

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**INTEGRAÇÃO ENTRE O CONTROLE QUÍMICO
E A RESISTÊNCIA GENÉTICA DO
HOSPEDEIRO VISANDO O MANEJO DE *Zabrotes*
subfasciatus Bohemann (COLEOPTERA:
BRUCHIDAE)**

PATRÍCIA SILVA MELO ARAUJO

PATRÍCIA SILVA MELO ARAUJO

**INTEGRAÇÃO ENTRE O CONTROLE QUÍMICO
E A RESISTÊNCIA GENÉTICA DO
HOSPEDEIRO VISANDO O MANEJO DE *Zabrotes
subfasciatus* Bohemann (COLEOPTERA:
BRUCHIDAE)**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof^a. Dr^a. CRISTINA SCHETINO BASTOS

**Brasília, DF
Julho de 2014**

FICHA CATALOGRÁFICA

ARAUJO, Patrícia Silva Melo.

“INTEGRAÇÃO ENTRE O CONTROLE QUÍMICO E A RESISTÊNCIA GENÉTICA DO HOSPEDEIRO VISANDO O MANEJO DE *Zabrotes subfasciatus* BOHEMANN (COLEOPTERA: BRUCHIDAE)”. Orientação: Cristina Schetino Bastos, Brasília 2014. 52 páginas.

Monografia de Graduação (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2014.

1. *Zabrotes subfasciatus*, antibiose, antixenose, resistência de plantas, nim.

I. Bastos, C.S. II. Dra.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAUJO, P.S.M. Integração entre o controle químico e a resistência genética do hospedeiro visando o manejo de *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae). Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2014, 52 páginas. Monografia.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: PATRÍCIA SILVA MELO ARAUJO

Título da Monografia de Conclusão de Curso: Integração entre o controle químico e a resistência genética do hospedeiro visando o manejo de *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae).

Grau: 3º **Ano:** 2014

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

PATRÍCIA SILVA MELO ARAUJO

**INTEGRAÇÃO ENTRE O CONTROLE QUÍMICO
E A RESISTÊNCIA GENÉTICA DO
HOSPEDEIRO VISANDO O MANEJO DE *Zabrotes
subfasciatus* BOHEMANN (COLEOPTERA:
BRUCHIDAE).**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr^a. CRISTINA SCHETINO BASTOS

BANCA EXAMINADORA:

Cristina Schetino Bastos
Doutora, Universidade de Brasília – UnB
Orientador / email: cschetino@unb.br

Ernandes Rodrigues de Alencar
Doutor, Universidade de Brasília - UnB
Examinador / email: ernandesalencar@unb.br

Fábio Akiyoshi Suinaga
Doutor, Embrapa Hortaliças
Examinador / email: fabio.suinaga@embrapa.br

*Dedico este trabalho a toda minha família,
minha razão de viver, e ao meu namorado,
meu anjo da guarda.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me iluminado nessa caminhada e ter me abençoado para escolher essa belíssima profissão;

A meus avôs, Chapéu e Vicente, e avós, Dite e Vitória, pelo exemplo de vida;

A meus pais, Maria Aparecida e Uilson, pelo amor e dedicação de toda vida, sem eles eu não teria chegado até aqui;

A minha madrinha, Má, pelo companheirismo;

A meu namorado, Franque, pela força, ajuda e apoio;

À professora Cristina pelos conselhos e ensinamentos;

Aos professores da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária-UnB, pelo conhecimento transmitido e;

À equipe do laboratório de Proteção de Plantas, Tamiris, Yann, Carlos, Erich, Paulo Henrique, Wolney, Wesley, Fernando, Lara, Antônio e Arthur, pelo trabalho em grupo.

ARAÚJO, PATRÍCIA SILVA MELO. **Integração entre o controle químico e a resistência genética do hospedeiro visando o manejo de *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae)**. 2014. Monografia (Bacharelado em Agronomia). Universidade de Brasília – UnB.

RESUMO

Os feijões são importantes leguminosas na alimentação humana e, entre os fatores que causam perdas a essas espécies, têm-se as pragas de grãos armazenados incluindo o caruncho do feijão *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae). O objetivo desse trabalho foi avaliar genótipos de feijoeiro e fava com resistência por antixenose e antibiose a *Z. subfasciatus* e testar se a integração com o controle químico, reduz o ataque da praga. Para o ensaio de antixenose, as variedades foram arranjadas em arenas no interior de uma gaiola, liberando-se 60 adultos de *Z. subfasciatus*. Foram testadas seis variedades em ensaios preliminares e cinco nos três ensaios subsequentes (três/bioensaio). Os grãos dos ensaios subsequentes foram tratados com formulação a base de nim a 10% (v/v) e água como testemunha. Para o ensaio de antibiose, amostras de 20 gramas dos genótipos receberam cinco adultos de *Z. subfasciatus* não sexados e após sete dias os adultos foram eliminados. A partir da emergência dos primeiros adultos, diariamente, realizou-se a contabilização e pesagem dos adultos até 20 dias após a emergência inicial. A mesma metodologia foi empregada no ensaio com tratamentos com água, nim (10% v/v) e deltametrina (3 mL para 30 mL de Decis 25 CE). Foram testados oito genótipos no ensaio preliminar de antibiose, sendo selecionados cinco para o ensaio subsequente. Os dados obtidos foram analisados por ANOVA com medidas repetidas e ANOVA, seguida de comparação de médias pelo teste de Tukey a $p < 0,05$. Avaliou-se ainda a densidade dos grãos e a cor utilizando um colorímetro Minolta CR-200, sendo usados em análise de correlação com o número de ovos, número e peso dos adultos emergidos dos ensaios de antibiose e com a densidade de adultos vivos nos ensaios de antixenose, respectivamente. No ensaio preliminar de antixenose, não houve diferença entre os genótipos testados. Apesar disso, o feijão-caupi ($0,85 \pm 0,04$ adultos) e o feijão corda sempre verde ($0,94 \pm 0,05$ adultos) tiveram baixas densidades de *Z. subfasciatus* por amostra de 20 g de grãos e o feijão preto ($1,12 \pm 0,18$ adultos), o vinagre ($1,07 \pm 0,07$ adultos) e a fava branca ($1,06 \pm 0,07$ adultos)

apresentaram maiores densidades; nos ensaios subsequentes, o tratamento com nim reduziu a preferência do inseto pelas variedades tratadas. Houve diferença na resistência por antibiose entre os genótipos, com o feijão mulatinho se comportando como o mais suscetível, e a fava rajada como o menos suscetível. Nestes ensaios, o tratamento com nim reduziu o ataque de *Z. subfasciatus* de maneira semelhante ao tratamento com a deltametrina. Para o ensaio de antibiose, não foi verificada relação de causa-efeito entre a densidade dos grãos e o número de ovos, a densidade e o peso dos adultos emergidos. Houve correlação significativa e negativa entre a luminosidade (-0,41; $p = 0,041$) e a tonalidade da cor (-0,44; $p = 0,028$) e a densidade de adultos de *Z. subfasciatus* nos ensaios de antixenose.

Palavras-chave: *Zabrotes subfasciatus*, antibiose, antixenose, resistência de plantas, nim.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Arena usada nos ensaios de antixenose contendo 30 orifícios destinados a acomodar recipientes de plástico de 50 mL de capacidade com 20 g de grãos dos genótipos sob teste..... 28
- Figura 2. Densidade média de *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) \pm erro padrão da média (EPM) por amostra de 20 g de grãos de diferentes genótipos de feijoeiro. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste F a $p < 0,05$. Dados transformados para $\sqrt{x+0,5}$ 32
- Figura 3. Densidade de adultos de *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) \pm erro padrão da média (EPM) em testes de não preferência em função: (A) dos genótipos feijão preto, feijão caupi e fava branca (amostras de 20 gramas) em diferentes tempos de avaliação (bioensaio 1); (B) dos tratamentos utilizados nos grãos dos genótipos feijão preto, feijão caupi e vinagre (bioensaio 2); (C) dos tratamentos utilizados nos grãos dos genótipos feijão preto, feijão caupi e corda sempre verde em diferentes tempos de avaliação (bioensaio 3). Médias seguidas pela mesma letra dentro de um determinado tempo de avaliação (A e C) ou entre tratamentos (B) não diferem entre si pelo teste Tukey e teste F a $p < 0,05$. Dados transformados para $\sqrt{x} \times 0,5$ 35
- Figura 4. Densidade de ovos \pm erro padrão da média (EPM) (A) número de adultos emergidos \pm EPM (B) e peso médio dos adultos de *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) emergidos \pm EPM (C) de acordo com os genótipos de feijoeiro testados: Feijão Preto (Pr); Mulatinho (Mt); Carnaval (Cn); Caupi (Ca); Vinagre (Vn); Fava Rajada (FR); Fava Branca (FB); Fava Amarela (FA). Médias, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ 38
- Figura 5. Densidade média de adultos de *Zabrotes sufasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) emergidos \pm erro padrão da média (EPM) em diferentes genótipos de feijoeiro. Médias, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ 41
- Figura 6. Peso de adultos de *Zabrotes sufasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) (gramas) emergidos \pm erro padrão da média (EPM) de diferentes genótipos de feijoeiro. Médias, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ 42
- Figura 7. Densidade média de adultos de *Zabrotes sufasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) emergidos \pm erro padrão da média (EPM) de grãos de feijão e fava tratados

com água, deltametrina e nim. Médias, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a $p < 0,05$	43
Figura 8. Peso de adultos de <i>Zabrotes sufasciatus</i> Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) emergidos \pm erro padrão da média (EPM) de grãos tratados com água, deltametrina e nim. Médias, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a $p < 0,05$	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Nomes comum e científico de oito genótipos de feijoeiro utilizados nos ensaios de antibiose e antixenose a <i>Zabrotes subfasciatus</i> (Coleoptera: Bruchidae). Brasília, DF. 2012/2013.	25
Tabela 2. Média \pm erro padrão da média (EPM) do número de ovos de <i>Zabrotes subfasciatus</i> Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) em ensaio de antibiose depositados em cada genótipo de feijoeiro submetido aos tratamentos contendo água, deltametrina e nim. Brasília, DF. 2012/2013.	40
Tabela 3. Correlação entre a densidade de adultos de <i>Zabrotes subfasciatus</i> Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) vivos em amostras de diferentes genótipos de feijão (preto, vinagre, fradinho, fava branca, fava amarela e corda sempre verde) em função das características de coloração dos genótipos testados em testes de livre escolha.	45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1. O Feijão comum, o feijão de corda e a fava.....	16
2.2. O armazenamento do feijoeiro.....	16
2.3. Insetos-praga dos produtos armazenados.....	17
2.3.1. Pragas primárias.....	17
2.3.1.1. Pragas primárias internas.....	18
2.3.1.2. Pragas primárias externas.....	18
2.3.2. Pragas secundárias.....	18
2.3.3. Pragas associadas.....	18
2.4. Ordem Coleoptera e os produtos armazenados.....	18
2.4.1. Família Bruchidae.....	19
2.5. A praga: <i>Zabrotes subfasciatus</i> Bohemann (Coleoptera: Bruchidae).....	19
2.5.1. Descrição e biologia.....	19
2.5.2. Prejuízos.....	20
2.6. Medidas de controle da praga.....	20
2.6.1. Controle por Resistência de Plantas.....	21
2.6.1.1. Antibiose.....	22
2.6.1.2. Não-preferência.....	22
2.6.1.3. Tolerância.....	23
2.6.2. Inseticidas Botânicos.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1. Obtenção e catalogação dos materiais (genótipos) testados.....	25
3.2. Condução das criações de <i>Z. subfasciatus</i>	27
3.3. Condução dos bioensaios.....	27
3.3.1. Resistência por antixenose.....	27
3.3.2. Resistência por antibiose.....	29
3.4. Determinação da densidade dos grãos.....	29
3.5. Intensidade da cor dos grãos.....	30
3.6. Análises estatísticas.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32

4.1. Ensaio preliminar para resistência por antixenose	32
4.2. Bioensaio para avaliação da resistência por antixenose associada ao controle químico com inseticida botânico	33
4.3. Ensaio preliminar para resistência por antibiose.....	36
4.4. Bioensaio para avaliação da resistência por antibiose em associação com o controle químico.....	39
4.5. Influência das características físicas dos grãos nas variáveis analisadas para o ensaio preliminar de antixenose e de antibiose	44
5. CONCLUSÕES.....	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1. INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* Bohemann) e outras leguminosas constituem-se as principais fontes de proteína vegetal utilizadas na alimentação humana, nas regiões tropicais e subtropicais, sendo o feijão a espécie mais utilizada no consumo humano no Brasil (Vieira, 1992).

Para que seja possível a oferta constante de produtos no mercado e o controle dos preços, faz-se necessário o armazenamento dos grãos. A causa mais frequente de perdas no armazenamento é o ataque de insetos, fungos e roedores (Bragantini, 2005). Neste sentido, um dos principais insetos-praga com grande capacidade de causar perdas aos grãos de leguminosas armazenados é o caruncho *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae), que se constitui em praga primária (capaz de romper os grãos intactos), além de poder infestar os grãos tanto no campo quanto nos armazéns (Pacheco e De Paula, 1995).

O controle deste caruncho é baseado no uso de inseticidas fumigantes (fosfeto de alumínio e magnésio) e de produtos de contato (deltametrina) que, juntos, compõem todas as moléculas registradas para esse fim no Brasil (Agrofit, 2014). O controle de *Z. subfasciatus* proporcionado pelo uso de inseticidas é satisfatório. Entretanto, sua adoção é limitada pelo elevado custo dos produtos e por problemas decorrentes da toxicidade a mamíferos (Gutierrez e Schoonhoven, 1981). Para minimizar estes problemas, métodos alternativos de controle podem ser empregados incluindo os inseticidas botânicos e as cultivares com reconhecida resistência ao inseto (Vendramim e Thomazini, 2001).

Entre os extratos vegetais ou formulações com reconhecida atividade inseticida, tem-se a azadiractina, toxina natural derivada do nim (*Azadirachta indica* A. Juss), Meliaceae, que vem sendo considerada como inseticida botânico por seu potencial de inibir o crescimento, alimentação e desenvolvimento de insetos-praga (Mordue et al., 2010). Os extratos ou formulações derivados do nim podem ser uma boa alternativa tendo em vista que há formulações comerciais registradas para o controle de insetos-praga da alface, café, citros, coco, crisântemo, feijão, fumo, mamão, melão, milho, morango, pimentão, repolho e tomate no Brasil (Agrofit, 2014).

Outra alternativa para reduzir os problemas decorrentes do ataque de insetos-praga, a exemplo de *Z. subfasciatus*, é o uso de variedades resistentes. Essa solução possui muitas vantagens, dentre as quais: o custo do controle já está incorporado no custo da semente, redução no consumo de inseticidas e seus resíduos, maiores retornos

líquidos por investimento realizado e efeitos sinérgicos com outras táticas tradicionais do manejo de pragas (Smith, 2005).

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi selecionar genótipos de feijoeiro que apresentassem resistência por antibiose ou antixenose à *Z. subfasciatus* e testar se a adição do óleo de nim poderia atuar sinergicamente com a resistência do hospedeiro, aumentando o efeito de controle e reduzindo o ataque da praga.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O Feijão comum, o feijão de corda e a fava

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* Linnaeus, Fabaceae), o feijão de corda (*Vigna unguiculata* Linnaeus, Fabaceae) e a fava (*Vicia faba* (Linnaeus) Walp, Fabaceae) constituem-se em importantes fontes proteicas na dieta de grande parcela da população brasileira (Antunes et al., 1995), sobretudo para a população de baixa renda, fornecendo, ainda, ferro, carboidratos e fibras (Lima et al., 2003). O Brasil apresentou produção de 2.806,3 toneladas na safra 2012/2013 (CONAB, 2014), sendo considerado o segundo maior produtor mundial de feijoeiro comum, ficando atrás apenas da Índia (FAO, 2014).

A fava, por sua vez, é uma das principais leguminosas cultivadas na região tropical e apresenta potencial para fornecer proteína vegetal à população, diminuindo a dependência quase exclusiva dos feijões do grupo carioca (Vieira, 1992). Acredita-se que as principais razões para o cultivo relativamente limitado da fava sejam a tradição do consumo de feijão-comum, o sabor e o tempo de cocção mais longo (Lymman, 1983).

O feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão-fradinho é uma leguminosa bastante cultivada nos trópicos semiáridos da África, Brasil e Estados Unidos. No Brasil, a cultura tem grande importância nas regiões Norte e Nordeste, que têm tradição em seu cultivo, comércio e consumo. Apesar desse fato, apresenta crescente avanço em seu cultivo na região Centro-Oeste (Rocha et al., 2009).

2.2. O armazenamento do feijoeiro

O consumo alimentar médio, *per capita*, de feijão no Brasil é de 160,62 g/dia (IBGE, 2008/2009). É necessário o armazenamento para que este produto esteja disponível ao consumidor durante o ano todo, para evitar a escassez na entressafra e para diminuir a oscilação de preços no mercado (Brackmann et al., 2002). Alguns dos problemas decorrentes de uma armazenagem inadequada de grãos são as perdas ocasionadas pelo ataque de pragas em armazéns, a presença de fragmentos de insetos ou

os subprodutos de sua ocorrência em alimentos, a deterioração da massa de grãos, a contaminação fúngica, a predisposição à incidência de micotoxinas, dentre outros, com conseqüentes desdobramentos sobre a saúde humana e animal e dificuldade de comercialização desses produtos no mercado interno e externo (Mori e Lorini 2007).

2.3. Insetos-praga dos produtos armazenados

Entre os insetos comumente encontrados em grãos armazenados, os pertencentes às ordens Coleoptera e Lepidoptera fazem parte dos grupos de maior importância como pragas. Esses insetos apresentam características próprias, que explicam sua grande capacidade de infestação e proliferação incluindo o elevado potencial biótico, a capacidade de causar infestação cruzada e a polifagia (Pacheco e Paula, 1995).

Pragas que infestam os produtos armazenados são capazes de causar tanto perdas quantitativas quanto perdas qualitativas. As primeiras são caracterizadas pela perda de peso em decorrência das galerias abertas nos grãos para alimentação. Já as perdas qualitativas são atribuídas às alterações na qualidade do produto por diminuição do valor nutritivo, desvalorização comercial e diminuição do grau de higiene, devido a presença de excrementos e ovos de insetos (Pacheco e Paula, 1995).

Segundo Pacheco e Paula (1995) esses insetos podem ser classificados, segundo seus hábitos alimentares, em três grandes grupos: pragas primárias, pragas secundárias e pragas associadas. As pragas primárias são subdivididas ainda em pragas primárias internas e externas.

2.3.1. Pragas primárias

De acordo com Pacheco e Paula (1995) são consideradas pragas primárias aquelas capazes de atacar grãos íntegros e sadios. Essa categoria pode ser subdividida em:

2.3.1.1. Pragas primárias internas

São insetos dotados de mandíbulas desenvolvidas, com as quais rompem o tegumento e penetram nos grãos, alimentando-se apenas de seu conteúdo interno. Completam seu ciclo de vida no interior dos grãos, sendo consideradas como as mais prejudiciais, pois, além de seus danos, abrem caminho para o ataque de outros insetos.

2.3.1.2. Pragas primárias externas

São insetos que se alimentam da parte externa dos grãos, embora possam, após a destruição da camada externa, atacar a parte interna. Além de seus prejuízos também favorecem o ataque das pragas que são incapazes de romper o tegumento dos grãos.

2.3.2. Pragas secundárias

São aquelas que não conseguem atacar os grãos íntegros, alimentando-se de grãos previamente danificados pelas pragas primárias, acidentalmente quebrados ou trincados, com defeitos na casca ou que apresentam infecção fúngica.

2.3.3. Pragas associadas

São aquelas que não atacam os grãos, alimentando-se apenas dos detritos e de fungos. Constituem-se em exemplo dessa categoria os parasitóides, predadores e ácaros cuja presença afeta a qualidade e o aspecto do produto.

2.4. Ordem Coleoptera e os produtos armazenados

Mais de 600 espécies de insetos pertencentes à ordem Coleoptera já foram encontradas associadas a produtos armazenados em várias partes do mundo e, entre elas, encontra-se a maioria das principais pragas desses produtos. No entanto, muitas espécies encontradas nos armazéns e silos não atacam os produtos armazenados aos quais se encontram associadas. Alguns se alimentam de esporos e hifas de fungos, outros são predadores (Mound, 1989).

A maior parte do dano aos produtos armazenados é geralmente causada pelas larvas dessa ordem. Em certas espécies, os adultos têm uma alimentação diferenciada e, em outras, eles não se alimentam (Mound, 1989).

2.4.1. Família Bruchidae

Muitas espécies pertencentes à família Bruchidae depositam seus ovos nas vagens e nos grãos em desenvolvimento no campo e, quando os grãos são colhidos e transportados para o local onde serão armazenados, antes que o ciclo da praga se complete, não desenvolvem gerações subseqüentes nos grãos armazenados. Outras espécies, no entanto, fazem a postura nos grãos e nas vagens maduros ou quase maduros e são capazes de se desenvolver durante o armazenamento, danificando os grãos (Howe e Currie, 1964).

Os insetos da família Bruchidae atacam principalmente grãos de Fabaceae (leguminosas), sendo os principais representantes de importância como pragas dos grãos armazenados os carunchos *Z. subfasciatus*, *Acanthoscelides obtectus* Say, *Callosobruchus maculatus* Fabricius e *Callosobruchus phaseoli* Gyllenhal (Pacheco e Paula, 1995).

A injúria causada por essas espécies é semelhante, pois todas elas desenvolvem-se no interior dos grãos, podendo ser encontrados vários indivíduos em um único grão (Ware, 1988).

2.5. A praga: *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae)

2.5.1. Descrição e biologia

A origem de *Z. subfasciatus* é atribuída ao novo mundo, sendo particularmente importante nas Américas Central e do Sul. É encontrado também em muitas outras regiões tropicais e subtropicais, especialmente na África central e no leste da África, em Madagascar, no Mediterrâneo e na Índia (Dobie et al., 1984).

Esses insetos, classificados como pragas primárias internas, possuem de 1,8 a 2,5 mm de comprimento. As fêmeas são maiores do que os machos e apresentam quatro manchas brancas no pronoto (Pacheco e Paula, 1995). As condições ideais para seu

desenvolvimento são 32,5°C e 70% de UR, sendo o ciclo médio em *P. vulgaris*, nessas condições, de 24,5 dias (Howe e Currie, 1964).

Os ovos são brancos e ficam aderidos aos grãos por um líquido pegajoso secretado pela fêmea no momento da postura. As larvas são do tipo curculioniforme e, assim que emergem, penetram no interior dos grãos, onde passam todo o seu desenvolvimento. Quando atingem o desenvolvimento completo, constroem um orifício de saída para o adulto antes de entrar na fase de pupa. As pupas são branco-leitosas com cerca de 3 mm de comprimento (Pacheco e Paula, 1995).

2.5.2. Prejuízos

Trata-se de uma praga cosmopolita, que causa grandes prejuízos ao feijão armazenado, pois ataca os cotilédones, onde abre galerias, podendo destruí-los completamente. Além disso, a presença de ovos nos grãos, de galerias feitas pelas larvas, dos orifícios de emergência dos adultos, de insetos mortos e de dejetos afeta a qualidade visual e física (culinária) do produto destinado ao consumo. Os grãos destinados à semeadura também são prejudicados, visto que o embrião é destruído (Pacheco e Paula, 1995).

2.6. Medidas de controle da praga

O conhecimento do hábito alimentar de cada praga constitui-se em elemento importante para definir o manejo a ser implementado durante o período de armazenamento (Lorini et al., 2010). Dados referentes à biologia do inseto também são fundamentais para o desenvolvimento e a adoção de técnicas de controle de pragas. É também inquestionável a importância da identificação prévia da espécie para a realização de pesquisas entomológicas básicas, bem como para o acesso às informações existentes na literatura (Pacheco e Paula, 1995).

Atualmente, a principal medida empregada para o manejo de *Z. subfasciatus* é o controle químico via fumigação ou por tratamento de grãos e sementes com produtos de contato (Agrofit, 2014).

A fumigação ou expurgo é uma técnica empregada para eliminar qualquer infestação de pragas em sementes armazenadas mediante uso de gás. Nessa operação, é empregado um produto químico conhecido como fumigante que, nesse caso, trata-se da

fosfina (Lorini et al., 2008; Lorini et al., 2010). A fosfina é encontrada no mercado em formulações a base de fosfeto de alumínio (Fertox ou Phostoxin) ou fosfeto de magnésio (Fermag) (Agrofit, 2014).

No caso dos produtos de contato, apenas a deltametrina (K-Obiol 2P) está registrada para o manejo da praga infestando o feijoeiro em uma formulação de pronto uso que deve ser empregada para tratamento de grãos e sementes a granel (Agrofit, 2014).

Desta forma, fica evidente o quão frágil se torna o manejo dessas pragas estabelecido exclusivamente com base no controle químico com inseticidas sintéticos. Além disso, as chances de evolução de resistência são aumentadas e podem inviabilizar o uso dessas moléculas (Lorini, 2012). Adicionalmente, o emprego inadequado do controle químico, com conseqüente redução na eficiência de controle obtida, pode favorecer o aumento na frequência e nas doses aplicadas resultando na elevação dos custos com tratamentos e no aumento na quantidade de resíduos no produto final (Pacheco e Paula, 1995).

De todo modo, mesmo em situações onde as opções de manejo sejam restritas, como é o caso das pragas de grão armazenados, ainda existe a chance de que as medidas disponíveis sejam empregadas a fim de se obter o máximo benefício de sua adoção. Nesse aspecto, a filosofia preconizada pelo manejo integrado de pragas prevê a adoção de múltiplas táticas (medidas de controle), de maneira integrada e de tal forma a manter as densidades populacionais das pragas abaixo do nível de dano econômico e a contribuir para a conservação da qualidade ambiental (Pedigo, 2002).

Em face do citado, a integração de diferentes métodos de controle torna-se essencial à convivência com as pragas de grãos armazenados. Dentre as opções disponíveis a resistência do hospedeiro e a prospecção de moléculas inseticidas de natureza botânica ou biológica podem se constituir em alternativas viáveis.

2.6.1. Controle por Resistência de Plantas

Plantas resistentes podem ser consideradas como aquelas em que a soma das qualidades constitutivas e geneticamente herdáveis fazem com que elas se tornem menos danificadas que outras (suscetíveis) que não possuem tais características. Desta forma, a resistência de plantas deve ser sempre estimada em uma escala relativa, isto é, o grau de resistência deve ser estabelecido com base na comparação entre as plantas

com certo grau de resistência e as plantas suscetíveis que são mais severamente danificadas ou não sobrevivem em condições experimentais similares (Smith, 2005).

O uso de plantas resistentes no manejo de pragas apresenta numerosas vantagens incluindo o baixo custo, a facilidade de utilização, a ausência de contaminantes ambientais e da contaminação dos grãos com resíduos de produtos empregados no manejo da praga e a compatibilidade com outras técnicas de controle (Lara, 1991). Além disso, a utilização de plantas resistentes a insetos pode permitir que os mesmos se tornem mais vulneráveis à ação de outros agentes, dentre os quais, os inseticidas botânicos ou sintéticos (Vendramim e Thomazini, 2001).

De acordo com Smith (2005) existem três categorias de resistência antibiose, não-preferência e tolerância, descritas a seguir, além da resistência induzida e da pseudo-resistência que não serão abordadas aqui por estarem associadas à ativação de respostas de defesa mediante produção de elicitadores no caso da primeira e por situações ambientais ou características fenológicas que tornem plantas suscetíveis resistentes no caso da segunda.

2.6.1.1. Antibiose

Este tipo de resistência ocorre quando o inseto se alimenta normalmente da planta e essa exerce um efeito adverso sobre sua biologia. Os efeitos antibióticos de uma planta resistente podem variar de medianos a letais em resposta às características químicas e morfológicas de defesa dessa planta. Os efeitos letais podem ser agudos e tais efeitos normalmente afetam larvas jovens e ovos, resultando em mortalidade. Os efeitos crônicos também podem levar à mortalidade. Entretanto, nesse caso, serão constatados nas larvas mais velhas e em pré-pupas que não conseguem se transformar em pupas ou em adultos que não emergem. Pode-se observar ainda, entre os indivíduos sobreviventes dos efeitos antibióticos de uma dada variedade, efeitos debilitantes que incluem baixo tamanho e peso corporal, períodos, estádios e estágios de desenvolvimento prolongados e fecundidade reduzida (Smith, 2005), tornando tais indivíduos mais suscetíveis à mortalidade imposta por outros métodos de controle.

2.6.1.2. Não-preferência

A categoria não-preferência, também chamada de antixenose, e ocorre quando a cultivar é menos utilizada pelo inseto para alimentação, oviposição ou abrigo que outras

cultivares em igualdade de condições, ou seja, ela provoca uma resposta negativa no inseto durante o processo de seleção e aceitação do hospedeiro. As características das plantas que fazem com que elas sejam menos utilizadas do que outras podem ser de natureza química, morfológica ou física e incluir a presença de barreiras físicas tais como camadas epidérmicas mais grossas, deposição de ceras nas folhas, presença de tricomas, ausência de fitoquímicos estimulantes de alimentação ou oviposição, presença de compostos deterrentes de alimentação ou de compostos tóxicos que alteram a digestão, dentre outros (Smith, 2005).

2.6.1.3. Tolerância

Ocorre quando uma cultivar é menos danificada que as demais, sob um mesmo nível de infestação do inseto, sem que haja efeito no comportamento ou biologia deste. Isso ocorre porque algumas cultivares apresentam maior capacidade de tolerar o ataque da praga, o que leva a uma menor redução na quantidade e qualidade de sua produção. As plantas tolerantes normalmente são possuidoras de uma ou mais características que incluem maior capacidade de compensar a área destruída por meio de crescimento ou regeneração de outros tecidos, maior vigor ou maior área foliar, incremento na fotossíntese e no número ou peso de estruturas reprodutivas, dentre outras (Smith, 2005).

2.6.2. Inseticidas Botânicos

Algumas plantas, ao longo de sua evolução, desenvolveram sua própria defesa química contra os insetos herbívoros, sintetizando metabólitos secundários com propriedades inseticidas, isto é, com atividade tóxica contra insetos, ou mesmo repelência a eles. Os inseticidas botânicos são produtos derivados dessas plantas ou partes das mesmas, podendo ser o próprio material vegetal, normalmente moído até ser reduzido a pó ou seus produtos derivados, obtidos por extração aquosa ou com solventes orgânicos, como por exemplo o álcool (Wiesbrook, 2004).

De acordo com Poncio (2010) a mortalidade de insetos é apenas uma das consequências do uso de produtos vegetais com atividade inseticida, que podem apresentar ainda os seguintes efeitos sobre os insetos: repelência, inibição da oviposição, inibição da alimentação, inibição do crescimento, alterações do sistema

hormonal, alterações morfogênicas, alterações no comportamento sexual e esterilização de adultos.

Entre as plantas com propriedades inseticidas, cita-se o nim, *A. indica*. Essa planta de origem asiática é considerada a planta inseticida mais importante do mundo. O nim apresenta uma série de compostos com ação inseticida, entre os quais a azadiractina é a que ocorre em maior proporção e que apresenta maior atividade tóxica contra insetos. Esse composto é encontrado em vários órgãos da planta, em especial nas sementes de onde se extrai o óleo que é utilizado em formulações inseticidas (misturado com emulsificante) ou na forma de extratos aquosos ou orgânicos, constituindo formulações comerciais ou semicomerciais. As principais vantagens do nim em relação a outras plantas inseticidas são a atividade sistêmica, eficiência em baixas concentrações, baixa toxicidade a mamíferos e menor probabilidade de desenvolvimento de resistência devido à atuação em locais variados do organismo do inseto (Brunherotto e Vendramim, 2001).



Atualmente, já existe produto comercial a base de nim registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o AzaMax registrado para o controle de pragas do alface, algodão, café, citros, coco, crisântemo, feijão, fumo, mamão, melão, milho, morango, pimentão, repolho, soja, tomate e uva (Agrofit, 2014). Todavia, não existem informações sobre sua eficiência de controle de pragas de grãos armazenados, a exemplo de *Z. subfasciatus*.






3. MATERIAL E MÉTODOS



3.1. Obtenção e catalogação dos materiais (genótipos) testados

Os genótipos testados (Tabela 1) foram adquiridos em mercados populares e supermercados do Distrito Federal, DF. Os grãos de cada material foram descritos morfológicamente, de acordo com a metodologia adaptada de Silva (2005), quanto à: 1) cor do tegumento; 2) cor do hilo; 3) relação comprimento x largura; 4) diâmetro mensurado com paquímetro; 5) peso de 100 sementes; 6) formato do grão. A fim de que os materiais se mantivessem livres da infestação por pragas, eles foram mantidos em freezer.

Tabela 1. Nomes comum e científico de oito genótipos de feijoeiro utilizados nos ensaios de antibiose e antixenose a *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae). Brasília, DF. 2012/2013.

Nome comum	Nome científico	Morfologia
1. Carnaval	<i>Phaseolus vulgaris</i>	
2. Fava amarela	<i>Vicia faba</i>	

Nome comum	Nome científico	Morfologia
3. Fava branca	<i>Vicia faba</i>	
4. Fava Rajada	<i>Vicia faba</i>	
5. Caupi	<i>Vigna unguiculata</i>	
6. Mulatinho	<i>Phaseolus vulgaris</i>	
7. Preto	<i>Phaseolus vulgaris</i>	

Nome comum	Nome científico	Morfologia
8. Vinagre	<i>Phaseolus vulgaris</i>	
9. Corda sempre verde	<i>Vigna unguiculata</i>	

3.2. Condução das criações de *Z. subfasciatus*

O experimento foi realizado no Laboratório de Proteção de Plantas da Universidade de Brasília. Os insetos utilizados nos ensaios foram provenientes de criações mantidas em grãos de *Phaseolus vulgaris*, grupo Carioquinha que não estava entre os genótipos testados. Os procedimentos relacionados com a criação de *Z. subfasciatus* foram similares aos preconizados por Baldin e Pereira (2010).

3.3. Condução dos bioensaios

Os tratamentos dos bioensaios de antixenose e antibiose foram dispostos no delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições.

Os bioensaios de antixenose foram realizados nas condições que prevaleceram no laboratório enquanto que os bioensaios de antibiose foram conduzidos no interior de B.O.D. regulada para 25 ± 2 °C, 12:12 h L: D de fotofase e $70 \pm 10\%$ UR.

3.3.1. Resistência por antixenose

No ensaio preliminar foi avaliado o mecanismo de resistência por antixenose de seis genótipos de leguminosas: caupi, fava branca, fava amarela, feijão corda sempre verde, feijão preto e vinagre.

Para tanto, foi confeccionada uma arena, conforme indica-se na figura 1, utilizando-se uma placa de isopor contendo 30 orifícios feitos para que neles coubessem copos de café (50 mL) que receberam 20 g de feijão dos diferentes genótipos. A superfície dos copos foi mantida nivelada com a superfície do isopor, de tal forma a permitir que os insetos tivessem acesso aos grãos. Foram liberados 60 adultos de *Z. subfasciatus* não sexados e de idade não conhecida no centro dessa arena e sua preferência de escolha foi avaliada, contabilizando-se a densidade de adultos por genótipo decorridas 0,5, 1,0, 2,0, 4,0, 6,0, 12,0, 22,0, 30,0 e 48 horas após o início do ensaio.



Figura 1. Arena usada nos ensaios de antixenose contendo 30 orifícios destinados a acomodar recipientes de plástico de 50 mL de capacidade com 20 g de grãos dos genótipos sob teste.

Esses dados foram usados para selecionar os genótipos mais e menos preferidos que foram testados em três ensaios subseqüentes em combinação com uma formulação a base de neem. Os grãos dos genótipos selecionados foram pulverizados com formulação oleosa a base de nim (Natuneem®) a 10% (v/v) e com água destilada (controle), empregando-se pulverizadores manuais de polietileno de 250 mL de capacidade. As condições experimentais e a quantidade de insetos liberados foram as mesmas descritas para o ensaio preliminar. Avaliou-se a densidade de *Z. subfasciatus* por genótipo às 0,5, 1,0, 2,0, 4,0, 6,0, 12,0, 22,0, 30,0, e 48 horas após o início do terceiro bioensaio executado com grãos tratados com nim. Os outros dois bioensaios

incluíram uma avaliação adicional às 36 horas após o início do ensaio, em adição às demais.

3.3.2. Resistência por antibiose

Para o ensaio preliminar, foram pesadas amostras de 20 gramas de cada um dos oito genótipos avaliados (caupi, carnaval, fava branca, fava amarela, fava rajada, feijão preto, feijão mulatinho e vinagre), sendo acondicionadas em recipientes plásticos de 20 mL de capacidade com tampa. Cada recipiente representava uma parcela experimental e recebeu cinco adultos de *Z. subfasciatus* não sexados, sendo estes mantidos em estufa incubadora para B.O.D. à 25°C durante sete dias. No sétimo dia após a infestação, os cinco adultos foram descartados e o número de ovos em cada recipiente foi contabilizado. Novamente, os recipientes foram alocados em B.O.D, nas condições descritas anteriormente e acompanhados diariamente. A partir da emergência do primeiro adulto, a densidade *Z. subfasciatus* emergidos foi avaliada, diariamente, por 20 dias, sendo os adultos obtidos pesados em balança analítica 'Eletronic Balance FA-2104N, Classe de Exatidão I'.

Os resultados obtidos no ensaio preliminar foram usados para seleção de cinco genótipos resistentes e suscetíveis ao ataque do inseto e inclusos no ensaio subsequente com controle químico. Os genótipos selecionados foram tratados com água destilada, deltametrina (Decis 25 CE) na dose de 0,1 mL de formulação por 30 mL de água e formulação a base de nim (Natuneem®) na dose de 3 mL para 30 mL de água destilada (10% v/v). Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial de 5 (genótipos) x 3 tratamentos (água, deltametrina e Nim). Cada parcela experimental consistiu de recipientes plásticos de 20 mL de capacidade contendo uma amostra de 20 gramas dos grãos dos genótipos selecionados tratados, que foram infestadas com cinco adultos não sexados de *Z. subfasciatus*. As características estudadas bem como a sua forma de avaliação seguiram o mesmo protocolo descrito para o ensaio preliminar.

3.4. Determinação da densidade dos grãos

Amostras de 50 g de cada grão testado foram adicionadas em provetas secas e graduadas que, em seguida, receberam 150 mL de água destilada. O volume das amostras + água foi mensurado e as medidas utilizadas para calcular a densidade real

(RD) de acordo com a seguinte fórmula: $RD = (\text{massa de grãos}) / [(\text{volume de água destilada} + \text{grãos}) - (\text{volume de água destilada})]$. Todas as determinações foram realizadas em quintuplicata.

3.5. Intensidade da cor dos grãos

A intensidade da cor foi determinada utilizando-se o colorímetro Minolta CR-200 (Minolta Camera Co., Osaka, Japão). Os dados foram representados como L, a, b e do sistema de cor de Hunter. O valor L representa a luminosidade (os valores variam de 0 a 100, para escuro e claro), enquanto os valores de a e b são componentes cromáticos que permitem mensurar a intensidade de (+) vermelho a (-) verde e de (+) amarelo a (-) azul, respectivamente. Todas as determinações foram realizadas em quintuplicata.

Os valores A e B foram utilizados para calcular a tonalidade da cor (h) e a saturação da cor ou croma (C) de acordo com as seguintes equações: $h = \tan^{-1}(b/a)$; $\text{Croma} = \sqrt{(a^2 + b^2)}$ (Maskan, 2001).

3.6. Análises estatísticas

Os dados dos mesmos bioensaios que foram repetidos três vezes, foram reduzidos para a média, uma vez que não houve diferenças significativas entre as médias dos mesmos tratamentos, em diferentes bioensaios de acordo com o PROC GLM do Sistema SAS (SAS, 2002).

Os dados foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$ toda vez que falharam em atender uma das premissas da análise de variância (ANOVA).

Os dados de não preferência coletados em diferentes tempos de avaliação foram analisados por ANOVA por medidas repetidas utilizando o PROC GLM do SAS (SAS, 2002), seguida de comparação das médias de tratamento pelo teste de Tukey a $p < 0,05$, sempre que houve significância.

Os dados dos ensaios de antibiose foram submetidos à análise de variância, seguida pelo teste de Tukey a $p < 0,05$, sempre que houve significância.

A densidade e a intensidade da cor dos grãos foram usadas em análise de correlação de Pearson a $p < 0,05$. A intensidade da cor foi correlacionada com a densidade de insetos nos ensaios preliminares de preferência (antixenose) e a densidade

dos grãos foi correlacionada com o número de adultos emergidos dos ensaio preliminar de antibiose.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ensaio preliminar para resistência por antixenose

No ensaio preliminar, a interação entre genótipos e o tempo de avaliação não foi significativa, de acordo com a análise de variância por medidas repetidas ($F = 1,20$; $DF = 40, 192, P = 0,25$). Além disso, não houve efeito significativo dos genótipos ($F = 0,92$; $DF = 5, 24, P = 0,49$). Apesar disso, observou-se que o feijão caupi ($0,85 \pm 0,04$ adultos) e o feijão corda sempre verde ($0,94 \pm 0,05$ adultos) tiveram baixas densidades de *Z. subfasciatus* por amostra de 20 g de grãos e o feijão preto ($1,12 \pm 0,18$ adultos), enquanto que o vinagre ($1,07 \pm 0,07$ adultos) e a fava branca ($1,06 \pm 0,07$ adultos) apresentaram as maiores densidades. Esse critério foi utilizado para selecionar os genótipos a serem testados nos ensaios subsequentes (Figura 2).

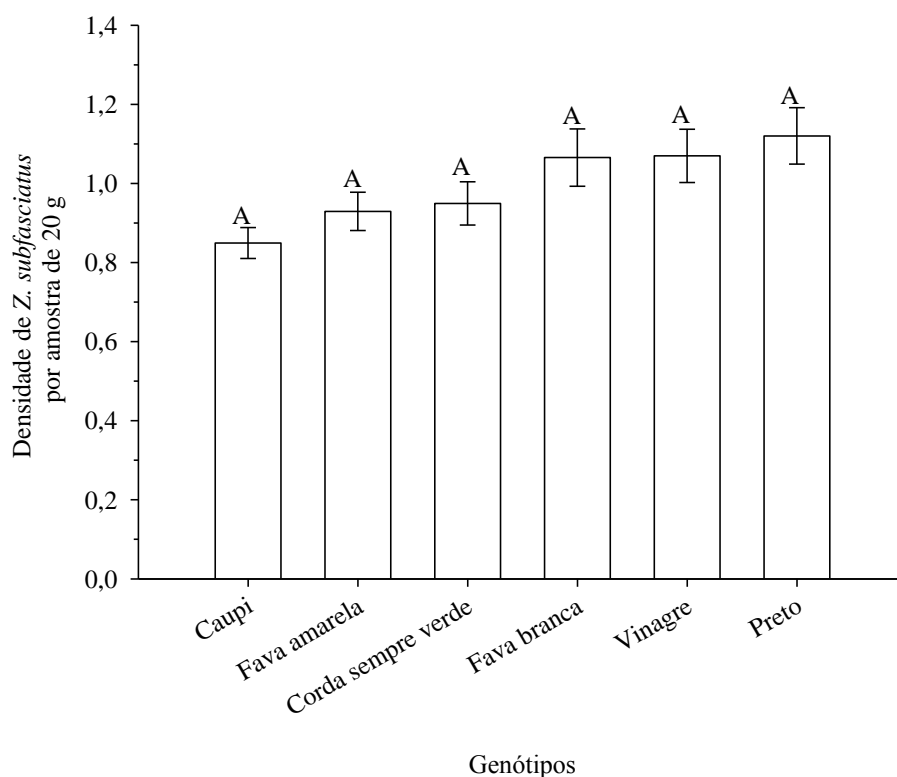


Figura 2. Densidade média de *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) \pm erro padrão da média (EPM) por amostra de 20 g de grãos de diferentes genótipos de feijoeiro. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste F a $p < 0,05$. Dados transformados para $\sqrt{x+0,5}$.

A resistência por antixenose de feijoeiro a *Z. subfasciatus* tem sido observada em diversas pesquisas (Mazzonetto e Boiça Júnior, 1999; Barbosa et al., 2000; Baldin e Pereira, 2010; Girão Filho et al., 2012, entre outros). Guzman-Maldonado et al., 1996, aventam que as características morfológicas e químicas dos grãos de feijoeiro podem influenciar o ataque deste inseto. Ainda segundo estes autores, dentre os fatores químicos, destacam-se os teores de inibidores de tripsinas, lecitinas e taninos presentes nos grãos. A dureza e a espessura do tegumento dos grãos são exemplos de fatores morfológicos de resistência intrínsecos aos grãos.

4.2. Bioensaio para avaliação da resistência por antixenose associada ao controle químico com inseticida botânico

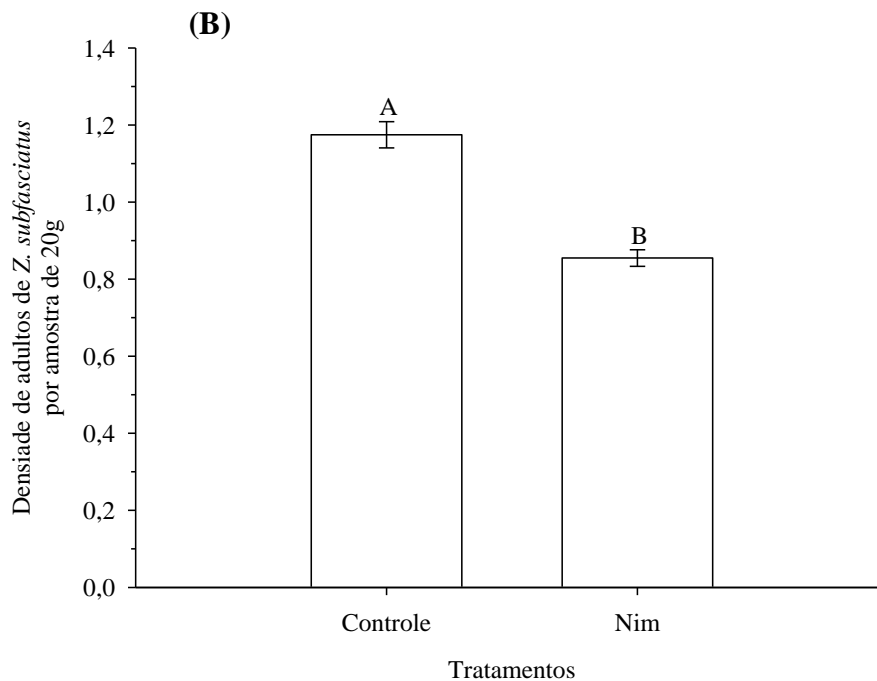
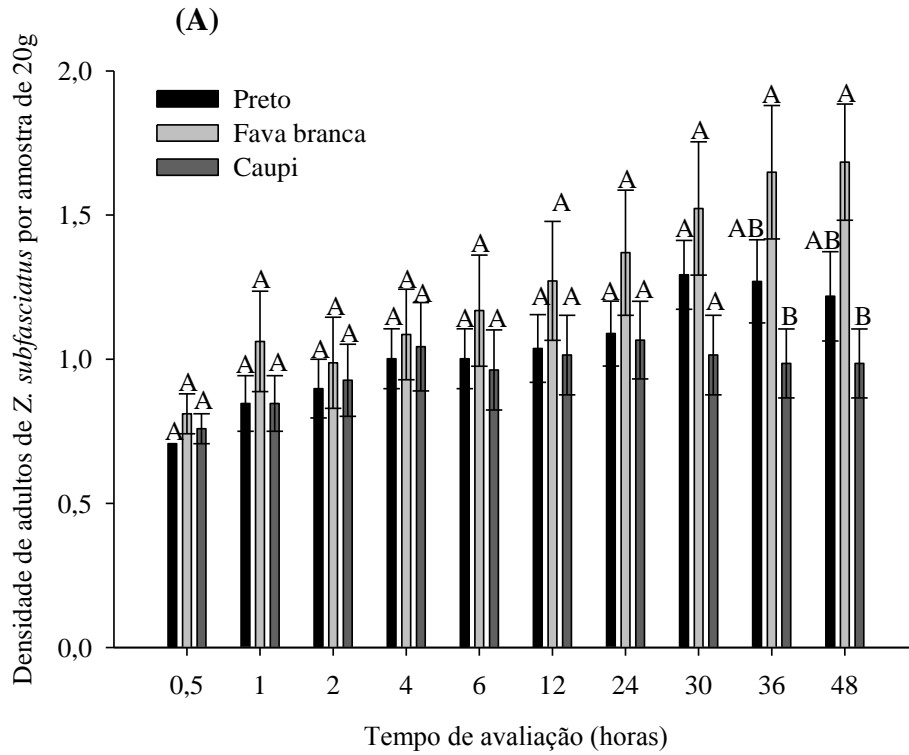
Com base nos resultados do bioensaio preliminar, três bioensaios adicionais de antixenose foram realizados nos quais foram usados os seguintes genótipos: a) feijão preto, feijão caupi e fava branca no primeiro bioensaio; b) feijão preto, feijão caupi e vinagre no segundo bioensaio e c) feijão preto, feijão caupi e feijão corda sempre verde no terceiro bioensaio.

No primeiro bioensaio, feito com os genótipos feijão preto, feijão-caupi e fava branca tratados com nim, foram detectadas diferenças significativas na densidade total de adultos apenas para a interação entre o tempo de avaliação e os diferentes genótipos testados ($F = 1,94$; $DF = 18, 216$, $P = 0,05$). Nos últimos dois tempos de avaliação, às 36 e 48 horas do início do ensaio, a fava branca apresentou a maior densidade de *Z. subfasciatus*, o feijão preto apresentou densidades intermediárias entre este genótipo e feijão-caupi, que foi o genótipo menos preferido (Figura 3A).

No segundo bioensaio de antixenose, realizado com os genótipos feijão preto, feijão-caupi, e vinagre, o único efeito significativo detectado foi decorrente do tratamento dos grãos com as soluções inseticidas ($F = 13,57$, $DF = 1, 24$, $P = 0,001$). Os grãos tratados com nim foram significativamente menos preferidos por *Z. subfasciatus* (menores densidades de adultos) do que os grãos tratados com água destilada (controle) como verifica-se na Figura 3B.

No terceiro bioensaio, no qual testou-se os genótipos feijão preto, feijão caupi e feijão corda sempre verde, houve efeito significativo da interação entre o tratamento com nim e o tempo de avaliação ($F = 5,19$; $DF = 8.192$, $P = 0,0008$) sobre a preferência

de *Z. subfasciatus*. Os grãos tratados com nim foram menos preferidos do que os grãos tratados com água às 2, 4, 6, 12 e 24 horas após o início do ensaio. Não foram verificadas diferenças na densidade de *Z. subfasciatus* em função dos tratamentos nas duas primeiras e nas duas última avaliações (Figura 3C).



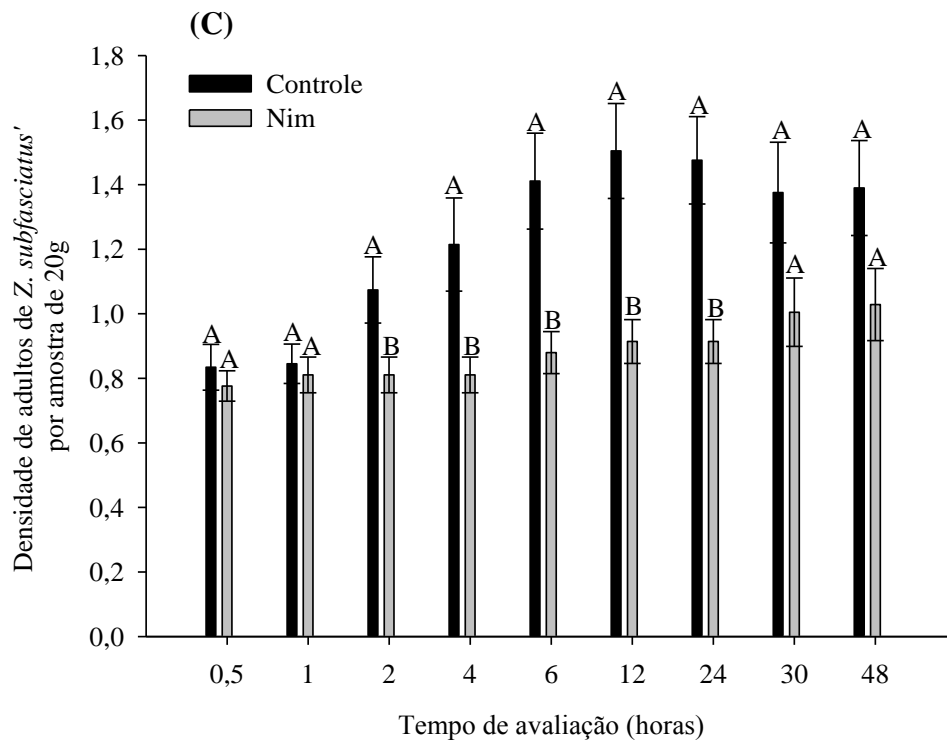


Figura 3. Densidade de adultos de *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) \pm erro padrão da média (EPM) em testes de não preferência em função: (A) dos genótipos feijão preto, feijão caupi e fava branca (amostras de 20 gramas) em diferentes tempos de avaliação (bioensaio 1); (B) dos tratamentos utilizados nos grãos dos genótipos feijão preto, feijão caupi e vinagre (bioensaio 2); (C) dos tratamentos utilizados nos grãos dos genótipos feijão preto, feijão caupi e corda sempre verde em diferentes tempos de avaliação (bioensaio 3). Médias seguidas pela mesma letra dentro de um determinado tempo de avaliação (A e C) ou entre tratamentos (B) não diferem entre si pelo teste Tukey e teste F a $p < 0,05$. Dados transformados para $\sqrt{x \times 0,5}$.

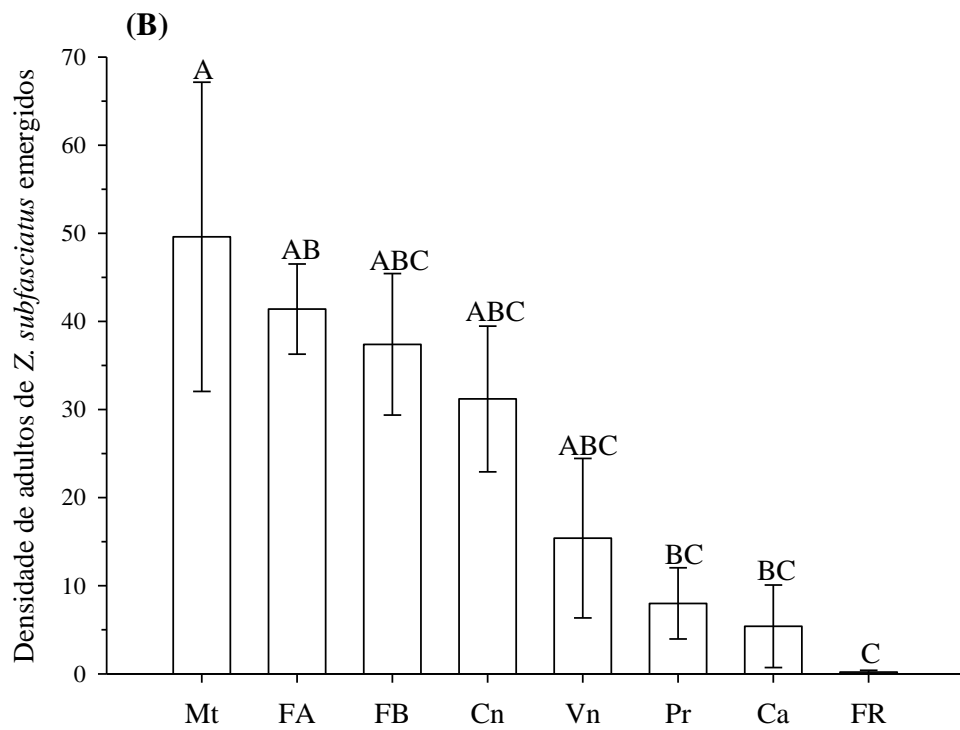
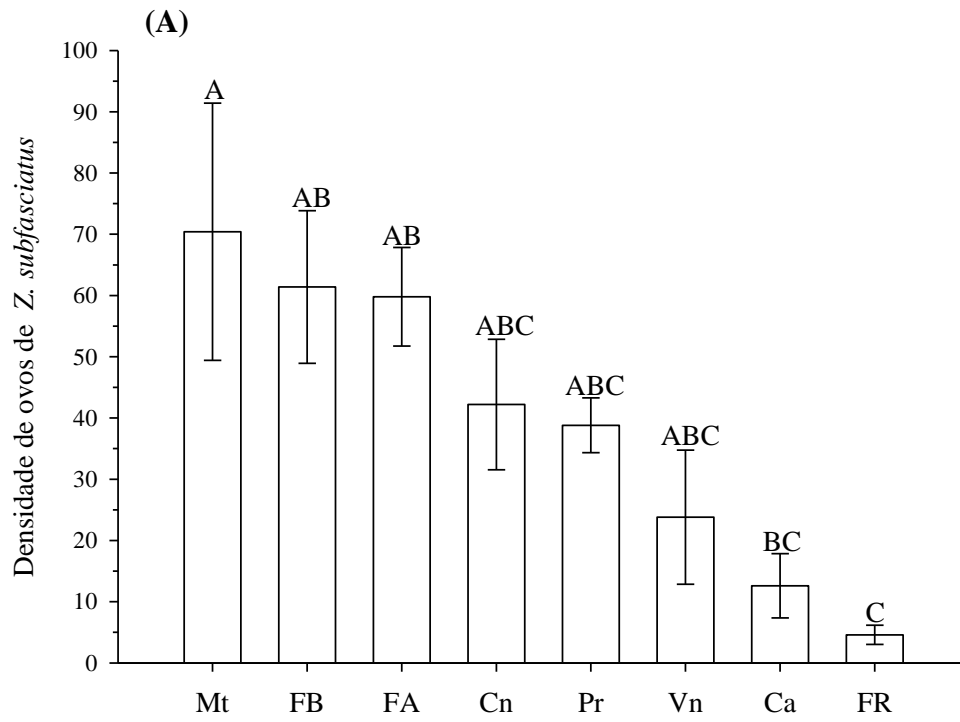
Os resultados referentes à eficiência no controle de *Z. subfasciatus* pelo óleo de nim são coincidentes com os encontrados por Schoonhoven et al. (1983), Silva et al. (1996) e Barbosa et al. (2000), sendo que neste último trabalho a eficiência da formulação a base de nim foi similar à obtida com o uso do Malathion. Além disso, neste estudo foram observados alguns efeitos sinérgicos entre os genótipos resistentes e o controle químico, sendo que resultados similares foram observados por Mazzoneto e Vendramim (2002).

4.3. Ensaio preliminar para resistência por antibiose

Os genótipos testados apresentaram diferente número de ovos de *Z. subfasciatus* ($F = 4,89$; $DF = 7,32$, $P = 0,0008$), diferente número de adultos emergidos ($F = 4,73$; $DF = 7,32$, $P = 0,0010$) e produziram adultos com diferentes pesos ($F = 5,48$; $DF = 7,32$, $P = 0,0003$).

De maneira geral, o número de ovos de *Z. subfasciatus* foi maior no feijão mulatinho, na fava branca e na fava amarela, intermediário nos feijões carnaval, preto e vinagre e menor no feijão-caupi e na fava rajada (Figura 3A). Houve maior emergência de adultos de *Z. subfasciatus*, no feijão mulatinho e na fava amarela, enquanto que a fava branca, o feijão carnaval e o vinagre apresentaram números intermediários e o feijão preto, o feijão-caupi e a fava rajada apresentaram os menores números (Figura 3B). Além disso, o peso médio dos adultos emergidos foi maior no feijão carnaval e mulatinho e nas favas amarela e branca, intermediário no feijão preto e no vinagre e menor no feijão-caupi e na fava rajada (Figura 3C).

Assim, com base nos resultados descritos, foram selecionados para os ensaios subsequentes, com tratamento com nim, a fava rajada e o feijão-caupi como os dois genótipos mais resistentes (que apresentam efeitos de antibiose nos insetos) e a fava amarela, a fava branca e o mulatinho como os genótipos mais suscetíveis.



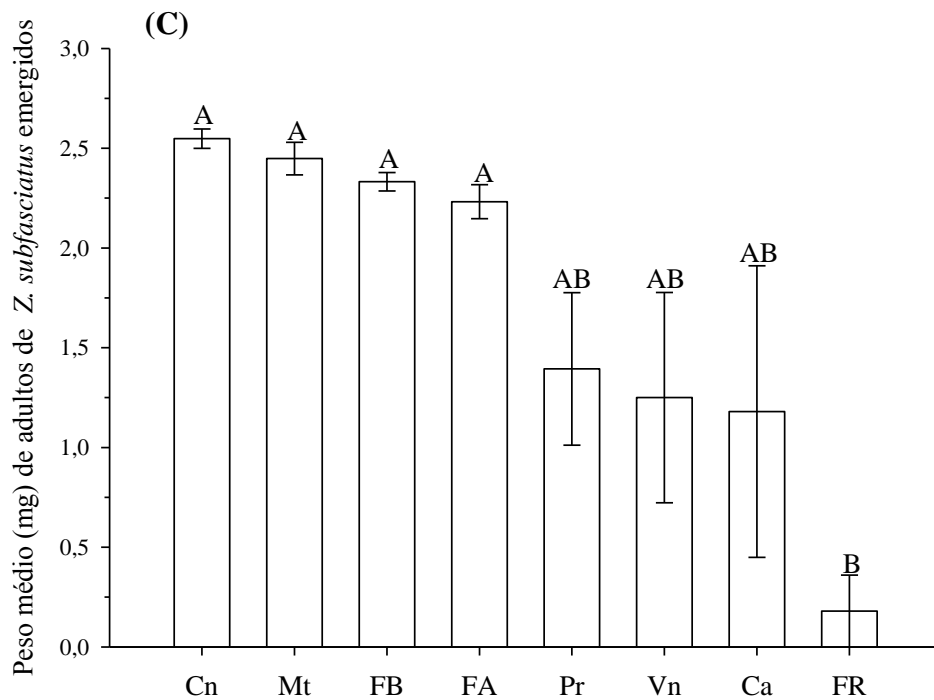


Figura 4. Densidade de ovos \pm erro padrão da média (EPM) (A) número de adultos emergidos \pm EPM (B) e peso médio dos adultos de *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) emergidos \pm EPM (C) de acordo com os genótipos de feijoeiro testados: Feijão Preto (Pr); Mulatinho (Mt); Carnaval (Cn); Caupi (Ca); Vinagre (Vn); Fava Rajada (FR); Fava Branca (FB); Fava Amarela (FA). Médias, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

Uma das causas bioquímicas da resistência de feijoeiros a *Z. subfasciatus* consiste na expressão da arcelina nos grãos que é uma proteína tóxica a este inseto (Osborn et al., 1986). Segundo Posso et al. (1992) e Pereira et al. (1995) esta proteína impede a proteólise de enzimas de larvas deste bruquídeo, indisponibilizando assim a absorção de aminoácidos essenciais. Além das arcelinas, a presença de inibidores de tripsina, lecitinas e taninos pode ser deletéria a aspectos relacionados com a biologia de *Z. subfasciatus* (Guzman-maldonado et al., 1996). Desta forma, os genótipos que se comportaram como mais resistentes ao ataque de *Z. subfasciatus* tendo em vista as características avaliadas, podem ter sua resistência explicada por essa causa química. Nesse sentido, estudos futuros com esses mesmos genótipos devem investigar a causa da resistência observada visando incorporação em genótipos suscetíveis.

4.4. Bioensaio para avaliação da resistência por antibiose em associação com o controle químico.

Houve interação significativa entre o tratamento dos grãos de feijão e fava com as soluções inseticidas e os genótipos testados em relação ao número de ovos depositados por *Z. subfasciatus* ($F = 4,61$, G.L. = 8, 60, $p = 0,0002$). Na maioria dos genótipos avaliados não houve diferença entre o tratamento com o inseticida sintético (deltametrina) e o botânico (nim) na densidade de ovos de *Z. subfasciatus*, sendo significativamente inferior à testemunha (tratamento com água) (Tabela 2). Apenas no genótipo mulatinho, o tratamento com a deltametrina ou com o nim não contribuiu para reduzir significativamente a densidade de ovos de *Z. subfasciatus* em relação à testemunha (Tabela 2). No caso da fava rajada, um dos genótipos mais resistentes, o tratamento com a deltametrina foi o que mais reduziu a densidade de ovos em relação à testemunha, seguido do tratamento com o nim (Tabela 2).

Independente do tratamento recebido pelos grãos (água, deltametrina ou nim) a fava amarela foi o genótipo com maior densidade de ovos enquanto que quando os grãos foram pulverizados com água a fava rajada foi o genótipo que apresentou a menor densidade de ovos. Quando os grãos foram pulverizados com deltametrina e nim a fava branca foi o genótipo que apresentou o menor número de ovos (Tabela 2).

Desta forma, em linhas gerais pode-se considerar que a pulverização com o nim é tão eficiente em coibir a postura do inseto quanto a pulverização com o inseticida sintético sem as mesmas restrições que esse produto apresenta, tendo em vista tratar-se de um neurotóxico que atua nos canais de sódio do sistema nervoso central (IRAC-BR, 2014). De todo modo, em genótipos onde a densidade de ovos foi intermediária ou mais baixa (mulatinho e fava rajada) em relação aos demais genótipos testados a pulverização com o nim ou com o inseticida sintético não é tão eficiente em reduzir ainda mais a densidade de ovos.

Tabela 2. Média \pm erro padrão da média (EPM) do número de ovos de *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) em ensaio de antibiose depositados em cada genótipo de feijoeiro submetido aos tratamentos contendo água, deltametrina e nim. Brasília, DF. 2012/2013.

Genótipos	Tratamento ¹		
	Água	Deltametrina	Nim
Fava amarela	67,0 \pm 7,85 aA	25,4 \pm 3,14 bA	25,2 \pm 3,54 bA
Caupi	39,2 \pm 7,07 aB	12,2 \pm 1,50 bB	13,6 \pm 2,48 bABC
Fava branca	17,4 \pm 4,51 aBC	0,6 \pm 0,6 bC	0,6 \pm 0,4 bC
Mulatinho	22,4 \pm 4,50 aBC	12,4 \pm 2,01 aB	18,2 \pm 5,68 aAB
Fava Rajada	13,6 \pm 3,04 aC	5,4 \pm 1,4 bBC	6,4 \pm 0,93 abBC

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não foram observadas interações significativas ($p < 0,05$) entre o germoplasma avaliado e os tratamentos inseticidas utilizados para o controle de *Z. subfasciatus* considerando a densidade ($F = 1,30$; G.L. = 8, 60; $p = 0,2601$) e o peso de adultos deste inseto ($F = 1,80$; G.L. = 8, 60; $p = 0,0946$). Todavia, verificou-se efeito significativo do germoplasma avaliado ($F = 3,95$; G.L. = 4, 60; $p = 0,0065$ e $F = 6,08$; G.L. = 4, 60; $p = 0,0004$ para densidade e peso de adultos de *Z. subfasciatus*, respectivamente) e dos tratamentos inseticidas ($F = 32,52$; G.L. = 2, 60; $p = 0,0001$ e $F = 20,49$; G.L. = 2, 60 e $p = 0,0001$) sobre as variáveis mensuradas.

Neste contexto observou-se a mesma tendência do experimento preliminar em que as menores densidades (Figura 5) e peso de adultos de *Z. subfasciatus* (Figura 6) foram associadas ao genótipo “Fava Rajada”. O oposto foi observado no genótipo “Mulatinho” com a maior densidade e peso médio de adultos deste inseto (Figuras 5 e 6).

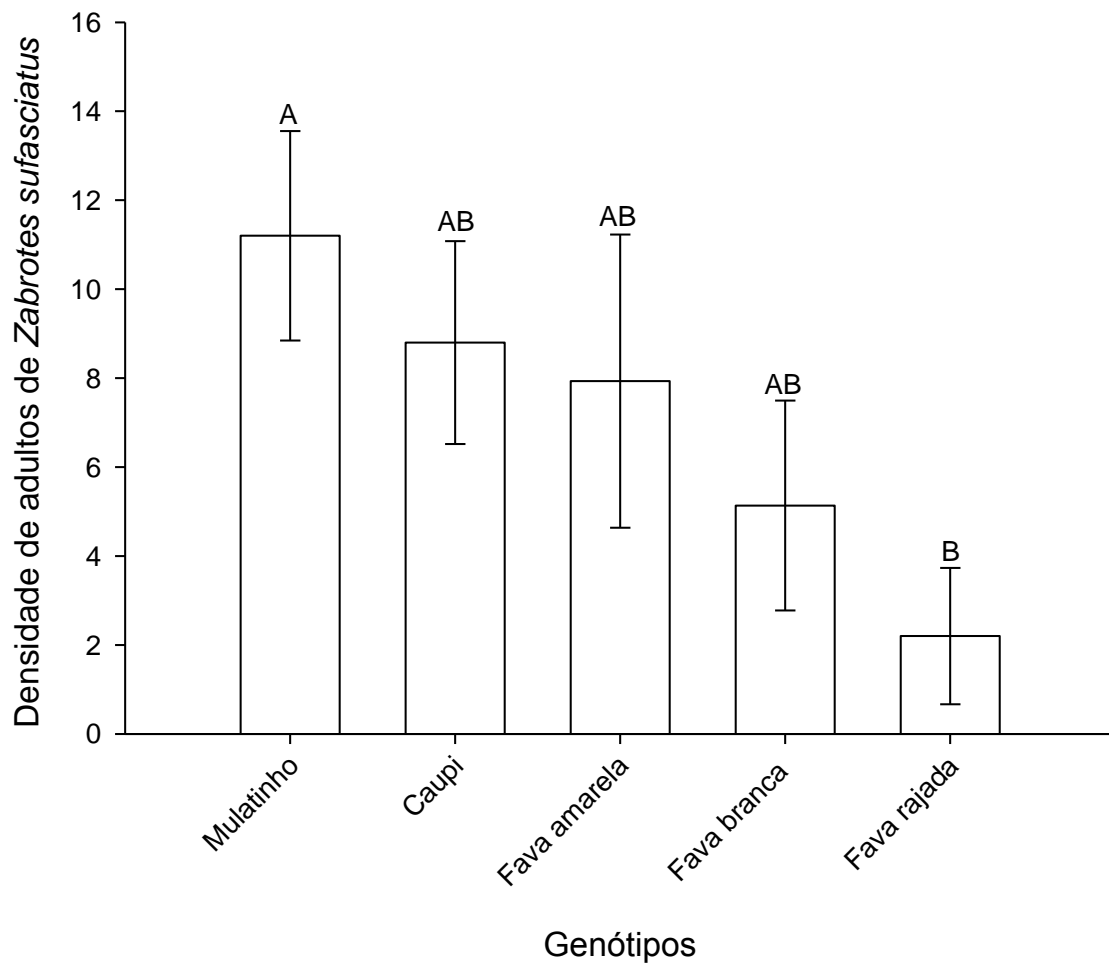


Figura 5. Densidade média de adultos de *Zabrotes sulfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) emergidos \pm erro padrão da média (EPM) em diferentes genótipos de feijoeiro. Médias, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

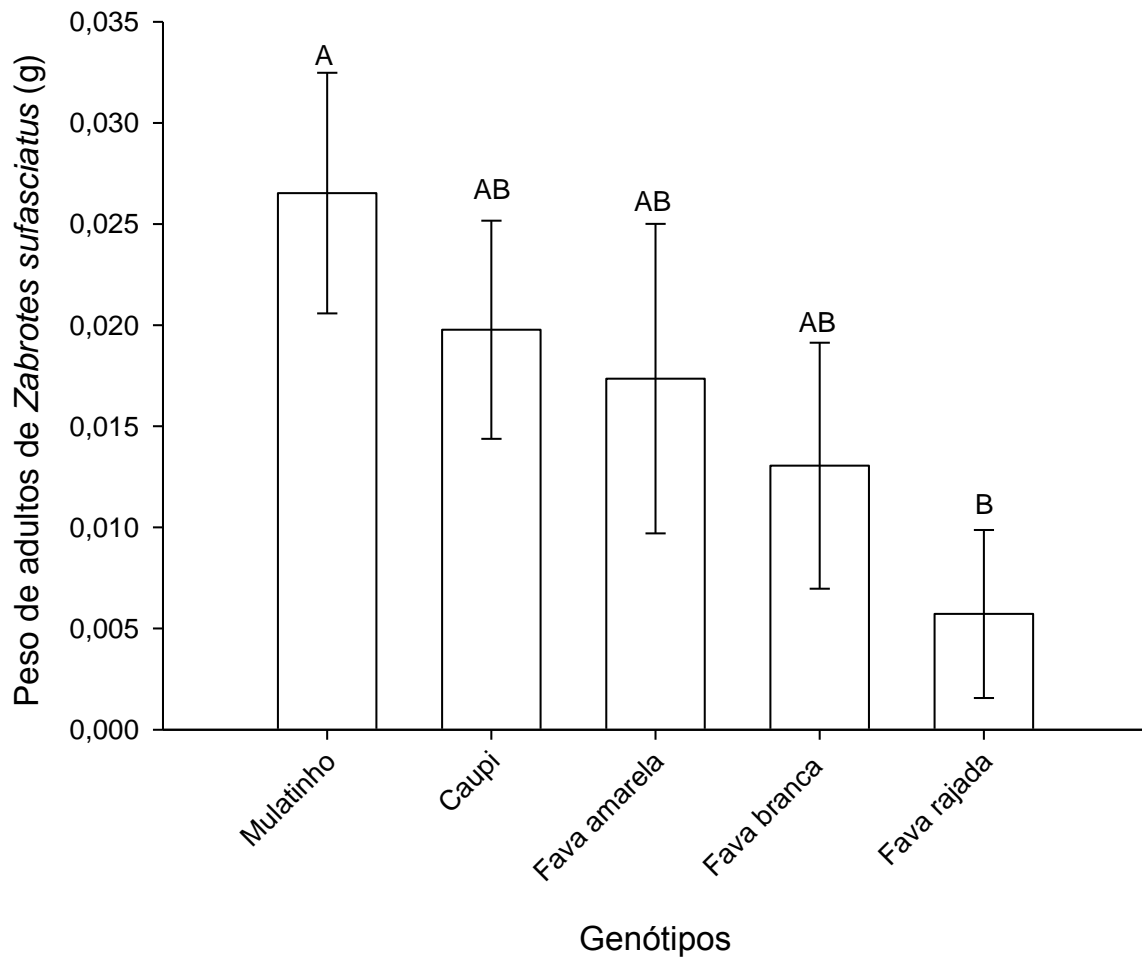


Figura 6. Peso de adultos de *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) (gramas) emergidos \pm erro padrão da média (EPM) de diferentes genótipos de feijoeiro. Médias, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

O tratamento dos grãos com deltametrina e nim reduziu significativamente a emergência e o peso dos adultos emergidos de *Z. subfasciatus*, que diferiram da testemunha e não diferiram entre si (Figuras 7 e 8). Tal resultado corrobora o que foi observado anteriormente em relação ao número de ovos e demonstra que a eficiência do nim no controle do inseto em questão é equivalente à eficiência do inseticida sintético.

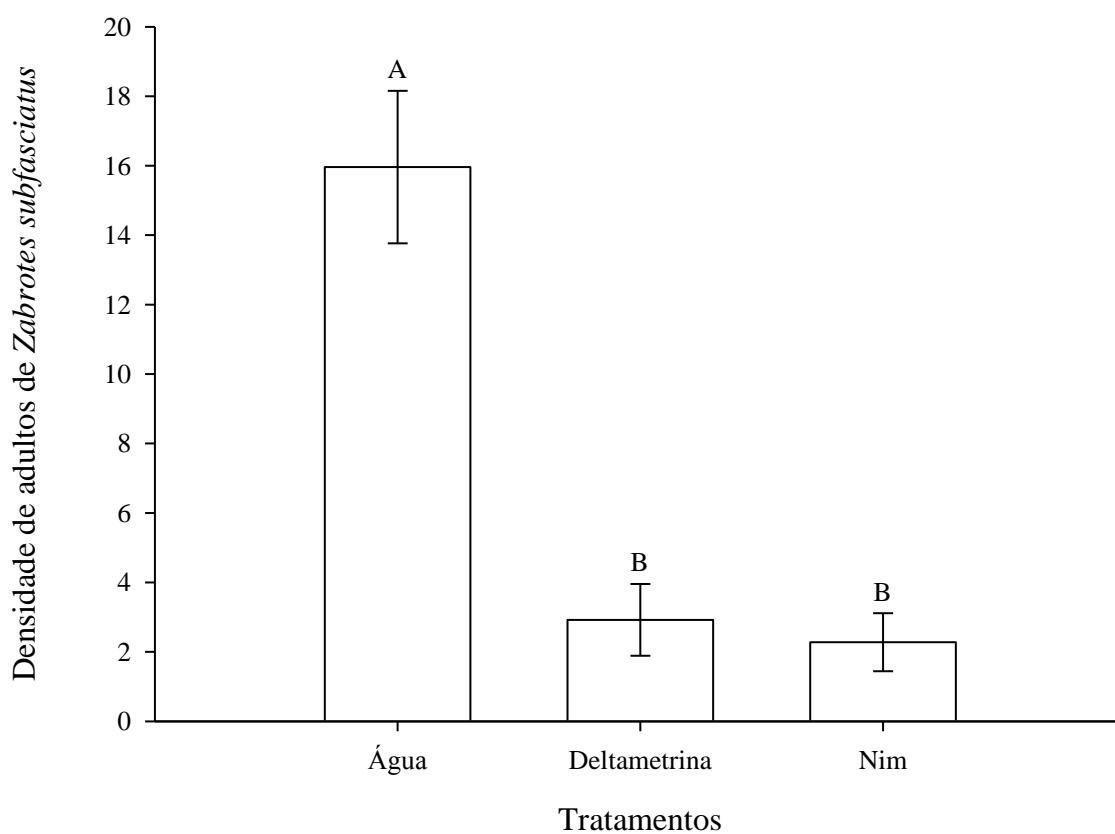


Figura 7. Densidade média de adultos de *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) emergidos \pm erro padrão da média (EPM) de grãos de feijão e fava tratados com água, deltametrina e nim. Médias, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

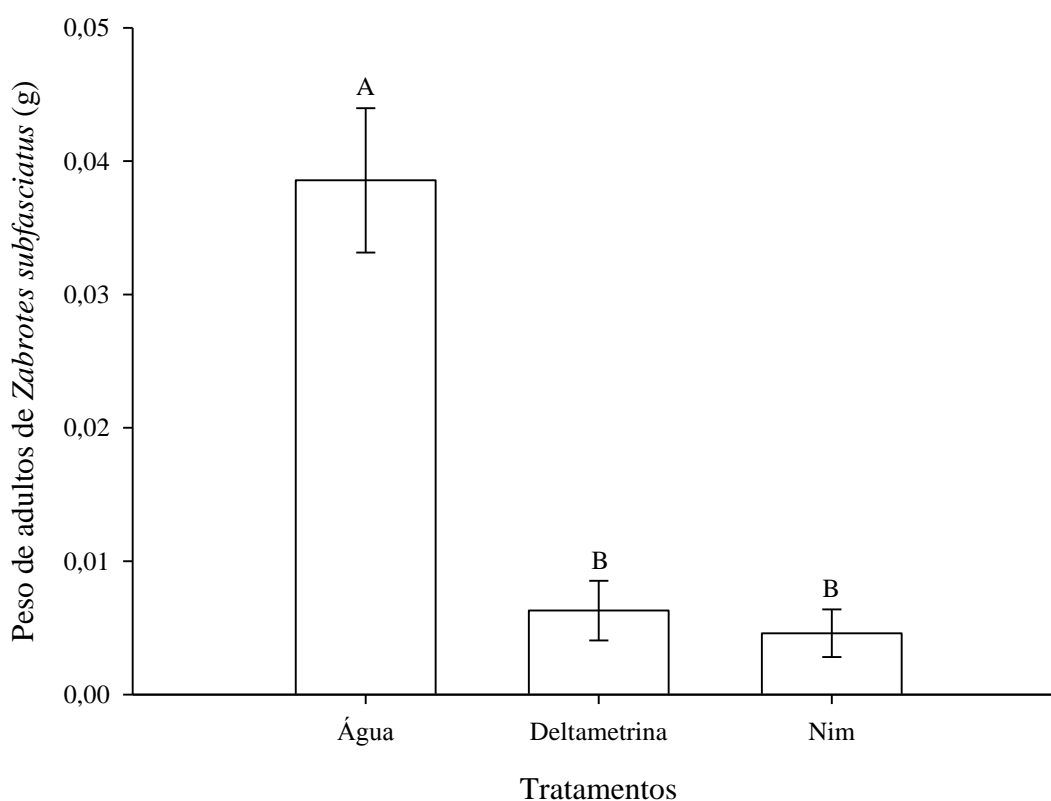


Figura 8. Peso de adultos de *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) emergidos \pm erro padrão da média (EPM) de grãos tratados com água, deltametrina e nim. Médias, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

4.5. Influência das características físicas dos grãos nas variáveis analisadas para no ensaio preliminar de antixenose e de antibiose

Para o ensaio de antibiose, não foram verificadas interações significativas ou relação de causa-efeito entre a densidade dos grãos e o número de ovos ($r = 0,00848$ e $p = 0,9686$) a densidade ($r = - 0,24149$ e $p = 0,2556$) e peso dos adultos ($r = 0,1707$ e $p = 0,9369$) de *Z. subfasciatus* emergidos.

Com relação à coloração, observa-se, de acordo com os dados representados na Tabela 3 que houve correlação significativa e negativa entre a luminosidade e a tonalidade da cor e a densidade de adultos de *Z. subfasciatus*. Desta forma, quanto

maior a luminosidade e a tonalidade da coloração do grão menor foi a densidade de adultos. Esse resultado indica que os insetos, em situação de escolha, preferem atacar grãos com menor luminosidade (mais escuros) e menores valores de tonalidade.

Tabela 3. Correlação entre a densidade de adultos de *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Bruchidae) vivos em amostras de diferentes genótipos de feijão (preto, vinagre, fradinho, fava branca, fava amarela e corda sempre verde) em função das características de coloração dos genótipos testados em testes de livre escolha.

<i>Características</i> da coloração	Densidade de adultos
Luminosidade	- 0,41 (p=0,041)
Saturação da cor	Ns (p=0,611)
Tonalidade da cor	-0,44 (p= 0,028)

5. CONCLUSÕES

- 1) Não houve diferença em relação à preferência do inseto pelos genótipos testados;
- 2) O tratamento com nim reduziu a preferência de *Z. subfasciatus* pelas variedades tratadas;
- 3) Os genótipos “Preto”, “Caupi” e “Fava Rajada” apresentam bons níveis de resistência por antibiose a *Z. subfasciatus*;
- 4) O genótipo “Mulatinho” foi o genótipo mais suscetível à infestação e oviposição de *Z. subfasciatus*;
- 5) O tratamento com nim reduziu consideravelmente o ataque de *Z. subfasciatus* ao feijoeiro, sendo comparável à aplicação de Deltametrina;
- 6) A densidade dos grãos não influencia no ataque de *Z. subfasciatus*; todavia, as características relacionadas à cor (luminosidade e tonalidade) possuem proporcionalidade inversa à preferência do inseto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT, **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA, 2014. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 30 de junho de 2014.

ANTUNES, P.L.; BILHALVA, A.B.; ELIAS, M.C.; SOARES, G.J.D. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivares rico 23, carioca, pirata-1 e rosinha-G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, 1: 12-18, 1995.

BALDIN, E.L.L.; PEREIRA, J.M. Resistência de genótipos de feijoeiro a *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann, 1833) (Coleoptera: Bruchidae). **Ciência e Agrotecnologia**, 34: 1507-1513, 2010.

BARBOSA, F.R.; YOKOYAMA, M.; PEREIRA, P.A.A.; ZIMMERMANN, F.J.P. Danos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae) em linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 29: 113-121, 2000.

BRACKMANN, A.; NEUWALD, D. A.; RIBEIRO, N. D.; FREITAS, S. T. de Conservação de três genótipos de feijão (*phaseolus vulgaris* l.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, 32: 911-915, 2002.

BRAGANTINI, C. **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Goiânia: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2005. 28p. (EMBRAPA Arroz e Feijão. Documentos, 187).

BRUNHEROTTO, R.; VENDRAMIM, J.D. Bioatividade de extratos aquosos de *Melia azedarach* L. sobre o desenvolvimento de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro. **Neotropical Entomology**, 30: 455-459, 2001.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Indicadores da agropecuária. Ano XXII, n. 4, abr. 2014. 90p. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_04_30_11_38_00_revista_a_bril_versao_final.pdf. Acesso em: 30 de junho de 2014.

DOBIE, P., HAINES, C. P., HODGES, R. J., PREVETT, P. F. **Insects and arachnids of tropical stored products , their biology and identification:** a training manual. Tropical Development and Research Institute, 1984. 273p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Statistics Production and Trade.** Crops. Disponível em: faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor. Acesso em: 30 de junho de 2014.

GIRÃO FILHO, J.E; PÁDUA, L.E.M.; SILVA, A.S., GOMES, R.L.F.; PESSOA, E.F. Resistência genética de subamostras de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L., Fabaceae) ao gorgulho *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae). **Comunicata Scientiae**, v.3, p.84-89, 2012.

GUTIERREZ, B. A. de; SCHOONHOVEN, A. van. **Proteja su cosecha de frijol contra el ataque de los gorgojos.** Palmira: Instituto Colombiano Agropecuario. 1981. 12p. (Boletín Divulgativo, 66).

GUZMÁN-MALDONADO, S.H.; MARÍN-JARILLO, A.; CASTELLANOS, J.Z.; GONZÁLEZ DE MEJÍA, E.; ACOSTA- GALLESGOSC, J.A. Relationship between physical and chemical characteristics and susceptibility to *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae) and *Acanthoscelides obtectus* (Say) in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. **Journal of Stored Products Research**, v. 32, p. 53-58, 1996.

HOWE, R. W.; CURRIE, J. E. Some laboratory observation on the rates of development, mortality and oviposition of several species of Bruchidae breeding in stored pulses. **Bulletin of Entomological Research**, 55: 437- 477, 1964.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de orçamentos familiares**. Prevalência de consumo alimentar e médio per capita, por grandes regiões, segundo os alimentos - Brasil - Período 2008-2009. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pot/2008_2009_analise_consumo/tabelas_pot/tab_1_4.pdf. Acesso em: 30 de junho de 2014.

IRAC-BR. Comitê Brasileiro de Ação a Resistência a Inseticidas. **Classificação do modo de ação (MoA) de inseticidas**. Disponível em: irac-br.org.br/Folder_IRAC_Classificacao_Modo_de_Acao-2013.pdf Acesso em: 18 de junho de 2014.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo: 2. ed. Ícone, 1991. 336 p.

LIMA, E. R.; GOMES JUNIOR, F. J.; TARSITANO, M. A. A.; RAPASSI, R. M. A.; SÁ, M. E. de. Custo de produção e lucratividade do feijoeiro da seca no município de Pereira Barreto, SP. **Cultura Agrônômica**, 12: 131-143, 2003.

LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo fundo: EMBRAPA Trigo, 2008. 72 p. (EMBRAPA Trigo).

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. de B.; HENNING, A.A. **Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento** – Série Sementes. Passo fundo: EMBRAPA Trigo, 2010. 12p (EMBRAPA Trigo, Circular Técnica,73).

LORINI, I. Insetos que atacam grãos de soja armazenados. 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.421-444.

LYMMAN, J. M. Adaptation studies on lima bean accessions in Colombia. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 108: 369-373, 1983.

MASKAN, M. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, 48: 169 – 175. 2001.

MAZZONETTO, F.; BOIÇA JR. A.L. Proteção de plantas. Determinação dos tipos de resistência de genótipos de feijoeiro ao ataque de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 28: 307-311, 1999.

MAZZONETTO, F.; VENDRAMIM, J.D. Aspectos biológicos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae) em genótipos de feijoeiro com e sem arcelina. **Neotropical Entomology**, 31: 435-439, 2002.

MORDUE, A.J.; MORGAN, E.D.; NISBET, A.J. Azadirachtin, a natural product in insect control. In: LAWRENCE, I.G.; SARJEET, S.G. (Eds.). **Insect control: biological and synthetic agents**, 2010. p. 185-197.

MORI, C. de; LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos armazenados (MIPGRÃOS)**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo. 2007. (EMBRAPA Trigo. Documentos online, 90).

MOUND, L. **Common insect pests of stored food products: a guide to their identification**. London: British Museum, 1989. 68p. (British Museum, Economic Series, 15).

OSBORN, T.C.; BLAKE, T.; GEPTS, G.; BLISS, F.A. Bean arcelin 2. Genetic variation, inheritance and linkage relationships of a novel seed protein of *Phaseolus vulgaris* L. **Theoretical and Applied Genetics**, 71: 47-855, 1986.

PACHECO, I. A.; PAULA, D. C. de. **Insetos de grãos armazenados: identificação e biologia**. Campinas: Fundação Cargill, 1995. 229p.

PEDIGO, L.P. **Entomology and pest management**. 4.ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. 742p.

PEREIRA, P.A.A., YOKOYAMA, M; QUINTELA, E.D.; BLISS, F.A. Controle do caruncho *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera: Bruchidae) pelo uso de proteína da semente em linhagens quase isogênicas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 30: 1031-1034, 1995.

PONCIO, S. **Bioatividade de inseticidas botânicos sobre *Microtheca ochroloma* Stal (Coleoptera: Chrysomelidae)**. 2010. 80p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

POSSO, C.E.; CARDONA, C.; VALOR, J.F.; MORALES, H. Desarrollo de líneas de frijol resistentes al gorgojo *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae). **Revista Colombiana de Entomología**, 18: 8-13, 1992.

ROCHA, M. de M.; CARVALHO, K.J.M. de; FREIRE FILHO, F.R.; LOPES, A.C de A.; GOMES, R.L.F.; SOUSA, I. da S. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44: 270-275, 2009.

SCHOONHOVEN, A. van; CARDONA, C.; VALOR, J. Resistance to the bean weevil and the Mexican bean weevil (Coleoptera: Bruchidae) in noncultivated common bean accessions. **Journal of Economic Entomology**, 76: 1255-1259, 1983.

SILVA, C.C.; COSTA, E.G.C.; RAMOS, H.T.R.; GUIMARÃES, R.T.; GARCIA, A.H. Não preferência para oviposição de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera: Bruchidae) tratados com diferentes produtos de origem vegetal. **Anais da Escola de Agronomia e Veterinária**, 26: 51-56, 1996.

SILVA, H T da. **Descritores mínimos indicados para caracterizar cultivares/variedades de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2005. 32p. (EMBRAPA Arroz e Feijão. Documentos, 184).

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

SAS. **The Sas System. Version 9.00**. Cary: Sas Institute. 2002.

VENDRAMIM J. D.; THOMAZINI A. P. de B. W. Traça *Tuta absoluta* (Meyrick) em cultivares de tomateiro tratadas com extratos aquosos de *Trichilia pallida* Swartz. **Scientia Agricola**, 58: 607-611, 2001.

VIEIRA, C. Leguminosas de grãos: importância econômica na agricultura e na alimentação humana. **Informe Agropecuário**, 16: 5-11, 1992.

WARE, G. W. **Complete guide to pest control:** with and without chemicals. 2.Ed. Arizona: Thomson Publications, 1988. 304p.

WIESBROOK, M.L. **Natural indeed:** are natural insecticides safer and better than conventional insecticides? **Illinois Pesticide Review**, 17: 1-8, 2004.