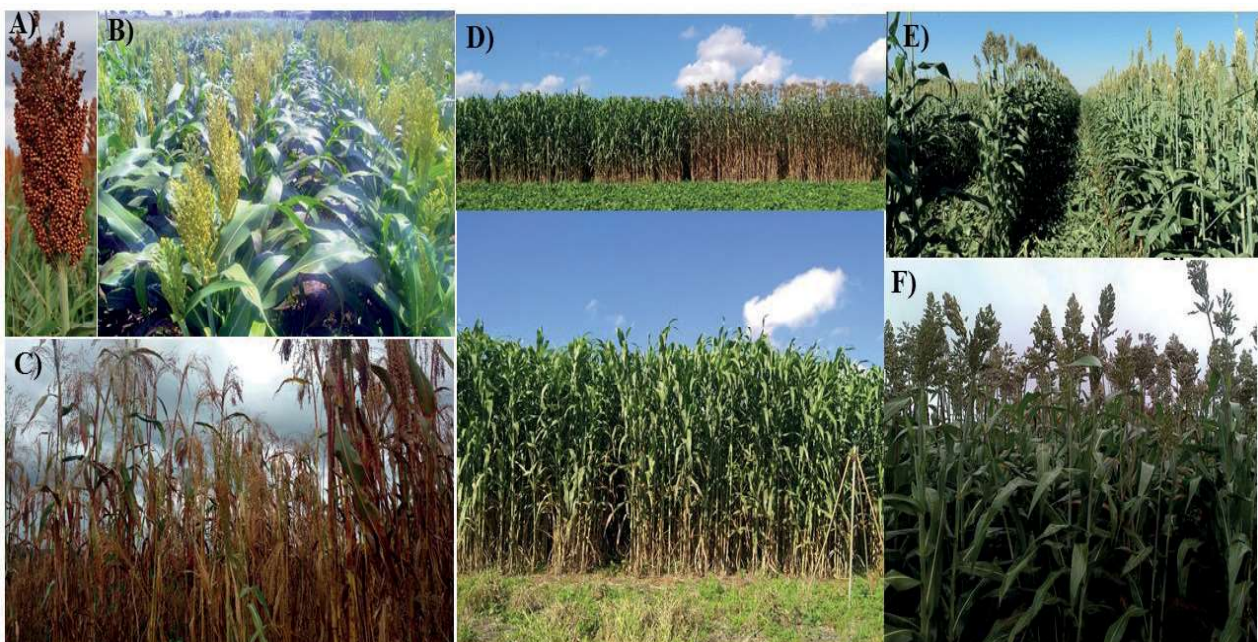


Figura 3. Os tipos de sorgo, suas características e principais pragas-alvo.



Fotos: Simone Martins Mendes

Figura 4. A) Panícula de sorgo granífero na maturação fisiológica; B) sorgo granífero; C) sorgo vassoura. D) sorgo biomassa; E) sorgo sacarino; F) sorgo forrageiro.

Na fase inicial de desenvolvimento do sorgo, a cultura pode ser atacada por diversas espécies de insetos fitófagos. Entre os mais importantes se destacam os corós (*Phyllophaga* spp., *Stenocrates* spp., *Cyclocephala* spp., *Diloboderus* spp.) (Coleoptera: Scarabaeidae), cupins (*Heterotermes* spp., *Syntermes* spp., *Proconitermes* spp.) (Isoptera: Termitidae), larvas-alfinetes *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) e *Diabrotica viridula* (Fabricius, 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae), percevejos-castanhos *Scaptocoris castânea* (Petry, 1830) e *Atarsocoris brachiariae* (Becker, 1996) (Hemiptera: Cydnidae), percevejo-preto *Cyrtomenus mirabilis* (Hemiptera: Cydnidae), lagarta-elasma *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae), larva-aramé *Conoderus escalaris* (Germar, 1824) (Coleoptera: Elateridae), larva-angorá *Astylus variegatus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Dasytidae) e os percevejos-barriga-verde *Dicerus furcatus* (Fabricius, 1775) e *Dicerus melacanthus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) (Mendes et al., 2014).

Na fase vegetativa do sorgo podem-se encontrar os pulgões *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) e *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae), lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797), curuquerê-dos-capinzais *Mocis latipes* (Guennée, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae), e a broca-do-colmo *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). Por fim, na fase reprodutiva merecem destaque a mosca-do-sorgo *Stenodiplosis* (= *Contarinia*) *sorghicola* (Coquillett) (Diptera: Cecidomyiidae), os percevejos-da-panícula *Leptoglossus zonatus* (Dallas, 1852) (Hemiptera: Coreidae), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), *Thyanta perditor* (Fabr., 1794) (Hemiptera: Pentatomidae), *Sthenaridea carmelitana* (Carvalho, 1948) (Hemiptera: Miridae), e a lagarta *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) (Waquil et al., 2003).

Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, geralmente a cultura do sorgo é implantada no período de segunda safra, logo após a colheita de soja precoce. Isto faz com que pragas remanescentes nos restos desta cultura possam migrar para as culturas do sorgo e do milho, como tem recentemente ocorrido com o percevejo-barriga-verde *D. melacanthus*. Este percevejo causa danos significativos às plantas de milho e sorgo no início do desenvolvimento vegetativo, reduzindo o vigor, promovendo o perfilhamento precoce e podendo até matar a planta (Figura 5) (Waquil; Oliveira, 2009; Correa-Ferreira; Sosa-Gomez, 2017).



Fotos: Simone Martins Mendes

Figura 5. *Dicerus melacanthus* se alimentando de planta de sorgo (A), injúrias causadas pela alimentação de *D. melacanthus* em sorgo.(B)

Na safra 2018/2019 foi observada nos plantios de sorgo, principalmente em sorgo granífero, alta infestação atípica do pulgão da cana-de-açúcar *Melanaphis sacchari* (Zethner, 1897) (Hemiptera: Aphididae) (Figura 6). Este pulgão é considerado como uma forte ameaça à cultura do sorgo não só no Brasil, mas também nos Estados Unidos desde 2013 (Paudyal et al., 2019). Entre todas as pragas do sorgo, a broca-do-colmo *D. saccharalis* é considerada a mais importante para o sorgo sacarino por causar injúrias diretamente na parte econômica da planta, que é o colmo (Figura 7). Juntamente com *S. frugiperda* (Figura 8), *D. melacanthus*, *S. graminum* e mais recentemente *M. sacchari*, são consideradas as pragas-chave da cultura do sorgo, e assim demandam mais atenção no monitoramento e controle.

O ataque de pragas pode ser um importante fator na perda de produtividade do sorgo, reduzindo a expressão do seu potencial. Dessa forma, torna-se muito importante o uso de diferentes táticas de controle no manejo das pragas dessa cultura (Mendes et al., 2014). Diante disso, selecionar genótipos resistentes ou tolerantes às principais pragas do sorgo é de suma importância para programas de melhoramento genético e de MIP. A seguir serão exemplificados algumas metodologias experimentais e resultados com genótipos de sorgo das principais pragas da cultura.



Fotos: Simone Martins Mendes

Figura 6. Pulgão *Melanaphis sacchari*.



Fotos: Simone Martins Mendes

Figura 7. *Diatraea saccharalis* em galeria no colmo de sorgo e as respectivas injúrias.



Fotos: Simone Martins Mendes

Figura 8. *Spodoptera frugiperda* no cartucho de plantas de sorgo.

Broca-do-colmo

A broca-do-colmo ou broca-da-cana-de-açúcar, *D. saccharalis*, é uma praga importante para a cana-de-açúcar, mas por ser polífaga se alimenta de várias outras culturas e tem causado perdas significativas no milho, trigo, sorgo e no milheto, todas consideradas de grande importância econômica (Mendes et al., 2014). Pelo comportamento alimentar formando galerias, a praga se encontra protegida, dificultando o seu controle químico. Dessa forma, a utilização de genótipos resistentes e tolerantes é a tática de controle mais promissora para o manejo de *D. saccharalis* no sorgo (Mendes et al., 2014; Santos; Mihsfeldt, 2014). Na cultura do sorgo ela pode danificar tanto o colmo como o pedúnculo da panícula. Quando o dano é no colmo, causa quebraimento e redução na produção, e quando é no pedúnculo causa morte da panícula, provocando o sintoma de panícula-branca, com 100% de perda da planta atacada no caso do sorgo granífero.

As galerias provocadas pelas lagartas de *D. saccharalis* deixam as plantas mais vulneráveis à queda pela ação do vento, o que é um prejuízo indireto muito importante: o colmo fica enfraquecido, podendo quebrar ou

tombar. O ataque da broca-do-colmo causa podridão por favorecer a entrada de microrganismos, causando o acúmulo de micotoxinas, morte da gema apical, redução do fluxo de seiva, encurtamento dos entrenós dos colmos e acamamento, debilitando a planta de forma geral (Mendes et al., 2014; Silva et al., 2014).

O adulto é uma mariposa de coloração amarelo-palha, de 20 mm de envergadura. Os ovos têm aspecto de escamas; inicialmente possuem coloração amarelo-clara, alaranjada e vão escurecendo quando estão perto de eclodirem. Os ovos são colocados nas folhas, e a eclosão das lagartas ocorre entre quatro e nove dias. Inicialmente, as lagartas se alimentam das folhas, passam para a bainha e depois se direcionam para o colmo, fazendo galerias ascendentes e originando um orifício por onde a mariposa sai após a fase de pupa, que pode variar de nove a 14 dias (Mendes et al., 2014).

A maioria dos trabalhos com avaliação de genótipos de sorgo para a resistência a *D. saccharalis* e outros lepidópteros no país foram realizados há mais de 15 anos. Entre esses trabalhos, Bortoli et al. (2005) ao avaliarem o efeito da adubação em uma cultivar de sorgo no desenvolvimento de *D. saccharalis* observaram que as menores porcentagens de injúria foram verificadas com as menores doses de nitrogênio e maiores doses de potássio.

Normalmente, as avaliações são baseadas na taxa de plantas com panículas mortas, nos índices de infestação (% plantas infestadas) e de intensidade de infestação (% de internódios danificados). Para se avaliar esses índices, deve-se abrir o colmo longitudinalmente (Figura 9) e examinar colmo por colmo. Pode-se utilizar também uma escala visual de notas (variando de 0 a 9 com base na área foliar destruída) para se estimar os danos causados pelas lagartas nas folhas. Muitas fontes demonstraram resistência cruzada a diferentes espécies de brocas, como as IS 1055 (BP53), IS 1044, IS 2123, IS 2195, IS 2205, IS 5469 e IS 18551.

As variedades brandes, AF 28 e SC 3541, foram consideradas as mais resistentes à broca-do-colmo (Waquil et al., 1980; Boiça Júnior; Lara, 1983; Lara et al., 1997). Entre as cultivares comerciais, os resultados mostraram que o BR 304 e o CMSXS9701 apresentaram os menores índices de infestação enquanto Z 732 e Esmeralda destacaram-se com os menores índices de intensidade de infestação (Waquil et al., 2001). Os autores encontraram alta variabilidade genética entre os materiais comerciais, e perdas significativas na produtividade poderão ocorrer em todos os híbridos avaliados. Por outro lado, a variabilidade genética observada entre as linhagens de sorgo indica

grande potencial para a seleção de cultivares resistentes nos programas de melhoramento (Waquil et al., 2001).

Lara et al. (1979) encontraram resistência em dois genótipos de sorgo entre 89 avaliados para *D. saccharalis*, e após quase duas décadas também foram encontrados dois genótipos com resistência indireta (denominada pelo autor de resistência extrínseca) a *D. saccharalis*, considerando o maior parasitismo por *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) (Lara et al., 1997). Genótipos de sorgo, 10 híbridos de sorgo sacarino e 16 de sorgo biomassa, foram avaliados em relação à resistência a *D. saccharalis*, com destaque para o genótipo CMSXS647 pelas características altura de plantas, nível de infestação, tamanho de galerias e teor de sólidos solúveis entre os sacarinos, enquanto entre os genótipos de sorgo biomassa se destacaram CMSXS7030, CMSXS7012 e CMSXS7028, os quais apresentaram características desejáveis para nível de infestação, altura de plantas e número de compostos lignocelulósicos (Araújo et al., 2019).



Fotos: Simone Martins Mendes

Figura 9. Avaliação do comprimento da galeria causada pela alimentação de *Diatraea saccharalis* em sorgo granífero.

Lagarta-Elasmo

A lagarta-elasmo (*Elasmopalpus lignosellus*) é uma praga cujos adultos são pequenas mariposas de cor cinza e de hábitos noturnos. Os ovos, diminutos e amarelados, são colocados no solo e em folhas de plantas recém-emergidas. As injúrias são causadas pela lagarta que raspa o tecido vegetal,

e em seguida penetra na planta na altura do colo, logo abaixo do nível do solo, onde cava uma galeria ascendente, provocando inicialmente murcha e posteriormente morte das folhas centrais, resultando no sintoma conhecido como “coração morto”. Esta é uma espécie de ocorrência esporádica, com grande capacidade de destruição em um intervalo curto de tempo. Seus danos estão associados à estiagem logo após a emergência das plantas. O déficit hídrico retarda o desenvolvimento da planta, aumentando o período de suscetibilidade e favorecendo a explosão populacional. Maiores danos são observados em solos leves e bem drenados, sendo sua incidência menor sob plantio direto (Santos et al., 2005).

Sendo esta espécie de ocorrência específica na região tropical das Américas, pouco se tem feito sobre a avaliação do germoplasma para resistência à lagarta-elasma. No Brasil, Waquil et al. (1998), avaliando a resposta da coleção de híbridos comerciais de sorgo granífero através de infestação artificial em casa de vegetação, observaram alto nível de suscetibilidade desses híbridos. A média do ensaio foi de 69,4% de plantas mortas, e a melhor resposta foi obtida com os híbridos A 9902 e Turquesa, com 57% de mortalidade das plantas.

Em um experimento com 47 linhagens de sorgo, Viana et al. (2012) encontraram uma alta variação nos resultados. A percentagem de plantas atacadas pela lagarta-elasma variou de 27 a 100%. Entre as linhagens avaliadas, 10 tiveram menos de 50% de plantas atacadas, 21 mostraram nível de ataque intermediário, variando de 52 a 75%, e 16 linhagens apresentaram elevado ataque, variando entre 80 e 100%. A linhagem menos danificada foi TX 614B, com 27% de plantas atacadas, seguida das linhagens (TX623BXATF54B) 6-3-C-10-1-1-B, (TX623BXATF54B) 6-1-C-4-2-2-1B, (TX623BXATF54B) 6-1-C-5-1-1-B, IS 10258B, IS 10258B e N 123B, variando de 30 a 42%.

Lagarta-do-Cartucho

A espécie *S. frugiperda* possui distribuição geográfica generalizada, causando danos durante, praticamente, todas as fases do seu desenvolvimento do milho (Dequech et al., 2013). Em geral, o sorgo é mais resistente que o milho à lagarta-do-cartucho. Entretanto, há cultivares de sorgo que são tão suscetíveis a essa espécie quanto o milho. Condições tropicais de cultivo aliadas às características dessa espécie, como polifagia e alta capacidade de reprodução, dispersão e migração dos adultos (Nagoshi; Meagher, 2008),

favorecem a ocorrência de gerações sobrepostas ao longo do ano, levando a graves infestações em safra agrícola (Bernardi et al., 2015).

O adulto de *S. frugiperda* é uma mariposa com aproximadamente 3,5 cm de comprimento, coloração pardo-escura nas asas anteriores e branco-acinzentada nas posteriores, com longevidade de aproximadamente 15 dias (Santos et al., 2004). As posturas são feitas em massa, com média de 150 ovos. O período para eclosão das larvas é de aproximadamente três dias.

As larvas recém-eclodidas alimentam-se do próprio córion dos ovos e, posteriormente, das folhas da planta, provocando o sintoma conhecido como “folhas raspadas”, que é um sinal da presença da lagarta na cultura. As lagartas passam por cinco ou seis estádios larvais, atingindo 40 mm a 50 mm de comprimento e 2,7mm a 2,78 mm de largura da cápsula cefálica. À medida que as lagartas crescem, começam a fazer orifícios nas folhas, podendo causar severas injúrias às plantas (Cruz et al., 1995). A duração da fase larval é de 12 a 30 dias. Após este período, as lagartas se direcionam para o solo onde passarão à fase de pupa, que dura entre 10 e 12 dias. O ciclo biológico desse inseto em plantas de milho completa-se em 25 dias à temperatura de 25 °C, aumentando o número de dias quando as temperaturas estão mais baixas (Busato et al., 2005a, 2005b).

Os primeiros trabalhos que tentaram identificar fontes de resistência do sorgo à lagarta-do-cartucho foram realizados por McMillian e Starks (1967), nos Estados Unidos, e por Lucena (1978), no Brasil. Mesmo considerando o pequeno número de fenótipos avaliados foi possível identificar tipos contrastantes como AF-28 (menor índice de infestação) e EA 261 (menor consumo de biomassa). Entre 20 variedades de sorgo sacarino, foi observada uma redução no consumo das lagartas de 44% da área foliar da variedade Honey quando comparada à variedade Dale (Waquil; Santos, 1990). A avaliação de 18 acessos de sorgo selecionados, previamente, para resistência à lagarta-do-cartucho, de 326 acessos do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Milho e Sorgo, Santos et al. (1992), identificou como resistentes: AF 28; MN 1533; IS 5831, que causaram 67% de mortalidade de larvas, e Tx 7078 e BTx 611 wx, que apresentaram menor área foliar destruída. Novos estudos precisam ser realizados para verificar a viabilidade da transferência dessa característica para cultivares comerciais (Santos et al., 2005).

Como a distribuição da infestação natural no campo é muito irregular, a seleção sob infestação natural fica prejudicada. Desta forma, como a lagarta-do-cartucho é relativamente fácil de ser criada em laboratório, os trabalhos

mais recentes têm sido conduzidos com infestação artificial, que podem ser conduzidos em laboratório, casa de vegetação ou no campo. Para avaliar a resistência à desfolha por *S. frugiperda* existem escalas de notas de injúria, de modo que de acordo com a intensidade da injúria maior será a nota atribuída. Entre as escalas de injúria no milho destacam-se a de 0-5 desenvolvida por Carvalho (1970) e a de 1-9 desenvolvida por Davis e Williams (1989). Gonçalves et al. (2011) também atribuíram notas de 1-5 para injúrias de *S. frugiperda* em diferentes genótipos de sorgo sacarino (Figura 10). Gonçalves et al. (2011) avaliaram através de escala de notas (0-5) genótipos de sorgo sacarino em casa de vegetação aos 14 dias após a infestação das lagartas. Segundo os autores, o índice de adaptação das lagartas aos genótipos de sorgo sacarino seguiu a seguinte ordem decrescente (do mais adaptável aos menos adequados à lagarta-do-cartucho): BR505, CMSX5634, BR501, CMSX5642 e CMSX5630.

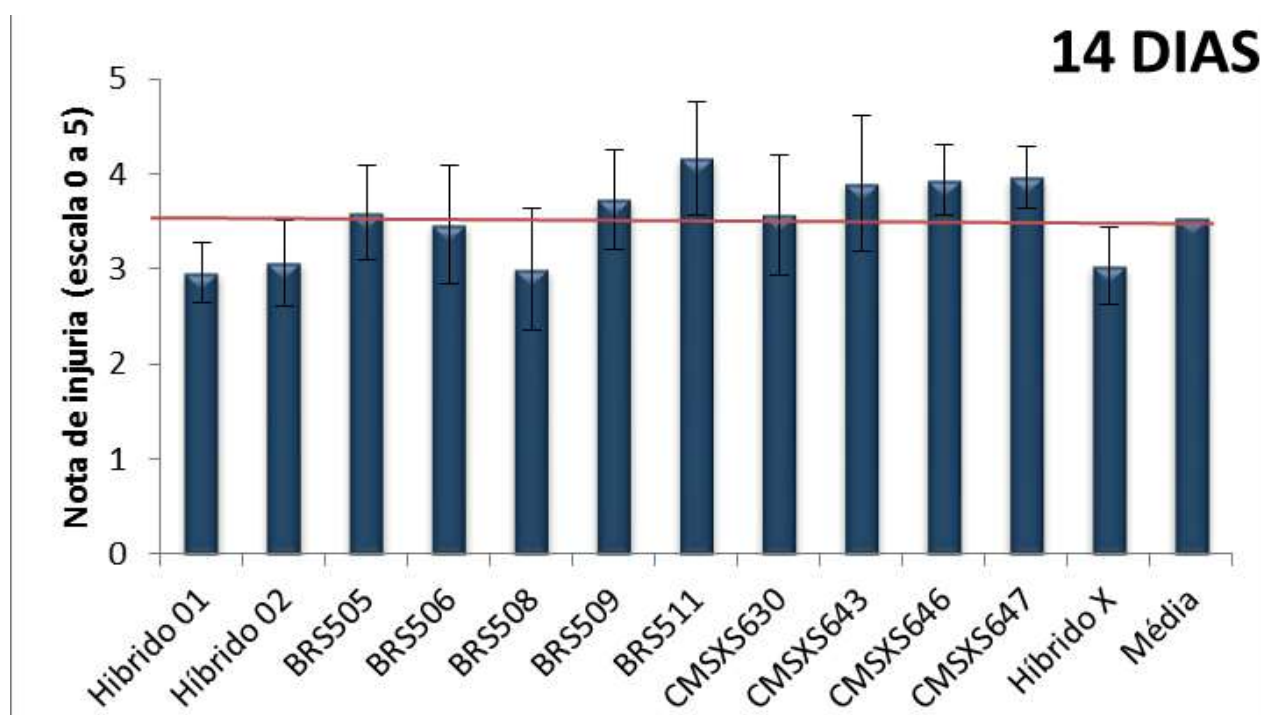


Figura 10. Notas de injúria pela escala 0-5 (Carvalho, 1970) causadas por *Spodoptera frugiperda* aos 14 dias após a infestação em casa de vegetação para genótipos de sorgo sacarino. Sete Lagoas-MG, 2014 (Gonçalves et al., 2011).

Na avaliação da adubação nitrogenada em sorgo, López et al. (2000) não verificaram correlação significativa entre parâmetros de desenvolvimento da lagarta-do-cartucho e a concentração total de nitrogênio nas plantas. Ao avaliar três cultivares comerciais de sorgo quanto à infestação de *S. frugiperda*, Cortez e Waquil (1997) encontraram grande variação nos

parâmetros avaliados, sugerindo que haja constante avaliação de genótipos com potencial para se utilizar a resistência do sorgo no MIP.

Pulgão-Verde

Nas regiões tropicais, os pulgões reproduzem-se por partenogênese telítica, na qual fêmeas produzem apenas fêmeas. Portanto, têm grande potencial biótico e formam grandes colônias. Em condições favoráveis, podem produzir de três a quatro gerações por mês. Esta praga infesta o sorgo desde a emergência das plantas até a maturação dos grãos.

Os adultos e as ninfas de *S. graminum* (Figura 11) apresentam coloração verde-limão, com três riscas mais escuras no dorso e se alimentam na face inferior ou na bainha das folhas mais maduras.



Fotos: Simone Martins Mendes

Figura 11. Pulgão *Schizaphis graminum*.

As ninfas passam por quatro ínstares e atingem a maturidade em cinco dias. Cada fêmea pode produzir até 100 descendentes nos seus 25 dias de longevidade. Tanto os adultos como as ninfas sugam seiva das folhas e introduzem toxinas que provocam bronzeamento e morte da área afetada, que dependendo da infestação podem causar a morte da planta. Os adultos, principalmente as formas aladas, são também importantes vetores de vírus, como o do mosaico-da-cana-de-açúcar, capaz de causar danos significativos ao sorgo. Por causa da intensa sucção de seiva, os insetos produzem um volume significativo de excrementos que cobrem a face superior das folhas

baixeiras, deixando-as pegajosas ou cobertas com uma camada escura de fungo (fumagina) (Santos et al., 2005; Mendes et al., 2014).

Para a avaliação de genótipos resistentes, tanto de plântulas em casa de vegetação como de plantas adultas no campo, pode-se usar uma escala visual de notas de 0 (plantas sem injúria), 1 (plantas com 1 a 20% de injúria), 2 (plantas com 21% a 40% de injúria), 3 (plantas com 41 a 60% de injúria), 4 (plantas com 61 a 80% de injúria), 5 (plantas com 81 a 99% de injúria) e 6 (plantas mortas) (Stark; Burton, 1977). Pode-se também examinar o aumento da população e biomassa dos pulgões no momento da avaliação.

Fontes de resistência de sorgo ao pulgão-verde foram encontradas em diferentes espécies do gênero *Sorghum*, como IS 809 e PI 264453 (*S. bicolor*), KS 30 (*S. virgatum*), SA 7536-1 (*S. nigricans*), PI 302236 (*S. hewisonii*), PI 220248 e PI 308976 (*S. sudanense*) e PI 38108 (*S. virgatum*). Em algumas das fontes de resistência, a herança é simples e com dominância incompleta (IS 809, SA 7536-1 e PI 264453), mas em outras, derivadas de *S. virgatum*, a dominância é completa e determinada por mais de um locus (Santos et al., 2005).

Para determinar o tempo ideal para a avaliação da preferência do pulgão-verde por genótipos de sorgo após a infestação, foram conduzidos experimentos em casa de vegetação com *S. graminum*, envolvendo cultivares de sorgo resistentes a essa espécie. Cruz et al. (1998) concluíram que 72 horas após a infestação foi o tempo ideal para se fazer a avaliação da antixenose.

Foi demonstrado que variedades de sorgo com elevados teores de fenóis são resistentes a *S. graminum*, apresentando menor taxa de alimentação nessas variedades (Reese, 1981). Em um estudo realizado com quatro híbridos de sorgo, Dogramaci et al. (2007) conseguiram separar os híbridos quanto à tolerância e antibiose para *S. graminum* biótipo 1, sendo a antibiose a principal característica do híbrido Cargill 607E, e a tolerância para Cargill 797, enquanto Golden Harvest 510B e Garst 5715 foram suscetíveis.

Wu e Huang (2008) mapearam QTLs de sorgo para a resistência a *S. graminum* biótipo I, o que facilitará a identificação de genes de resistência ao pulgão-verde nas plantas e o desenvolvimento de métodos de seleção assistidas por marcadores para reprodução de novas cultivares resistentes, pois várias regiões genômicas do sorgo foram envolvidas na resistência ao biótipo I do pulgão-verde (Agrama et al. 2002; Nagaraj et al., 2005). Em avaliação da resistência de 20 híbridos comerciais de sorgo no México, Aranda-Lara et al. (2019) concluíram que os híbridos TX-05, TX-02,

Jeronimo, Apache e TX-04 apresentaram menores infestações de pulgões e maior produtividade.

Pulgão-da-Cana-de-Açúcar

O pulgão-da-cana *M. sacchari* é uma das principais pragas de sorgo e cana-de-açúcar em muitas regiões da África, Ásia, Austrália, do Extremo Oriente e partes da América Central e do Sul (Singh et al., 2004). No Brasil, foi observado nos plantios de sorgo, em especial, do sorgo granífero, alta infestação na safra de 2018/2019, infestação está ainda não registrada no país. Nos últimos anos, essa espécie tem se transformado numa forte ameaça para o sorgo no Brasil e nos Estados Unidos (Paudyal et al., 2019).

O pulgão possui coloração amarelo-limão, sendo que alguns têm linhas negras padronizadas ao longo do esclerito dorsal (Eastop, 1954; Blackman; Eastop, 1984). As ninfas passam por quatro instares, e chegam à fase adulta entre quatro e cinco dias (Chang et al., 1982; Manthe, 1992). Os adultos podem sobreviver por 10 a 28 dias (Van Rensburg, 1973; Chang et al., 1982).

Normalmente o sorgo é colonizado com infestações significativas na planta mais desenvolvida (Van Rensburg, 1973). Ocorre inicialmente a descoloração das folhas, seguida de clorose, necrose, nanismo, atraso na floração e redução no enchimento de grãos, envolvendo perdas de qualidade e quantidade. O pulgão-da-cana-de-açúcar se alimenta da superfície abaxial das folhas mais velhas da planta (Singh et al., 2004).

Ensaio em casa de vegetação e campo com cruzamentos entre os genótipos PI 257595 (altamente resistente), 129-3A (moderadamente resistente) e RTx 430 (suscetível) mostraram que a resistência é monogênica e controlada por um único gene dominante (Hsieh; Pi, 1982; Tan et al., 1985). Singh et al. (2004) em uma revisão listaram várias fontes de resistência de sorgo a *M. sacchari* em diferentes países: IS 44 (Estados Unidos), IS 84 (México), IS 1063 (Índia), IS 12551C (SC 31) (Etiópia), IS 12599C (SC 90) (Congo), IS 14048 (Malawi), 129-3A (África do Sul), 4692A (Japão), AB 31 (China), PNR 8537 (Botsuana), entre várias outras.

Testes de livre escolha e sem escolha foram conduzidos com 23 genótipos de sorgo quanto à resistência a *M. sacchari*. Estes genótipos foram comparados a genótipos com informações de resistência e suscetibilidade previamente conhecidos, e, com isso, foi possível selecionar os genótipos AG1201, AG1301, W844-E e DKS 37-07, identificados com expressão de

tolerância, antibiose e antixenose; H13073 expressou antibiose; e GW1489 expressou tolerância e antibiose (Paudyal et al., 2019).

Armstrong et al. (2015) testaram fontes de resistência a *S. graminum* para *M. sacchari* e encontraram genótipos resistentes a *S. graminum* e que também foram resistentes a *M. sacchari*. A linhagem RTx2783, resistente ao pulgão-verde biótipos C e E, foi resistente ao pulgão-da-cana-de-açúcar nos testes em casa de vegetação e em campo. O genótipo PI 55610, resistente aos biótipos B, C e E de *S. graminum*, manteve resistência moderada ao pulgão-da-cana-de-açúcar. Duas linhagens e dois híbridos do programa de melhoramento do Texas A&M B11070, B11070, AB11055-WF1-CS1 / RTx436 e AB11055-WF1-CS1 / RTx437 foram altamente resistentes ao pulgão-da-cana, assim como os tipos parentais SC110, SC170 e linhas da África do Sul Ent62 / SADC, (Macia / TAM428) -LL9, (SV1 * Sima / IS23250) -LG15.

Perales-Rosas et al. (2019) identificaram no México uma menor preferência (antixenose) de *M. sacchari* pelos híbridos Amber, P15 e Milenia, e tolerância foi verificada nos híbridos Âmbares, Cobalto e 85 P 20.

Mosca-do-Sorgo

A espécie *S. sorghicola* compreende pequenas moscas de coloração alaranjada, normalmente observadas ovipositando em flores abertas do sorgo. A mosca-do-sorgo causa danos diretamente nos grãos em formação, e as espiguetas infestadas são totalmente perdidas. As infestações podem chegar a níveis elevados, causando perdas totais nas lavouras de sorgo granífero. Como as larvas se alimentam da cariopse em formação, os danos são vistos somente após a granação, quando é observado um grande número de espiguetas chochas (Santos et al., 2005).

A principal dificuldade para selecionar genótipos de sorgo resistentes está na manipulação da população natural para se fazer a seleção. O que tem sido recomendado, para fazer seleção é o uso de áreas onde a mosca têm ocorrência endêmica. Adicionalmente, podem-se utilizar bordaduras, semeadas cerca de duas semanas antes da instalação dos ensaios ou dos campos de seleção para aumentar a população da mosca no local. Um método eficiente para avaliar a resistência a *S. sorghicola* em laboratório está ilustrado na Figura 12, onde as moscas presentes nas panículas dentro da caixa são atraídas pela luz e capturadas no frasco de vidro, onde podem ser contabilizadas; no entanto, estas panículas infestadas já estavam no campo.

As avaliações das injúrias são feitas quando os grãos estão no estágio leitoso, utilizando uma escala visual de notas variando de 0 (sem danos) a 9 (acima de 90% de grãos chochos), com intervalos de 10% de grãos danificados para cada unidade da escala (Santos et al., 2005).



Fotos: Simone Martins Mendes

Figura 12. Metodologia de avaliação de resistência de sorgo a *Stenodiplosis sorghicola*.

Na Costa do Ouro, na África, a variedade Nunaba foi considerada resistente à mosca, sendo cerca de 10 vezes menos infestadas que as variedades testemunhas (Bowden; Neve 1953). Nos Estados Unidos, em 1962, do total de 216 linhagens após cinco anos de seleção foram obtidas 11 variedades, que se mostraram menos atacadas pela mosca (Wiseman; McMillian, 1968) e foi registrado o genótipo SGIRL MR-1 com resistência moderada a *S. sorghicola* (Wiseman et al., 1973). Na Índia, foi registrada a cultivar DJ 6514 como resistente à mosca. No Brasil, em Campinas-SP, Rossetto e Banzatto (1967) observaram que as variedades AF-28, AF-112 e B. Leoti sofreram muito pouco dano em relação à “A. orange”, AF-37, M.35.1 e AF-114, concluindo que as variedades AF-28 e AF-112 possuem fatores genéticos para a resistência à mosca. No Ceará, avaliando-se coleções

de sorgo provenientes de Camarões, na África, e da Universidade de Purdue, Estados Unidos, para resistência a *S. sorghicola*, foi verificado que 20% dos genótipos da primeira coleção foram menos infestados pela mosca, enquanto na segunda coleção apenas 4,6% deles foram pouco danificados (Santos; Carmo, 1974; Santos et al., 1974). Em Caruaru-PE, Faris et al. (1974) constataram que os genótipos IS-2740, IS-9826, NK 300, AF-112, ICAPAL-1 e a variedade 22078-1 de Purdue (IPA 730040) foram resistentes à mosca-do-sorgo. Os genótipos ICAPAL-1 e AF-112 também se revelaram resistentes em Serra Talhada-PE. Avaliando-se o efeito de local e época de plantio sobre a expressão da resistência em AF-28, constatou-se a densidade de 0,8 a 2,9 fêmeas/panícula neste genótipo, enquanto no híbrido R-1090 a densidade variou de 137 a 252 fêmeas/panícula, respectivamente, em Campinas e Jaboticabal, no estado de São Paulo (Lara et al., 1977). Ainda em Jaboticabal, Busoli e Osuma (1982) constataram alta resistência à mosca no genótipo EA-73, em mesmo nível da apresentada por AF-28 (Santos et al., 2005).

O programa mais intensivo de seleção de sorgo para resistência à mosca foi desenvolvido no Texas. Johnson e Teetes (1979) citam uma lista de 21 fontes e 29 linhagens melhoradas com resistência à mosca. Entre as linhagens, está incluída uma série que inicia em Tx 2754 a Tx 2761, com reação B, e outra iniciando em Tx 2762 a Tx 2780, com reação R, sendo a maioria dessas linhagens derivadas da fonte TAM 2566. Com reação restauradora (R), estão incluídas, ainda, a linhagem TX 2781, derivada da fonte IS 2508C (SC 414), e a linhagem ISR 1, derivada da fonte AF-28. Hoje, em vários países, como Estados Unidos e Índia, estão disponíveis no mercado de sementes híbridos de sorgo resistentes à mosca (Santos et al., 2005).

No Brasil, foi selecionada a variedade IAC 83/75-5-1-6 com resistência múltipla moderada a *S. sorghicola* e pássaros Psittacidae (periquitos e maritacas) e boa resistência ao pulgão *S. graminum*, com razoável produtividade em vários locais do estado de São Paulo. Embora essa variedade apresente também resistência ao acamamento, ela mostrou-se suscetível ao míldio e à antracnose (Rossetto et al., 1993).

Pragas de Grãos Armazenados

Outra linha de pesquisa pouco estudada é sobre os níveis de resistência nos híbridos de sorgo para utilização em estratégias de manejo de pragas durante o armazenamento, como a carunchos, gorgulhos e traças. Pimentel et al. (2018), avaliando diferentes genótipos de sorgo, indicaram os híbridos 1167092, A9735R, Buster e Bravo como os menos suscetíveis às perdas provocadas pelo gorgulho *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1885) (Coleoptera: Curculionidae) em grãos armazenados por um período superior a 70 dias (temperatura média de 23,6 °C e umidade relativa do ar média de 70,8%) (Figura 13). Uma metodologia interessante para avaliação de resistência de grãos armazenados é o índice de suscetibilidade proposta por Penco e Martin (1982), utilizando a fórmula: $IS = (SBL * FDA) / (PDL * AGC)$. Onde: IS = índice de suscetibilidade, SBL = sobrevivência larval, FDA = fecundidade dos adultos, PDL = período de desenvolvimento larval (dias) e AGC = área do grão consumido. Este índice quantifica tanto o estágio de adaptação do inseto ao hospedeiro, quanto a sensibilidade do hospedeiro aos danos causados pela praga.

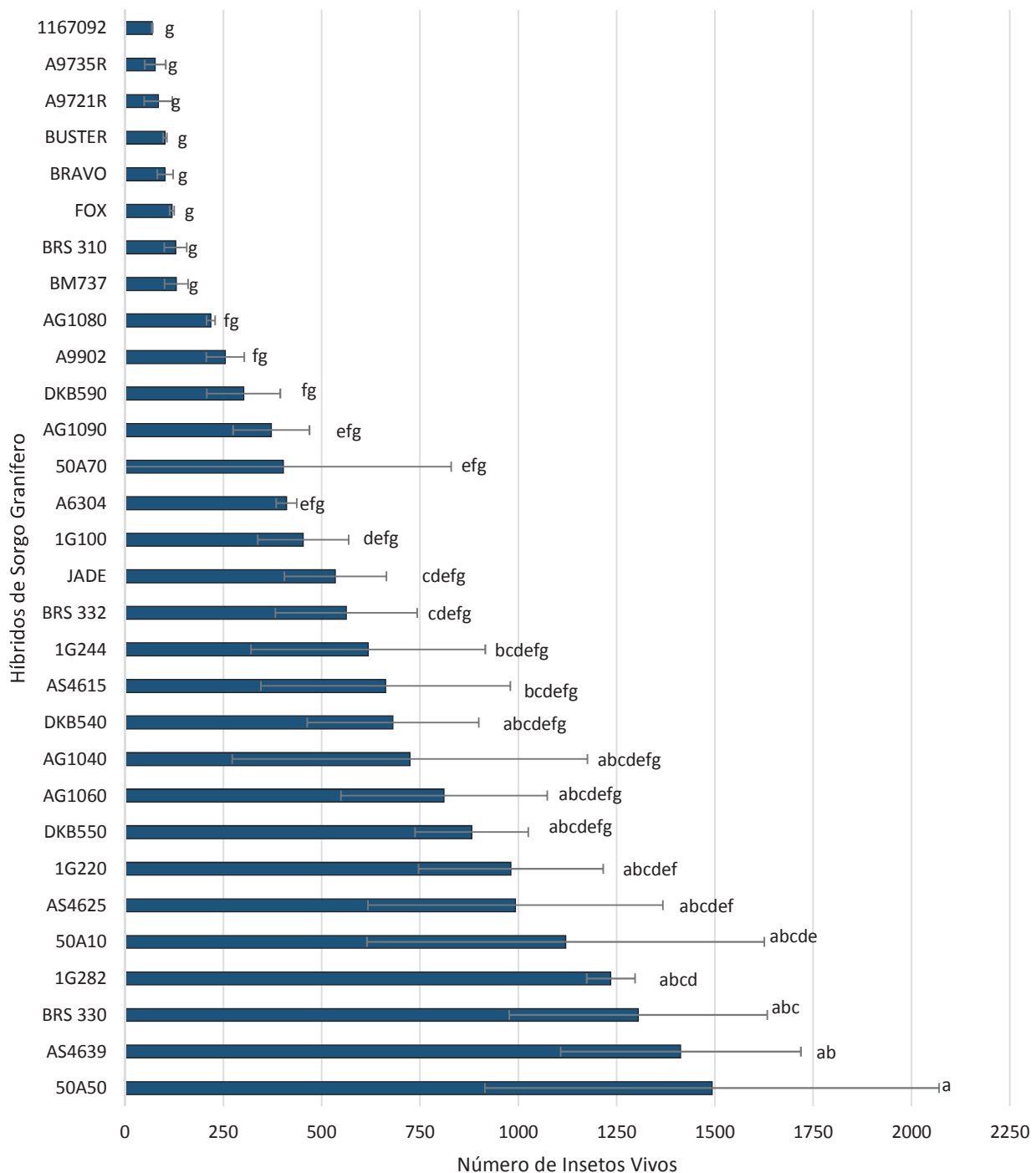


Figura 13. Número de adultos de *Sitophilus zeamais* vivos (\pm EP) em híbridos comerciais de sorgo granífero (Pimentel et al., 2018).

Considerações Finais

Como o ciclo da cultura do sorgo geralmente é muito curto, é recomendado integrar o máximo possível de estratégias de manejo de pragas, intensificando a necessidade de buscar táticas eficientes de manejo, por exemplo, a resistência de plantas (Mendes et al., 2014).

A resistência é específica para aquela espécie-praga. Segundo (Rossetto et al., 1976; Baldin; Bentivenha, 2019), um genótipo pode ser resistente a uma determinada espécie, suscetível ou com resistência moderada a outras. Pode ainda apresentar resultados diferentes dependendo das condições locais como: assincronia fenológica, idade da planta, infestação anterior por outras pragas ou doenças e ainda fatores abióticos com condições atmosféricas, fertilidade do solo, entre outros. Por isso, trabalhar com resistência de plantas como único método de controle é uma tarefa difícil.

Entretanto, há exemplos de grande sucesso, como o caso da *Phylloxera* na videira e da mosca-do-trigo nos Estados Unidos da América. Dependendo do genótipo e da praga envolvida, essa tática de controle pode ser bastante eficiente. Outro exemplo é o uso de genótipos de sorgo resistentes a *S. graminum*, que reduziu muito a utilização de inseticidas e foi eficaz para o controle (Michaud; Sloderbeck, 2005). Mas, normalmente, obtém-se maior eficiência com o uso de variedades resistentes associadas a outros métodos de controle, em um programa de manejo integrado de pragas. Em razão do tempo em que os principais trabalhos foram realizados com resistência de sorgo, isto é, décadas atrás, e principalmente apenas com sorgo granífero, aliado à falta de trabalhos com sorgo de diferentes categorias, deve-se diante das novas técnicas e perspectivas de pesquisa em resistência de plantas a insetos, juntamente com o crescimento da importância do sorgo no país, realizar mais estudos em programas de melhoramento de sorgo, compatibilizando a maior produtividade e a resistência às principais pragas. Um exemplo desse potencial está na resistência do sorgo ao pulgão-da-cana-de-açúcar, que vem causando perdas elevadas no campo, e existe metodologia bem consolidada para seleção de cultivares resistentes.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e à Embrapa Milho e Sorgo pelo suporte na realização da pesquisa.

Referências

AGRAMA, H. A.; WILDE, G. E.; REESE, J. C.; CAMPBELL, L. R.; TUINSTRA, M. R. Genetic mapping of QTLs associated with greenbug resistance and tolerance in *Sorghum bicolor*. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 104, n. 8, p. 1371-1378, 2002.

ARANDA-LARA, U.; LÓPEZ-BENÍTEZ, A.; ANTONIO FLORES-NAVEDA, A.; ZAMORA-VILLA, V. M.; RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L. A.; ROONEY, W. L. Susceptibility of sorghum hybrids to the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari*, in Central Mexico. **BioOne**, v. 44, n. 3, p. 771-774, 2019.

ARAÚJO, O. G.; VILELA, M.; SIMEONE, M. L.; SILVEIRA, L. C. P.; FADINI, M. A. M.; PARRELLA, R. A. C.; MENDES, S. M. Resistance of bioenergy sorghum to *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). **Bioscience Journal**, v. 35, n. 4, p. 1022-1032, 2019.

ARMSTRONG, J. S.; ROONEY, W. L.; PETERSON, G. C.; VILLENUEVA, R. T.; BREWER, M. J.; SEKULA-ORTIZ, D. Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): host range and sorghum resistance including cross-resistance from greenbug sources. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 2, p. 576-582, 2015.

BALDIN, E. L. L.; STAMM, M. D.; BENTIVENHA, J. P. F.; KOCH, K. G.; HENG-MOSS, T. M.; HUNT, T. E. Feeding behavior of *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) on soybeans exhibiting antibiosis, antixenosis, and tolerance resistance. **Bio One**, v. 101, n. 2, p. 223-228, 2018.

BALDIN, E. L. L.; BENTIVENHA, J. P. F. Fatores que afetam a expressão da resistência. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D. LOURENÇÃO, A. L. (ed.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, 2019. p. 323-356.

BALDIN, E. L. L.; PANNUTI, L. E. R.; BENTIVENHA, J. P. F. Antixenose. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D. LOURENÇÃO, A. L. (ed.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, 2019. p. 137-170.

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.; FERNADES, F. L.; CARVALHO FILHO, A.; LOPES, E. A.; AQUINO, L. A. de.; GOD, P. I. V. G.; RUAS, R. A. A.; SOUSA JÚNIOR, J. M. de. (ed.). **Avanços tecnológicos aplicados à pesquisa na produção vegetal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2015. p. 32-72.

BECKER, M. Uma nova espécie de percevejo castanho (Heteróptera: Cydnidae: Scaptocorinae): praga de pastagens do centro-oeste do Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 25, n. 1, p. 95-102, 1996.

BERNARDI, O.; BERNARDI, D.; RIBEIRO, R. S.; OKUMA, D. M.; SALMERON, E.; FATORETTO, J.; MEDEIROS, F. C. L.; BURD, T.; OMOTO, C. Frequency of resistance to Vip3Aa20 toxin from *Bacillus thuringiensis* in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) populations in Brazil. **Crop Protection**, v. 76, p. 7-14, 2015.

BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. **Aphids on the world's crops: an identification and information guide**. New York: Wiley, 1984.

BOIÇA JÚNIOR, A. L.; LARA, F. M. Avaliação da resistência de genótipos de *Sorghum bicolor* (L.) Moench a *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera-Pyralidae) e determinação dos tipos envolvidos. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 12, p. 261-272, 1983.

BORTOLI, S. A.; DÓRIA, H. O. S.; ALBERGARIA, N. M. M. S.; BOTTI, M. V. Biological aspects and damage of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in sorghum, under different doses of nitrogen and potassium. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2005.

BOWDEN, J.; NEVE, R. A. Sorghum midge and resistant varieties in the Gold Coast. **Nature**, v. 172, p. 4377-4551, 1953.

BUSATO, G. R.; GRUTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S. Biologia comparada de populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de milho e arroz. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 5, p. 743-750, 2005a.

BUSATO, G. R.; GRUTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S. Exigências térmicas e estimativa do número de gerações dos biótipos ‘milho’ e ‘arroz’ de *Spodoptera frugiperda*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 329-335, 2005b.

BUSOLI, A. C.; OSUNA, J. A. Resistência de genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] a *Contarinia sorghicola* (Coquillett, 1898) (Diptera: Cecidomyiidae), sob condições de campo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 11, n. 2, p. 169-180, 1982.

CARVALHO, R. P. L. **Danos, flutuação da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e susceptibilidade de diferentes genótipos de milho, em condições de campo**. 1970. 170 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1970.

CHANG, C. P.; FANG, M. N.; TSENG, H. Y. Studies on the life history and varietal resistance in grain sorghum aphid, *Melanaphis sacchari* Zehntner in central Taiwan. **Chinese Journal of Entomology**, v. 2, p. 70-81, 1982.

CHUPIN, L.; RIDDER, D. de; CLÉMENT-VIDAL, A.; SOUTIRAS, A.; GINEAU, E.; MOUILLE, G.; ARNOULT, S.; BRANCOURT-HULMEL, M.; LAPIERRE, C.; POT, D.; VINCENT, L.; MIJA, A.; NAVARD, P. Influence of the radial stem composition on the thermal behaviour of miscanthus and sorghum genotypes. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 167, p. 12-19, 2017.

CORREA-FERREIRA, B. S.; SOSA-GOMEZ, D. R. **Percevejos e o sistema de produção soja-milho**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 98 p. (Embrapa Soja. Documentos, 397).

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

CRUZ, I.; ALVARENGA, C. D.; FIGUEIREDO, P. E. F. Biologia de *Doru luteipes* (Scudder) e sua capacidade predatória de ovos de *Helicoverpa zea* (Boddie). **Anais da sociedade entomológica do Brasil**, v. 24, n. 2, p. 273-278, 1995.

CRUZ, I.; VENDRAMIM, J. D.; OLIVEIRA, A. C. Determinação do Período de Avaliação de não-preferência de sorgo ao pulgão-verde, *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n. 2, p. 299-302, 1998.

DAVIS, F. M.; WILLIAMS, W. P. Methods used to screen maize for resistance and to determine mechanisms of resistance to the Southwestern corn borer and fall armyworm. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON METHODOLOGIES FOR DEVELOPMENT HOST PLANT RESISTANCE TO MAIZE INSECTS. **Toward insect resistance maize for the third world: proceedings...** México: CIMMYT, 1989. p. 101-104.

DEQUECH, S. T. B.; CAMERA, C.; STURZA, V. S.; RIBEIRO, L. P.; QUERINO, R. B.; PONCIO, S. Population fluctuation of *Spodoptera frugiperda* eggs and natural parasitism by *Trichogramma* in maize. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 295-300, 2013.

DOGRAMACI, M.; MAYO, Z. B.; WRIGHT, R. J.; REESE, J. C. Categories of resistance, antibiosis and tolerance, to biotype I greenbug (*Schizaphis graminum* (Rondani) Homoptera: Aphididae) in four sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench. Poales:Gramineae) whybrids. **Journal of the Kansas Entomological society**, v. 80, n. 3, p. 183-191, 2007.

EASTOP, V. F. Notes on east African aphids. VI. Cereal and grass root feeding species. **East African Agricultural Journal**, v. 20, n. 2, p. 209-212, 1954.

EHRlich, P. R.; RAVEN, P. H. Butterflies and plants: a study in coevolution, **Evolution**, v. 18, n. 4, p. 586-608, 1964.

ERB, M. Plant defenses against herbivory: closing the fitness gap. **Trends in Plant Science**, v. 23, n. 3, p. 187-194, 2018.

FARIS, M. A.; VENTURA, C. A.; FERRAZ, L. 1. Competição de híbridos graníferos e forrageiros. 2. Competição de variedades graníferas. 3. Competição de cultivares internacionais de Purdue. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 10, Sete Lagoas, 1974. **Anais...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 1974. p. 157-176.

GATEHOUSE, J. A. Plant resistance towards insect herbivores: a dynamic interaction. **New Phytologist**, v. 156, p. 145-169, 2002.

GONÇALVES, A. L.; NAZARET, A. M. P.; LEITE, N. A.; SANTOS, C. A.; ARAÚJO, O. G.; MENDES, S. M. Adaptação de *Spodoptera frugiperda* O. E Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes genótipos de sorgo sacarino. In: SIMPÓSIO DE ENTOMOLOGIA, 3., 2011, Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011.

HARRIS, M. K. Allopatric resistance: Searching for sources of insect resistance for use in agriculture. **Environmental Entomology**, v. 4, p. 661-669, 1975.

HILL, C. B.; KIM, K.; CRULL, L.; DIERS, B. W.; HARTMAN, G. L. Inheritance of resistance to the soybean aphid in soybean PI 200538. **Crop Science**, v. 49, n. 4, p. 1193-1200, 2009.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; GRAÇA, J. P. O papel dos metabólitos secundários na resistência de plantas a insetos. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D. LOURENÇÃO, A. L. (ed.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, 2019. p. 99-126.

HSIEH, J.; PI, C. P. Genetic study on aphid resistance in sorghum. **Journal Agricultural Association of China**, v. 117, p. 6-14, 1982.

JOHNSON, J. W.; TEETES, G. L. Breeding for arthropod resistance in sorghum. In: HARRIS, M. K. **Biology and breeding for resistance to arthropods and pathogens in agricultural plants**. College Station: Texas Agricultural Experiment Station, 1979.

KOCH, K. G.; DONZE-REINER, T.; HUNT, T. E.; HENG-MOSS, T. M.; BALDIN, E. L. L. Tolerância. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D. LOURENÇÃO, A. L. (ed.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, 2019. p. 225-246.

KNOLHOFF, L. M.; HECKEL, D. G. Behavioral assays for studies of host plant choice and adaptation in herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**, v. 59, p. 263-278, 2013.

KOGAN, M. Plant resistance in pest management. In: METCALF, R. L.; LUCKMANN, W. H. (ed.). **Introduction to insect pest management**. New York: John Wiley & Sons, 1975. p. 103-146.

KOGAN, M.; ORTMAN, E. E. Antixenosis- a new term proposed to replace Painter's "nonpreference" modality of resistance. **Bulletin of Entomological Society of America**, v. 24, p. 175-176, 1978.

KRIMMEL, B.; PEARSE, I. S. Tolerance and phenological avoidance of herbivory in tarweed species. **Ecology**, v. 97, p. 1357-1363, 2016.

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

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

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo: Ícone, 1991. 336 p.

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

LARA, F. M.; ROSSETTO, C. J.; IGUE, T. Resistance of the AF-28 sorghum variety to sorghum midge. **Entomologia and Experimentalis et Applicata**, v. 21, p. 238-242, 1977.

LÓPEZ, J.; PITRE, H. N.; MECKENSTOCK, D. H. Influence of nitrogen fertilizer on resistance to fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in tropical Honduran landrace sorghum. **Ceiba**, v. 41, n. 1, p. 35-39, 2000.

LUCENA, A. I. T. **Comportamento de genótipos de sorgo granífero em relação a *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) e tipos de resistência envolvidos.** 1978. 105 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1978.

MANTHE, C. S. **Sorghum resistance to sugarcane aphid (Homoptera: Aphididae).** 1992. 116 p. Tese (Doutorado) - Texas A&M University, College Station, 1992.

MCMILLIAN, W. W.; STARKS, K. J. Greenhouse and laboratory screening of sorghum lines for resistance to fall armyworm larvae. **Journal of Economic Entomology**, v. 60, p. 1462-1463, 1967.

MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SAMPAIO, M. V.; VIANA, P. A. Manejo de pragas na cultura do sorgo. **Informe Agropecuário**, v. 35, n. 278, p. 89-99, 2014.

MICHAUD, J. P.; SLODERBECK, P. E. **Russian wheat aphid: an introduced pest of small grains in the high plains.** Manhattan: Kansas State University, 2005. 4 p. Disponível em: <<http://www.bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/MF2666.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2020.

MITCHELL, C.; BRENNAN, R. M.; GRAHAM, J.; KARLEY, A. J. Plant defense against herbivorous pests: exploiting resistance and tolerance traits for sustainable. Crop Protection. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, article 1132, 2016.

NAGARAJ, N.; REESE, J. C.; TUINSTRA, M. R.; SMITH, C. M.; AMAND, P. S.; KIRKHAM, M. B.; KOFOID, K. D.; CAMPBELL, L. R.; WILDE, G. E. Molecular mapping of sorghum genes expressing tolerance to damage by greenbug (Homoptera: Aphididae). **Journal of Economic Entomology**, v. 98, p. 595-602, 2005.

NAGOSHI, R. N.; MEAGHER, R. L. Review of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) genetic complexity and migration. **Florida Entomologist**, v. 91, n. 4, p. 546-554, 2008.

PAINTER, R. H. **Insect resistance in crop plants.** New York: McMillan, 1951.

PAUDYAL, S.; ARMSTRONG, J. S.; GILES, K. L.; PAYTON, M. E.; OPIT, G. P.; LIMAJE, A. Categories of resistance to sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae) among sorghum genotypes. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 4, p. 1932-1940, 2019.

PERALES-ROSAS, D.; HERNÁNDEZ-PÉREZ, R.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ANDRADE-RODRÍGUEZ, M.; ALIA-TEJACAL, I. Evaluación de la antibiosis, antixenosis, y tolerancia de *Melanaphis sacchari/sorghii* en híbridos de sorgo. **Bio One**, v. 44, n. 3, p. 763-769, 2019.

PETERSON, R. K. D.; HIGLEY, L. G. Illuminating the black box: the relationship between injury and yield. In: PETERSON, R. K. D.; HIGLEY, L. G. (ed.). **Biotic stress and yield loss**. New York: CRC Press, 2001. p. 1-12.

PETERSON, R. K. D.; VARELLA, A. C.; HIGLEY, L. G. Tolerance: the forgotten child of plant resistance. **PeerJ**, v. 5, e3934, 2017.

PIMENTEL, M. A. G.; MENDES, S. M.; MENEZES, C. B.; OLIVEIRA, I. R.; RAMOS, G. C. P.; FERNANDES, D. K. S. **Escolher o híbrido certo ajuda a controlar o caruncho nos grãos de sorgo?** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 22 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 172).

PENCOE, N. L.; MARTIN, P. B. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larval development and adult fecundity on five grass hosts. **Environmental Entomology**, v. 11, p. 720-724, 1982.

REESE, J. C. Insect dietetics: complexities of plant-insect interactions. In: BHASKARAN, G.; FRIEDMAN, S.; RODRIGUEZ, J. G. (ed.). **Current topics in insects endocrinology and nutrition**. New York: Plenum, 1981. p. 317-335.

ROSSETTO, C. J. **Resistência de plantas a insetos**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1973. 171 p.

ROSSETTO, C. J.; BANZATTO, N. V.; GALLO, P. B.; BORTOLETTO, N.; RIBEIRO, I. J. A.; RAZERA, L. F.; IGUE, T. Melhoramento de sorgo para multiresistência: II. Obtenção de variedade resistente a *Contarinia sorghicola*, *Psittacidae* e *Schizaphis graminum*. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 14, 1993, Piracicaba. **Resumos**. Piracicaba: Sociedade Entomológica do Brasil, 1993. p. 395.

ROSSETTO, C. J.; BANZATTO, N. V.; IGUE, T. Comportamento de variedades de sorgo em relação a *Contarinia sorghicola* e *Rhopalosiphum maidis* em diferentes épocas de plantio. **Bragantia**, v. 35, p. 365-374, 1976.

ROSSETTO, C. J.; BANZATTO, N. V. Resistência de variedades de sorgo a *Contarinia sorghicola* (Coquillett) (Diptera: Cecidomyiidae). In: REUNIÃO LATINOAMERICANA DE FITOTECNIA, 7, 1967, Maracay. **Resumos...** Maracay: [s.n.], 1967. p. 292-293.

SCHOONHOVEN, L. M.; VAN LOON, J. J. A.; DICKE, M. (ed.). **Insect-plant biology**. Oxford: University Press, 2005. 440 p.

SANTOS, F. G.; CASELA, C. R.; WAQUIL, J. M. Melhoramento do sorgo. In: BORÉM, A. (ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p. 605-658.

SANTOS, J. H. R.; CARMO, C. M. Evaluation of resistance to *Contarinia sorghicola* of sorghum lines from Camerron. **Sorghum Newsletter**, v. 17, p. 10-11, 1974.

SANTOS, J. H. R. dos; CARMO, C. M.; LIMA, F. C. B. Evaluation of resistance to *Contarinia sorghicola* by sorghum lines from the Purdue collection, in Ceará, Brazil. **Sorghum Newsletter**, v. 17, p. 12-13, 1974.

SANTOS, L. A. O.; MIHSFELDT, L. H. Capacidade de busca e de parasitismo de *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) em lagartas de *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae). **EntomoBrasilis**, v. 7, n. 2, p. 106-109, 2014.

SANTOS, L. M.; REDAELLI, L. R.; DIEFENBACH, L. M. G.; EFROM, C. f. S. Fertilidade e longevidade de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 345-350, 2004.

SANTOS, T. M.; WAQUIL, J. M.; ANDRADE, R. V. Avaliação do germoplasma de sorgo para resistência à *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). In: EMBRAPA. Centro de

Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1988-1991**. Sete Lagoas, 1992 p. 98-100.

SILVA, D. D.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da; PARREIRA, D. F. Principais doenças do sorgo. **Informe Agropecuário**, v. 35, n. 278, p. 102-111, 2014.

SILVA, F. A. C.; PANIZZI, A. R. Interações inseto-planta. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D. LOURENÇÃO, A. L. (ed.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, 2019. p. 65-89.

SILVA, T. I.; SANTANA, L. D.; CAMARA, F. T.; PINTO, A. A.; BRITO, L. L. M.; MOTA, A. M. D. Produtividade de variedades de sorgo em diferentes arranjos populacionais em primeiro corte e rebrota. **Revista Espacios**, v. 38, n. 27, p. 16-27, 2017.

SINGH, B. U.; PADMAJA, P. G.; SEETHARAMA, N. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. **Crop Protection**, v. 23, p. 739-755, 2004.

SMITH, C. M. **Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches**. Berlin: Springer, 2005. 421 p.

SPEROTTO, R. A.; BUFFON, G.; SCHWAMBACH, J.; RICACHENEVSKY, F. K. Crops responses to mite infestation: It's time to look at plant tolerance to meet the farmers' needs. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, article 556, 2018.

STARK, K. J.; BURTON, R. L. **Greenbugs: determining biotypes, culturing, and screening for plant resistance**. Washington: United States Department of Agriculture, 1977. 17 p. (Technical Bulletin, n. 1556).

STENBERG, J. A.; MUOLA, A. How should plant resistance to herbivores be measured? **Frontiers in Plant Science**, v. 8, article 663, 2017.

STOUT, M. J. Reevaluating the conceptual framework for applied research on host-plant resistance. **Insect Science**, v. 20, n. 3, p. 263-272, 2013.

STOWE, K. A.; MARQUIS, R. J.; HOCHWENDER, C. G.; SIMMS, E. L. The evolutionary ecology of tolerance to consumer damage. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 31, n. 1, p. 565-595, 2000.

TAN, W. Q.; LI, S. M.; GUO, H. P.; GAO, R. P. A study of the inheritance of aphid resistance in sorghum. **Shanxi Agricultural Science**, v. 8, p. 12-14, 1985.

TRUMBLE, J. T.; KOLODNY-HIRSCH, D. M.; TING, I. P. Plant compensation for arthropod herbivory. **Annual Review of Entomology**, v. 38, p. 93-119, 1993.

VAN RENSBURG, N. J. Notes on the occurrence and biology of the sorghum aphid in South Africa. **Journal of the Entomological Society of Southern Africa**, v. 36, p. 293-298, 1973.

VENDRAMIM, J. D.; GUZZO, E. C.; RIBEIRO, L. P. Antibiose. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D. LOURENÇÃO, A. L. (ed.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, 2019. p. 185-214.

VIANA, P. A.; RODRIGUES, J. A. S.; MENDES, S. M. Resistência genética de linhagens de sorgo à *Elasmopalpus lignosellus*. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., Águas de Lindóia, 2012. **Anais...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 1026-1030.

VILELA, M.; SANTOS, A. J. N.; SIMEONE, M. L. F.; PARRELLA, A. C.; SILVA, D. D.; PARREIRA, D. F.; OKUMURA, F.; SCHAFFERT, R. E.; MENDES, S. M. Influence of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) infestation on sweet sorghum productivity and juice quality. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 39, p. 2877-2885, 2017.

WAQUIL, J. M.; LOPES, J. R. S.; MARTINS, J. F. S.; VIANA, P. A.; MALUTA, N. K. P. Técnicas para avaliação de resistência. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D. LOURENÇÃO, A. L. (ed.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, 2019. p. 255-313.

WAQUIL, J.; OLIVEIRA, L. J. **Percevejo barriga-verde: nova prioridade das culturas em sucessão à soja**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

WAQUIL, J. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. G.; FERREIRA, A. S.; VILELLA, F. M. F.; FOSTER, J. E. Resistance of commercial hybrids and lines of sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) Moench., to *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae). **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 4, p. 661-668, 2001.

WAQUIL, J. M.; SANTOS, T. M. Avaliação de cultivares de sorgo em relação à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 18., 1990, Vitória. **Resumos**. Vitória: EMCAPA/EMBRAPA, 1990. p. 88.

WAQUIL, J. M.; SANTOS, J. P.; LORDELO A. I. L.; SCHAFFERT R. E.; SANTOS, F. G.; VENCOVSKY, R.; OLIVEIRA, A. C. Comportamento de cultivares de sorgo sacarino em relação à broca-da-cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (F. 1794) em condições de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 6., 1980, Campinas. **Resumos...** Campinas: SEB/CATI, 1980. p. 151.

WAQUIL, J. M.; TEETES, G. L.; PETERSON, G. C. *Sorghum midge* (Diptera: Cecidomyiidae) adult ovipositional behavior on resistance and susceptible sorghum hybrids. **Journal of Economic Entomology**, v. 79, p. 330-332, 1986.

WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A.; CRUZ, I. **Manejo de pragas na cultura do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003.25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 27).

WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A.; CRUZ, I.; SANTOS, J. P.; J. RODRIGUES, A. S. Avaliação das cultivares de sorgo granífero incluídas no Ensaio Nacional (97/98) para resistência a *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) e *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife. **Globalização e segurança alimentar: anais**. Recife: IPA, 1998.

WHITTAKER, R. H.; FEENY, P. P. Allelochemicals: chemical interactions between species. **Science**, v. 171, n. 3973, p. 757-770, 1971.

WISEMAN, B. R.; MCMILLIAN, W. W. Resistance in sorghum to sorghum midge, *Contarinia sorghicola* (Coquillet) (Diptera:Cecidomyiidae). **Journal of the Entomological Society of Georgia**, v. 3, p. 147-153, 1968.

WISEMAN, B. R.; MCMILLIAN, W. W.; WIDSTROM, N. W. Registration of SGIRI-MR-1 Sorghum germoplasm. **Crop Science**, v. 13, n. 1, p. 398, 1973.

WU, Y.; HUANG, Y. Molecular mapping of QTLs for resistance to the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) in *Sorghum bicolor* (Moench). **Theoretical and Applied Genetics**, v. 117, n. 1, p. 117-124, 2008.

Literatura Recomendada

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: sistema de agrotóxicos fitossanitários. Brasília, DF, c2003. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 23 mar. 2020.

HEIL, M. Herbivore-induced plant volatiles: targets, perception and unanswered questions. **New Phytologist**, v. 204, p. 297-306, 2014.

ROSSETTO, C. J.; IGUE, T. Herança da resistência da variedade de sorgo AF-28 a *Contarinia sorghicola* Coquillet. **Bragantia**, v. 42, n. 19, p. 211-219, 1983.

ROZA-GOMES, M. F.; SALVADORI, J. R.; PEREIRA, P. R. V. S.; PANIZZI, A. R. Injúrias de quatro espécies de percevejos pentatomídeos em plântulas de milho. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1-5, 2011.