

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**RESISTÊNCIA A INSETICIDAS EM POPULAÇÕES DE
PERCEVEJO-DO-COLMO DO ARROZ *Tibraca limbativentris*
(HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)**

DIOGO NERY MACIEL

Orientador:

Dr. José Alexandre Freitas Barrigossi

Co-orientador:

Dr. Daniel de Brito Fragoso

Goiânia, GO – Brasil

Setembro – 2016

DIOGO NERY MACIEL

**RESISTÊNCIA A INSETICIDAS EM POPULAÇÕES DE
PERCEVEJO-DO-COLMO DO ARROZ *Tibraca limbativentris*
(HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como exigência para obtenção do título de Mestre em Fitossanidade -Agronomia.

Orientador:

Dr. José Alexandre Freitas Barrigossi

Co-orientador:

Dr. Daniel de Brito Fragoso

Goiânia, GO – Brasil

Setembro – 2016

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ **Dissertação** ☐ **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

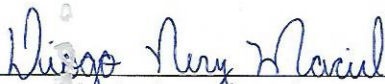
Nome completo do autor: Diogo Nery Maciel

Título do trabalho: RESISTÊNCIA A INSETICIDAS EM POPULAÇÕES DE PERCEVEJO-DO-COLMO DO ARROZ *Tibraca limbativentris* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ **SIM** ☐ **NÃO¹**

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do autor

Data: 13 / 10 / 16

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

²A assinatura deve ser escaneada.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Maciel, Diogo Nery

RESISTÊNCIA A INSETICIDAS EM POPULAÇÕES DE PERCEVEJO
DO-COLMO DO ARROZ *Tibraca limbativentris* (HEMIPTERA:
PENTATOMIDAE) [manuscrito] / Diogo Nery Maciel. - 2016.
43 f.

Orientador: Prof. Dr. José Alexandre Freitas Barrigossi; co
orientador Daniel de Brito Fragoso.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola
de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia,
2016.

Inclui mapas, fotografias, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Resistência cruzada. 2. Resistência múltipla. 3. DL50. 4.
Monitoramento da resistência a inseticidas. I. Barrigossi, José
Alexandre Freitas, orient. II. Título.

CDU 631.4



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos treze dias do mês de setembro do ano de dois mil e dezesseis (13.09.2016), às 08h30min, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Prof. Dr. José Alexandre Freitas Barrigossi – Orientador/Presidente, Prof^a. Dr^a. Leila Garcês de Araújo, Prof. Dr. Raimundo Wagner de Souza Aguiar e Dr. Daniel de Brito Fragoso, para, em sessão pública realizada no auditório do PPGA da Escola de Agronomia da UFG, procederem à avaliação da defesa de Dissertação intitulada: **“RESISTÊNCIA A INSETICIDAS EM POPULAÇÕES DE PERCEVEJO-DO-COLMO-DO-ARROZ *Tibraca limbativentris* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)”**, de autoria de **Diogo Nery Maciel**, discente do curso de **Mestrado**, na área de Concentração em **Fitossanidade**, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás. A sessão foi aberta pelo presidente, que fez a apresentação formal dos membros da Banca e deu início as atividades relativas à defesa da Dissertação. Passou a palavra ao mestrando que em quarenta minutos apresentou o seu trabalho. Após a apresentação o candidato foi arguido sucessivamente pelos membros da banca. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. De acordo com a Resolução nº 1051, de 09.09.2011 do CEPEC - Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura, que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Agronomia, a Banca Examinadora considerou **APROVADA** a Dissertação, desde que procedidas às correções recomendadas, estando integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE** em Agronomia, na área de concentração em **FIТОSSANIDADE**, pela Universidade Federal de Goiás. O mestrando deverá efetuar as modificações sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar a versão definitiva da dissertação à Secretaria do PPGA, no prazo máximo de trinta dias após a data da Defesa. A conclusão do Curso e a emissão do Diploma dar-se-ão após o cumprimento do Artigo 69, § 1º e § 2º, da Resolução CEPEC nº 1051, de 09.09.2011. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo(s) científico(s), oriundo(s) dessa dissertação, em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de efetuadas as modificações sugeridas. No caso do discente titulado não providenciar a publicação de seu trabalho final em forma de artigo(s) científico(s) no prazo de seis meses, após a data da defesa, serão aplicados os dispositivos do Artigo 70, § 1º e § 2º, da mesma Resolução. Para finalizar, a Presidente agradeceu os membros examinadores, congratulou-se com o mestrando e encerrou a sessão às 12h15min. E para constar, eu Welinton Barbosa Mota, secretário do PPGA, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada pelos membros da Banca Examinadora, em quatro vias de igual teor.

Prof. Dr. José Alexandre Freitas Barrigossi
Presidente – Embrapa Arroz e Feijão

Dr. Daniel de Brito Fragoso
Membro – Embrapa Arroz e Feijão

Prof^a. Dr^a. Leila Garcês de Araújo
Membro – ICB/UFG

Prof. Dr. Raimundo Wagner de Souza Aguiar
Membro – IFT/Gurupi

“Depois que cansei de procurar,
Aprendi a encontrar.
Depois que um vento me opôs resistência,
Velejo com todos os ventos.”
Friedrich Nietzsche

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por ser a base das minhas conquistas, sustentando meus caminhos para que eu pudesse me dedicar aos estudos;

À UFG por ter me aceitado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia e à Embrapa Arroz e Feijão por ter me propiciado os recursos e condições para a realização de minha pesquisa;

Aos meus pais Iracy de Jesus Nery e Carlos Antônio Maciel, por acreditar em minhas escolhas e interesses, apoiando-me e esforçando-se junto a mim, para que eu suprisse todas elas;

Aos professores José Alexandre de Freitas Barrigossi, Daniel de Brito Fragoso e Mábio Chrisley Lacerda, pela dedicação em suas orientações prestadas na elaboração deste trabalho, me incentivando e colaborando no desenvolvimento de minhas ideias, sobretudo pela paciência que tiveram, compreendendo meu tempo escasso;

Aos colegas e colaboradores do Laboratório de Entomologia da Embrapa Arroz e Feijão, que dedicaram tempo, mão de obra e ensinamentos para que houvesse à execução da parte experimental desta pesquisa, especialmente ao estudante de iniciação científica Eduardo Cardoso Oliveira;

Aos colegas e estagiários do Programa de Pós-Graduação em Agronomia desta Universidade e da Embrapa Arroz e Feijão, que dividiram momentos de trabalho e estudo, além de boas gargalhadas;

Aos colegas de serviço que tanto me motivaram a seguir com os estudos, contribuindo com palavras de motivação e ainda modificando os horários da jornada de trabalho para que eu pudesse frequentar às aulas no programa de pós-graduação;

Especialmente à minha amiga/irmã Kellen Cristina Inácio Sousa, que dedicou seu tempo, amor e companheirismo, incentivando a continuar minha carreira acadêmica, contribuindo para meu aprimoramento profissional.

Meu muito obrigado.

SUMÁRIO

	LISTA DE TABELAS	8
	LISTA DE FIGURAS	9
	RESUMO	10
	ABSTRACT	11
1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	CULTURA DO ARROZ	17
2.2	PERCEVEJO-DO-COLMO	19
2.3	CONTROLE DO PERCEVEJO-DO-COLMO	22
2.4	MANEJO DA RESISTÊNCIA	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	BIOENSAIOS PRELIMINARES	28
3.2	BIOENSAIOS DEFINITIVOS	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
6	REFERÊNCIAS	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Inseticidas registrados para o controle de <i>T. limbativentris</i> na cultura do arroz	14
Tabela 2.	Toxicidade dos inseticidas para a população de Santo Antônio de Goiás (GO), população-padrão de suscetibilidade	31
Tabela 3.	Dados dos bioensaios de varredura para detecção de resistência em populações de <i>Tibraca limbativentris</i>	32
Tabela 4.	Parâmetros toxicológicos das curvas de concentração-mortalidade de diferentes inseticidas para populações de <i>Tibraca limbativentris</i>	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Dados de crescimento cumulativo do número de espécies de insetos e ácaros resistentes a um ou mais inseticidas	11
Figura 2.	Mercado de venda de inseticida (% venda) pelo modo de ação	13
Figura 3.	Aquisição domiciliar per capita anual de arroz dos estados da federação referente ao período 2008-2009	16
Figura 4.	Adulto de <i>T. limbativentris</i>	18
Figura 5.	Postura de <i>T. limbativentris</i>	19
Figura 6.	Esquema de seleção de resistência devido a pressão de seleção	21
Figura 7.	Locais de coleta das populações de <i>T. limbativentris</i>	23
Figura 8.	Plantas de arroz cultivadas em casa de vegetação para criação de <i>T. limbativentris</i> na Embrapa Arroz e Feijão	25
Figura 9.	Gaiolas de criação de <i>T. limbativentris</i>	25
Figura 10.	Esquema de seleção das concentrações de inseticidas para bioensaios definitivos	26
Figura 11.	Bioensaios preliminares de <i>T. limbativentris</i> realizado no laboratório de Entomologia da Embrapa Arroz e Feijão	27
Figura 12.	Bioensaios definitivos de <i>T. limbativentris</i> realizado no laboratório de Entomologia da Embrapa Arroz e Feijão	28
Figura 13.	Bioensaios definitivos de <i>T. limbativentris</i> realizado no laboratório de Entomologia da Embrapa Arroz e Feijão	30

RESUMO

MACIEL, D. N. **Resistência a inseticidas em populações de percevejo-do-colmo do arroz *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae).** 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitossanidade) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, 2016.

O aumento no uso de inseticidas para o controle do percevejo-do-colmo *Tibraca limbativentris* Stal 1860 (Hemiptera: Pentatomidae) em lavouras de arroz irrigado no Brasil, associado a relatos de produtores sobre perda de eficácia dos produtos comumente usados, embasaram a condução desta investigação sobre a possível ocorrência de resistência aos inseticidas: bifentrina, carbosulfan, etofenproxi, lambda-cialotrina e tiametoxan. As populações de insetos foram coletadas em seis áreas de produção de arroz irrigado nos estados de Tocantins, Goiás e Santa Catarina, Brasil. Insetos adultos destas populações foram estabelecidos em gaiolas teladas de criação em casa de vegetação e em laboratório foram submetidos a concentrações discriminantes (LC_{95S}) estimadas para a população de Santo Antônio de Goiás, coletada em ambiente natural e usada como população-padrão de susceptibilidade. As frequências de mortalidade de indivíduos para a população de Formoso do Araguaia foi de 76% para o inseticida carbosulfan, 86% para bifentrina, 72% para etofenproxi, 80% para L-cialotrina e de 80% para o inseticida tiametoxan. Embora as frequências de indivíduos resistentes encontradas sejam consideradas de baixas a moderadas, trata-se do primeiro registro de *T. limbativentris* resistentes a inseticidas e, já se percebe a extensão do problema com relação ao desenvolvimento de resistência a produtos de diferentes grupos e modos de ação, principalmente na região produtora de Formoso do Araguaia-TO. Os resultados desta pesquisa indicam uma possível ocorrência de resistência cruzada ou múltipla nessa população.

Palavras-chaves: Resistência cruzada, Resistência múltipla, DL₅₀, Monitoramento da resistência a inseticidas.

¹Orientador: Ph.D. José Alexandre Freitas Barrigossi. Embrapa Arroz e Feijão.

ABSTRACT

MACIEL, D. N. **Resistance to insecticides in populations of rice stalk stink bug *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae).** 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitossanidade) – School of Agronomy e Engineering of foods, University Federal of Goiás, 2016.

The increase in insecticide application for control the rice stalk stink bug *Tibraca limbativentris* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) in irrigated rice in Brazil, has been reported by producers as responsible for loss of effectiveness of some insecticides commonly used to manage this insect and this is the base of this investigation. The insecticides used in this study were: bifenthrin, carbosulfan, etofenprox, λ -cyhalothrin, and thiametoxam. Six populations of insects were collected in producing areas of the states of Tocantins, Goiás and Santa Catarina, Brazil. Insect adults of each population were submitted to discriminant concentrations (LC95s) previously determined for the population collected in natural habitat in Santo Antônio de Goiás, and used as standard susceptible population. The frequency of individuals resistant in the population of Formoso do Araguaia was 76% for carbosulfan, 86% for bifenthrin, 72% for etofenprox, 80% for L-cyhalothrin, and 80% for thiamethoxam. Although the frequencies of resistant individuals can be considered low to moderate, it is first report of resistance of *T. limbativentris* to insecticides. These results indicate the resistance development to other insecticides with different mode of actions, with emphasis to the stink bug populations of Formoso do Araguaia-TO. These results also indicates a possible occurrence of crossed a resistance or multiple in that population.

Key-words: Insecticide resistance monitoring, LD50, Multiple resistance, Insecticide monitoring.

¹Adviser: Ph.D. José Alexandre Freitas Barrigossi. Embrapa Rice and Beans.

1 INTRODUÇÃO

O percevejo-marrom ou percevejo-do-colmo-do-arroz, *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae) é um dos insetos de maior importância para a cultura do arroz no Brasil, especialmente em cultivos irrigados (Ferreira et al. 1997). O inseto apresenta coloração geral castanha/marrom; pernas seguindo a cor do corpo, margens laterais levemente amareladas, cabeça longa e aguçada (Fernandes & Grazia 1998).

As posturas de *T. limbativentris* localizam-se geralmente na superfície das folhas, o que permite a fácil percepção da infestação na planta de arroz. Apresentam coloração esverdeada e com o prosseguimento da maturação se torna mais escura (Martins et al., 2009; Barrigossi & Martins, 2006).

A necessidade de produzir mais alimentos ganhou importância significativa, com o fato de que a população mundial vem aumentando gradativamente, podendo chegar a uma população de 8,04 bilhão de pessoas na próxima década (CONAB, 2015). Portanto, será necessário fornecer uma quantidade maior de alimentos do que é atualmente produzido. Os produtos fitossanitários são ferramentas importantes na produção de alimentos para suprir a demanda da população, o que tem contribuído para aumentar a produtividade das culturas, em decorrência da menor perda em sua produção. Entretanto, o seu uso deve ser criterioso e no âmbito do manejo integrado de pragas, pois considerando o histórico do uso destes produtos, os casos de resistência aos pesticidas tiveram um crescimento linear e continuarão a ocorrer, conforme relatado em literatura (Miller et al., 2010; Spark & Nauen, 2015).

A preocupação em aumentar a produtividade na agricultura teve um marco significativo nos anos 50 com a Revolução Verde, que teve como premissas as inovações tecnológicas na agricultura para a obtenção de maior produtividade através do desenvolvimento de pesquisas em sementes, fertilização do solo, utilização de agrotóxicos e mecanização no campo que aumentassem a produtividade e a oferta de

alimentos. Esse modelo tecnológico de produção agrícola estimulou a criação e uso das inovações na agropecuária que resultou em ganhos expressivos de produtividade. Esse meio de produção tornou-se a apresentar limites de crescimento a partir da década de 1950, sendo mais evidente a partir dos anos 80, com uma frenagem do ritmo de inovações, o aceleramento concomitante dos custos em pesquisa e identificação dos impactos ambientais oriundos da utilização intensiva desses insumos, com ênfase nos agrotóxicos (Albergoni & Pelaez, 2007) (Fig. 1).

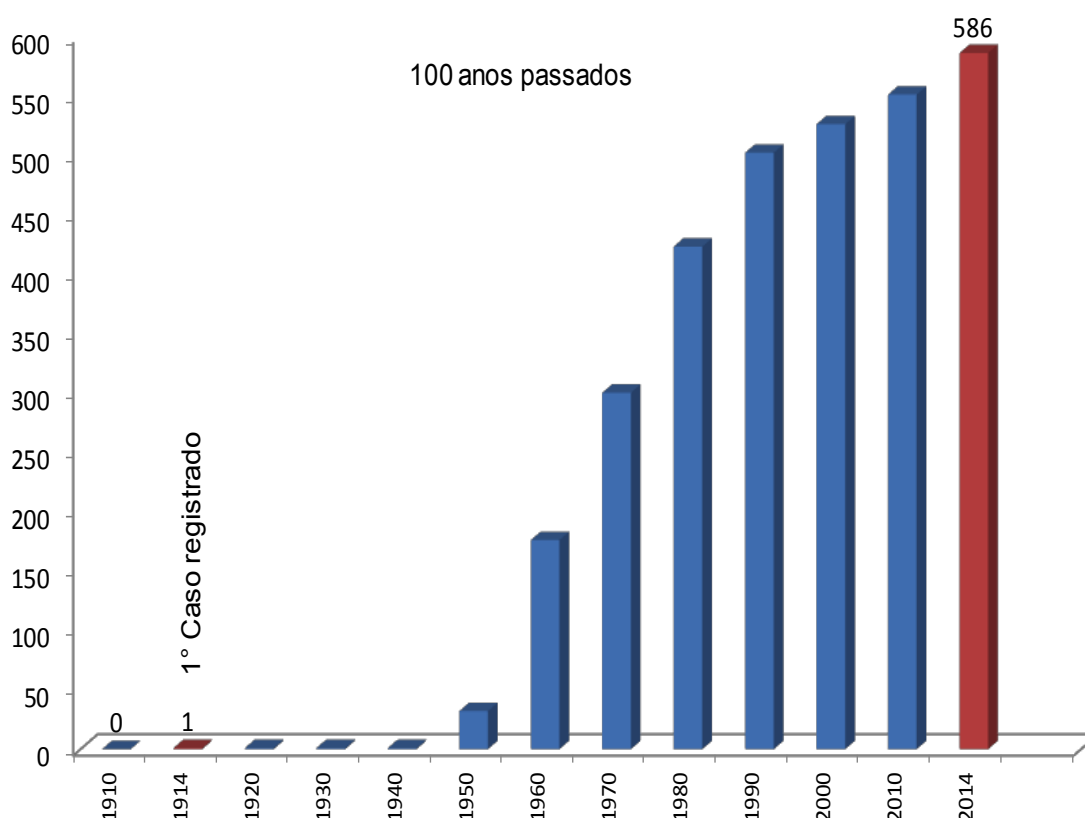


Figura 1. Dados de crescimento cumulativo do número de espécies de insetos e ácaros resistentes a um ou mais inseticidas. Fonte: Extraído e modificado de Sparks e Nauen (2015).

Brattsten *et al.* (1986) relatam que a utilização de inseticidas sintéticos na agricultura normalmente protege as culturas e garante suas produções, contudo impõe pressões persistentes de seleção de resistência das espécies submetidas às condições de controle. Os insetos-praga podem superar a pressão exercida por pesticidas por meio de três importantes mecanismos conhecidos como comportamentais, fisiológicos e bioquímicos (Kliot & Ghanin. 2012; Sparks & Nauem, 2015). A detoxificação

ocasionada por enzimas é um dos mais importantes; os inseticidas piretroides, organofosforados e carbamatos são detoxificados através da ação de oxidases com funções mistas, esterases e transferases; os organofosforados podem ainda ser submetidos a ação de hidrolases. Os mecanismos fisiológicos englobam a diminuição da penetração e transporte do agente químico para o sistema nervoso, insensibilidade do sítio de ação e acréscimo da excreção. Quanto à resistência comportamental é normalmente resultante de efeitos irritantes e repelentes dos inseticidas sobre indivíduos fisiologicamente susceptíveis, onde os insetos modificam hábitos evitando áreas tratadas (Georghiou, 1972).

Em outras palavras, os insetos desenvolvem a capacidade metabólica de desintoxicar dos inseticidas, por meio de alterações estruturais ou bioquímicas nos sítios alvos de ação que dificultam ou impedem a ligação de inseticidas ao seu organismo, sendo estes os mecanismos de resistência mais comumente verificados nos insetos (Cezaret *et al.* 2013).

De acordo com sua composição química e características os inseticidas classificam-se em diferentes grupos, sendo os principais os clorados, fosforados, carbamatos, piretroides, reguladores de crescimento, hormonais e biológicos, entre outros. Os ingredientes ativos registrados para controle de *T. limbativentris* utilizados nesta pesquisa foram: o carbossulfan, um inibidor da enzima acetilcolinesterase; bifentrina e L-cialotrina, que atuam como moduladores dos canais de Na; tiametoxam, que é um agonista do receptor da acetilcolina; e etofenproxi, agindo sobre o sistema nervoso central, semelhante aos piretroides. Os inseticidas são letais aos insetos, principalmente por atuarem afetando o sistema nervoso e/ou muscular, a fisiologia de crescimento e desenvolvimento, o processo de respiração celular e o sistema digestivo. A maior parte dos inseticidas comercializados, cerca de 85%, possuem ação neuromuscular, revelando uma maior eficiência de atuação deste mecanismo frente ao bloqueio ou alteração da comunicação entre os neurônios e a musculatura dos insetos, resultando em morte do inseto (Sparks & Nauem, 2015) (Fig. 2).

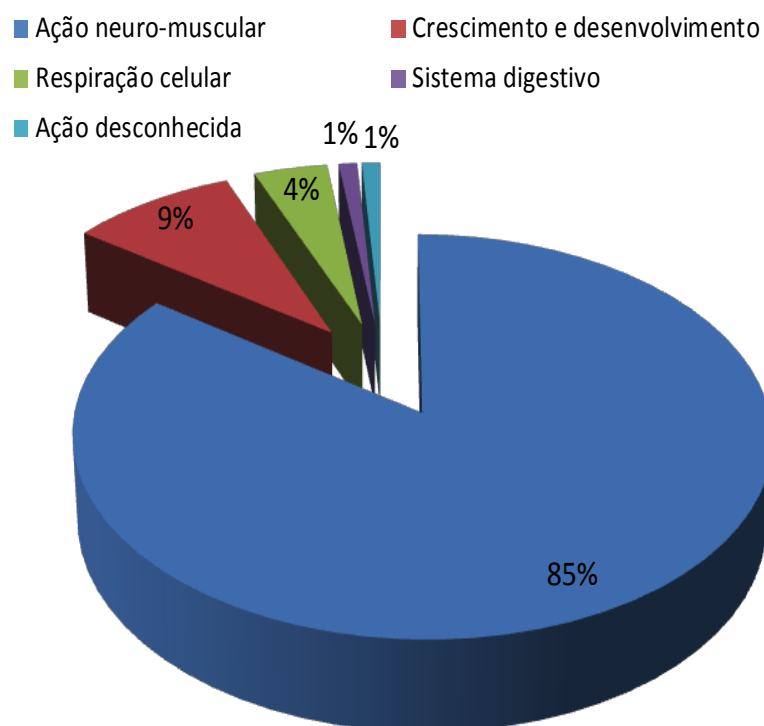


Figura 2. Mercado de venda de inseticida (% venda) pelo modo de ação. Fonte: Extraído e modificado de Spark e Nauem, 2015.

Resistência a inseticida é definida como a habilidade de uma população de insetos tolerar ou resistir a uma dose de um determinado produto, que em condições normais, causaria a mortalidade da maioria dos indivíduos a ele expostos (Fragoso, 2012). No entanto, o desenvolvimento de resistência a inseticida pode levar a uma diminuição da resposta de eficácia a um inseticida em determinada população de insetos-praga como resultado de sua aplicação contínua e consequentemente de sua interação com o inseto (Rosenhein, 1988, Kliot & Ghanin 2012).

Os inseticidas recomendados para controle de *T. limbativentris* incluem piretroides, fosforados e neonicotinoides (Tabela 1). Piretroides são conhecidos como muito eficazes e participam em misturas comerciais com registro e recomendação para percevejos do arroz (Agrofit, 2016).

Tabela 1. Inseticidas registrados para o controle de *T. limbativentris* na cultura do arroz.

Inseticida Nome Técnico	Grupo Químico	Classificação		Modo de Ação
		Toxicológica	Ambiental	
Bifentrina	Piretroide	III	II	Moduladores dos canais de Na
Carbosulfan	Metilcarbamato	II	I	Inibidor da enzima acetilcolinesterase
Etofenproxi	Éter difenílico	III	III	Moduladores dos canais de Na
L-cialotrina	Piretroide	III	I	Moduladores dos canais de Na
Tiametoxan	Neonicotinoide	III	III	Agonista do receptor da acetilcolina

Fonte: Agrofit (2016).

Informações atualizadas sobre a resistência de insetos aos inseticidas mais usados no seu manejo são pertinentes para detectar a ocorrência de alterações nos níveis de susceptibilidade da espécie aos produtos de uso corrente. O estudo incluiu testes dos inseticidas por meio de bioensaios em populações do percevejo coletadas em cinco regiões produtoras do Brasil. Este estudo foi conduzido com o objetivo de verificar a susceptibilidade de *T. limbativentris* a cinco inseticidas de diferentes mecanismos de ação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTURA DO ARROZ

Oryza sativa é uma das espécies mais cultivadas de arroz, é uma monocotiledônea da família das Poaceae (gramíneas), pertencente ao gênero *Oryza*, que detém aproximadamente vinte espécies (JULIANO, 1993). O arroz é consumido preferencialmente na forma de grãos inteiros, sendo identificados, em função do método de processamento pós-colheita, como arroz integral, arroz branco polido, e arroz parboilizado (VIEIRA; RABELO, 2006).

Aproximadamente 95% da população brasileira consome arroz e mais de 50% o fazem diariamente. Nacionalmente o “arroz-agulhinha”, por ser longo, fino, translúcido, além de macio e firme após o preparo, ocupa lugar de destaque no cenário comercial (BARATA, 2005). Cerca de 70% do total consumido no Brasil é de arroz branco polido, apresentando o maior consumo no cenário nacional. O arroz parboilizado se destaca pelo crescimento no seu consumo nas últimas décadas, ficando em segundo lugar no ranking, com aproximadamente 25% do consumo brasileiro, equivalendo a um aumento de cinco vezes nas duas últimas décadas, restando o arroz integral com 3 a 4% do consumo no mercado interno do Brasil (ELIAS et al, 2012).

Segundo o IBGE (2010) o Estado do Maranhão ocupa lugar de destaque no consumo total anual per capita de arroz no país, com pouco mais de 60 kg, seguido por Piauí e Tocantins, respectivamente; na outra extremidade, com este indicador mais baixo entre os Estados da Federação está o Amapá, com pouco mais de 10 kg (Fig. 3).

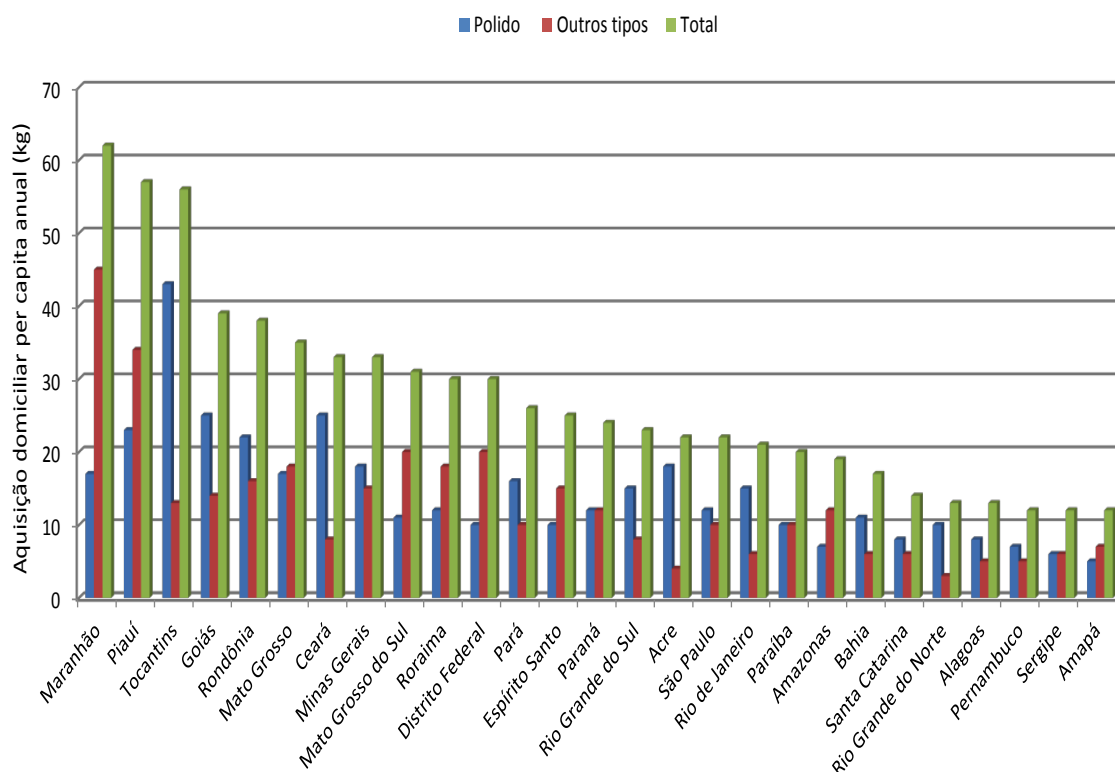


Figura 3. Aquisição domiciliar per capita anual de arroz dos estados da federação referente ao período 2008-2009 (IBGE, 2010).

O arroz exerce papel importante nos aspectos econômico e social, sendo um dos alimentos mais utilizados e comercializados mundialmente. Em nível global, destaca-se pela produtividade e área cultivada, sendo consumido em todos os continentes. Aproximadamente 150 milhões de hectares de arroz são cultivados anualmente no mundo, tornando um dos mais importantes grãos em termos de valor econômico (CONAB, 2015).

A cultura do arroz tem ainda predominância nos países em desenvolvimento. É alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas e, segundo estimativas, estes valores tendem a aumentar consideravelmente, devido ao aumento da população mundial. Fornecendo 20% da energia e 15% da proteína per capita necessária ao homem, o arroz se torna um dos alimentos com melhor balanço nutricional.

O arroz por ser uma planta extremamente versátil, que adapta-se a diferentes condições de solo e clima, é considerada a espécie de planta que apresenta maior potencial para o combate a fome no mundo (Embrapa, 2005). A produção mundial

estimada de arroz é de mais de 475 milhões de toneladas, das quais apenas 8,3 milhões são produzidas no Brasil, evidenciando a necessidade de uma produção mais eficiente (USDA/FAS, 2015).

O arroz é a principal fonte de alimento da metade da população mundial, sendo que o Brasil está entre os dez maiores produtores mundiais, mantendo uma média próxima entre a produção e o consumo (Ferreira et al 1997). Considerando o potencial produtivo das variedades disponíveis no mercado e o aumento em produtividade desta cultura, ainda se fazem necessários melhores resultados, contribuindo para o aumento a produtividade pela redução na perda dos grãos. O aumento em produtividade enfrenta muitos obstáculos, como relacionados aos estresses de ordem climática, competição com plantas invasoras e incidência de pragas e doenças, dentre outros (Balardin & Borin, 2001; Machado et al., 2011).

2.2 PERCEVEJO-DO-COLMO-DO-ARROZ

Entre os fatores mais importantes que afetam a produtividade do arroz, destaca-se a ocorrência de pragas. O inseto adulto do percevejo-do-colmo-do-arroz ou *Tibraca limbativentris* Stal, 1860, com coloração marrom o inseto adulto possui 13 mm de comprimento e 7 mm de largura (Fig. 4).

A praga pode provocar prejuízos na produtividade de até 90% quando há grandes infestações, sendo considerada a praga de maior expressão econômica. A percepção do ataque se torna difícil, pois a praga se aloja na base do colmo das plantas, e nem sempre a infestação é percebida a tempo. O inseto ataca o colmo das plantas com mais de 20 dias de idade, sendo seus danos caracterizados pela morte parcial ou total da parte central dos colmos, sintoma conhecido por "coração-morto" (Ferreira et al., 1997). O inseto torna-se mais prejudicial quando ocorre na fase reprodutiva das plantas de arroz (final da floração/início da emissão das panículas) ocasionando dano conhecido por "panícula-branca" (Martins et al., 2009; Barrigossi & Martins, 2006).



Figura 4. Adulto de *T. limbiventris*. Foto: José Francisco de Arruda e Silva.

O terço inferior das plantas, entre os colmos, é local preferido pelo inseto para alimentação e reprodução, por apresentar as condições mais favoráveis ao seu desenvolvimento, como umidade e temperatura (Souza et al., 2009). Suas posturas são de coloração esverdeada, adquirindo coloração escura com o prosseguimento de seu desenvolvimento (Fig. 5).



Figura 5. Postura de *T. limbativentris*. Foto: José Francisco de Arruda e Silva.

No período da entressafra do arroz, o percevejo-do-colmo hiberna na base de plantas de diferentes espécies hospedeiras, próximo ao solo, local de maior umidade, permanecendo neste estado por 4 a 6 meses. Após esse período, na safra do arroz, cerca de 20 dias após a emergência das plântulas de arroz os adultos hibernantes invadem as lavouras (Barrigossi & Martins, 2006). Encontram-se na base dos colmos, próximo ao colo das plantas, principalmente em partes do cultivo não atingidas pela lâmina da água de irrigação, onde ocorre a reprodução. São facilmente observados no topo das plantas de arroz os adultos e ninfas de quarto e quinto ínstar, em horários de temperatura mais elevada (Barrigossi & Martins, 2006).

As condições de umidade e temperaturas elevadas na base das plantas, além de favorecer o desenvolvimento do inseto, são propícias também pra o desenvolvimento de fungos entomopatogênicos, que podem atuar no controle dos percevejos, sendo mecanismo importante do controle natural desta praga (Martins, 2004).

2.3 CONTROLE DO PERCEVEJO-DO-COLMO

O mercado consumidor apresenta exigências fitossanitárias rigorosas, priorizando a segurança do alimento e do meio ambiente. O sistema de produção adotado pelo produtor deve então priorizar a utilização de métodos naturais, agrônômicos, biológicos e biotecnológicos de controle de pragas e doenças, minimizando o uso de produtos químicos. Desta forma, produtores que adotam boas práticas agrícolas, no contexto do Manejo Integrado de Pragas (MIP), demonstram-se aliados ao uso racional e consciente de agrotóxicos à sustentabilidade, promovendo à saúde do ser humano, bem como do ambiente (Embrapa, 2005).

Um grande problema relacionado ao percevejo-do-colmo é o fato de o controle ser efetuado, principalmente, por meio de inseticidas químicos, sem considerar princípios do manejo integrado de pragas. Em grandes lavouras com áreas superiores a 100 ha as aplicações têm sido efetuadas, basicamente, por via aérea, antecipadamente à época indicada, sem monitoramento de populações, usando em muitas das vezes inseticidas sem o registro. Grande parte das ninfas ficam protegidas entre os colmos, na base das plantas de arroz, somente os adultos no topo das plantas são atingidos pelas pulverizações, fator que contribui para o aumento da resistência devido a pressão forte de seleção provocando um mecanismo de seleção dos indivíduos previamente resistentes (Souza et al., 2009).

O percevejo-do-colmo de arroz é uma praga de difícil controle em todas as áreas de cultivo de arroz no Brasil, independentemente do sistema utilizado em sua produção (Martins et al., 2009). Segundo Souza et al. (2009), a forma mais utilizada para controlar *T. limbativentris* é por meio de produtos químicos, e os principais ingredientes ativos são tiametoxam (neonicotinoides), ciflutrina e lambda-cialotrina (piretroides).

2.4 MANEJO DA RESISTÊNCIA

Resistência de pragas a pesticidas é um problema crescente na agricultura de qualidade e de alto rendimento, sendo os pesticidas componentes integrais deste processo. O uso indiscriminado e excessivo de um pesticida pode levar ao

desenvolvimento de resistência, possibilitando prejuízos para a produção. Pragas em gerais como insetos, ervas daninhas, patógenos de plantas, entre outros, desenvolvem resistência por uma variedade de mecanismos.

Os principais fatores para o desenvolvimento de resistência consiste na forte pressão de seleção devido à falta de agrotóxicos com modo de ação diferentes disponíveis para uso. Portanto, o mesmo produto químico é utilizado repetidamente e a pressão de seleção contínua é imposta sobre a praga. Este problema é exacerbado quando a praga tem várias gerações em um único ano e cada geração é exposta ao mesmo pesticida (Miller *et al.*, 2010) (Fig. 6). A resistência pode ser apresentada ainda como cruzada ou múltipla; a resistência cruzada é caracterizada quando um único mecanismo confere resistência a dois ou mais produtos, já a resistência múltipla ocorre quando dois ou mais mecanismos distintos, conferindo resistência a inseticidas de grupos químicos diferentes (Embrapa, 2006).

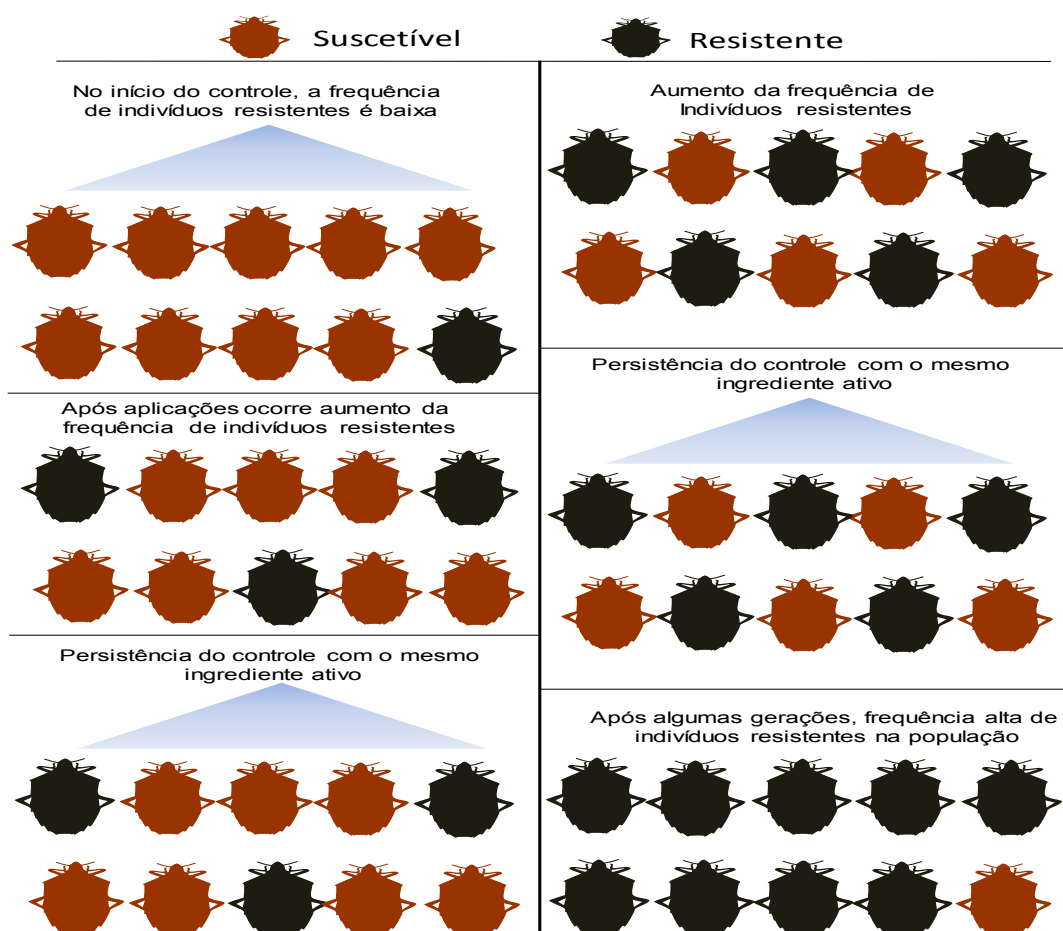


Figura 6. Esquema de seleção de resistência devido a pressão de seleção (Fragoso, 2012).

A proteção das culturas abrange um leque de abordagens, incluindo controle biológico, controle cultural, rotação de culturas, resistência de plantas, controle químico e organismos geneticamente modificados (OGM's). No geral, os métodos de controle utilizados no MIP buscam reduzir a pressão de pragas abaixo dos limiares de dano econômico em uma cultura.

Contudo, apesar de todo o aparato tecnológico disponível em novas abordagens, a utilização de inseticidas químicos continua sendo um instrumento relevante para inúmeras pragas e/ou culturas (Sparks e Nauen, 2015). A preservação da eficácia de inseticidas antigos e novos, a longo prazo, é essencial, uma vez que a disponibilidade de novos inseticidas de substituição requerem um árduo trabalho de pesquisa, alto custo e critérios de regulação cada vez mais rigorosos, dado o tempo necessário para sua comprovação e liberação (Sparks, 2013).

Com menor número de empresas envolvidas na descoberta de inseticidas, o número de novas moléculas com novos modos de ação tende a ser limitado no futuro, o que corrobora o fato dos custos de produção ter aumentado. Como tal, o manejo da resistência torna-se necessário e importante evitar ou retardar a evolução da resistência e buscar preservar a eficiência de inseticidas atuais e novos existentes no futuro. Em algumas regiões, como a Europa, por exemplo, é obrigatória a existência de documentos que abrangem a avaliação de risco de resistência para fins de registro de pesticidas (EPPO, 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Entomologia da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, Goiás. Seis populações de *T. limbativentris* provenientes das regiões produtoras de arroz dos estados de Goiás, Tocantins e Santa Catarina foram utilizadas neste estudo. A população-padrão de susceptibilidade foi coletada em Santo Antônio de Goiás - Goiás ($16^{\circ} 30' 23''$ S e $49^{\circ} 18' 05''$ O), cinco outras populações foram coletadas em lavouras comerciais de arroz irrigado nos municípios de Luíz Alves ($13^{\circ} 13' 06''$ S e $50^{\circ} 34' 22''$ O) e em Flores de Goiás ($14^{\circ} 26' 56''$ S e $47^{\circ} 03' 00''$ O), no Estado de Goiás, de Formoso do Araguaia ($11^{\circ} 47' 49''$ S e $49^{\circ} 31' 44''$ O) e de Lagoa da Confusão ($10^{\circ} 47' 38''$ S e $49^{\circ} 37' 26''$ O), no Estado do Tocantins e uma população oriunda de Itajaí ($26^{\circ} 54' 03''$ S e $48^{\circ} 46' 56''$ O), Estado de Santa Catarina (Fig. 7).

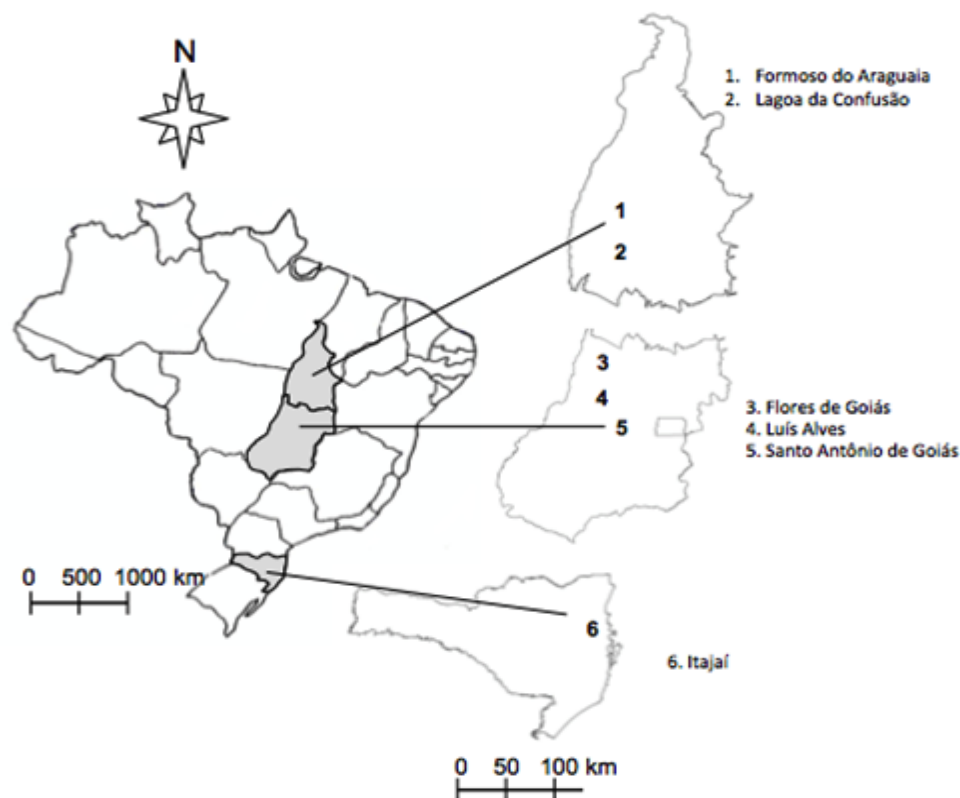


Figura 7. Locais de coleta das populações de *T. limbativentris*.

A população de *T. limbiventris* do Centro Nacional de Pesquisa em Arroz e Feijão, coletada em vegetação nativa, no município de Santo Antônio de Goiás – GO foi utilizada nesse trabalho como população-padrão de susceptibilidade, por ser uma região de baixo uso de inseticidas. A referida população encontra-se mantida em casa de vegetação desde o ano de 2009, sem uso de produtos químicos, com introdução de novos indivíduos anualmente, para fins estudo de monitoramento de susceptibilidade a inseticidas.

Todas as populações foram mantidas em casa de vegetação acondicionadas em gaiolas de criação de insetos – cobertas por tecido *tulle/voil* – contendo vasos com plantas de arroz da cultivar BR-IRGA 409, as quais eram trocadas periodicamente, verificando a qualidade e viabilidade das plantas para o desenvolvimento de *T. limbiventris* (Fig. 8 e 9). Normalmente eram colocados de 100 a 110 percevejos por vaso de planta de arroz.

Cada população era mantida em casa de vegetação isolada, para que não houvesse a possibilidade de fluxo gênico entre populações distintas. No período da manhã, devido a temperatura apresentar-se mais amena (o que provoca uma menor movimentação do inseto na planta), em dias alternados para não haver estresse do inseto, as gaiolas eram verificadas, promovendo a limpeza, extraindo insetos mortos com auxílio de uma pinça e renovando a quantidade de água colocada apenas no prato abaixo do vaso de planta, evitando com este procedimento o excesso de umidade e a proliferação de fungos entomopatogênicos.

As posturas dos insetos encontradas nas plantas eram retiradas e acondicionadas em recipientes etiquetados, discriminando as diferentes populações. Posteriormente eram levadas ao Laboratório de Entomologia para o preparo em gerbox, com papel toalha úmido, totalizando de 100 a 120 ovos por gerbox. Diariamente o papel toalha destas era borrifado com água destilada e acompanhando o seu desenvolvimento até tornarem ninfas de 2º ínstar; após este desenvolvimento eram levados novamente à casa de vegetação, sendo cuidadosamente transferidos a uma gaiola com plantas de arroz. Ao atingir a fase adulta os insetos eram cuidadosamente retirados para sua utilização nos bioensaios para avaliação de resistência aos inseticidas.



Figura 8. Plantas de arroz cultivadas em casa de vegetação para criação de *T. limbativentris* na Embrapa Arroz e Feijão.



Figura 9. Gaiolas de criação de de *T. limbativentris*.

Para a condução dos bioensaios foi empregada a metodologia proposta por Nielsen et al. (2008), com adaptações, que consistiu na utilização de frascos cilíndricos de vidro transparente de 20 mL de volume para impregnação de resíduo de inseticidas nas paredes internas, através de pipetagem criteriosa com a dosagem citada posteriormente. Os bioensaios foram conduzidos em duas etapas, o bioensaio preliminar e o definitivo.

3.1 BIOENSAIOS PRELIMINARES

Os bioensaios preliminares foram realizados com a finalidade de determinar a faixa de resposta de mortalidade dentro de um intervalo amplo de concentrações: 1 mg/mL, 10^{-1} mg/mL, 10^{-2} mg/mL, 10^{-3} mg/mL, 10^{-4} mg/mL, 10^{-5} mg/mL, mais a testemunha com solvente apenas. Esta etapa foi realizada com apenas uma repetição composta de cinco frascos (frasco de vidro de 20 mL transparentes usados em cintilação líquida) (Fragoso, 2012) (Fig. 10).

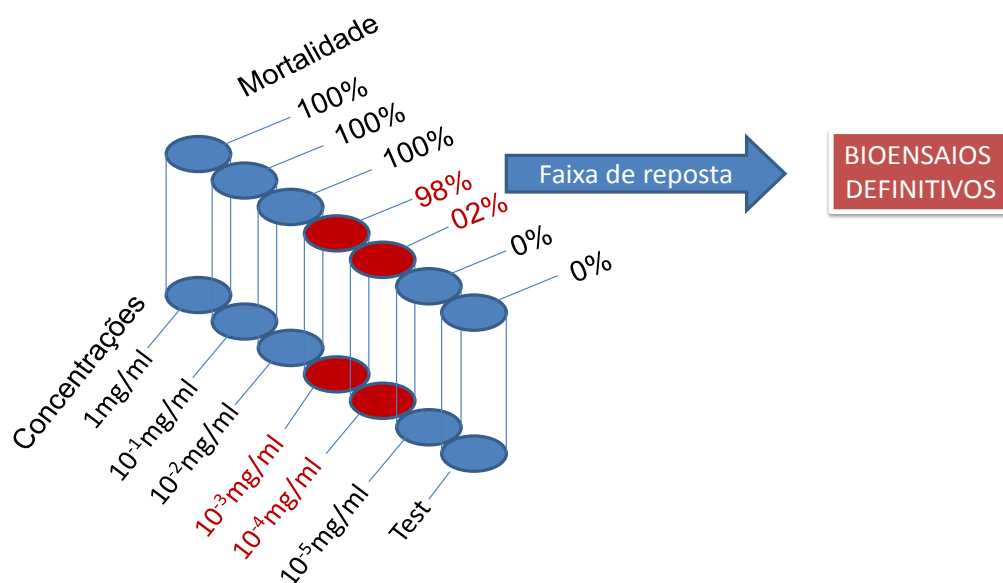


Figura 10. Esquema de seleção das concentrações de inseticidas para bioensaios definitivos (Fragoso, 2012).

Foram colocados 0,1 mL (100 μ L) em cada frasco previamente identificado com a concentração do inseticida em estudo. Após a adição da solução, girava-se o frasco de tal forma que toda a parede interna do frasco fosse molhada pela solução, com cuidado para não derramar o líquido, preservando a quantidade de substância estabelecida para o teste. Para este volume de solução o tempo de evaporação varia de dois a cinco minutos, tempo este obedecido no intuito de aguardar a volatilização do solvente. Após a completa evaporação do solvente e impregnação do resíduo do inseticida, colocavam-se dois indivíduos de *T. limbativentris* em cada frasco. Um conjunto de cinco frascos para cada produto testado, totalizando dez indivíduos/repetição, tampando-se os frascos em

seguida com tecido *tuller* ou *voil* com auxílio de liga de borracha, anotando o horário do teste.

O tempo de exposição dos insetos ao produto antes da avaliação foi de 24 horas após a colocação dos indivíduos nos frascos. Ao final das 24 horas anotavam-se os dados de mortalidade no formulário de avaliação de bioensaios, considerando insetos incapazes de caminhar após serem tocados por um pincel de ponta fina ou pinça como mortos. Posteriormente realizava-se a análise das informações e verificação da faixa de resposta dentro do intervalo amplo (exemplo: 10^{-3} mg/mL a 10^{-4} mg/mL) (Fig. 11).



Figura 11. Bioensaios preliminares de *T. limbativentris* realizado no laboratório de Entomologia da Embrapa Arroz e Feijão.

3.2 BIOENSAIOS DEFINITIVOS

Após determinar a faixa resposta de mortalidade, outro bioensaio semelhante ao anterior foi realizado para obter a curva de dose-resposta dos inseticidas testados. Nessa etapa foram utilizados 10 insetos, em cinco repetições de dois indivíduos para cada concentração do produto.

Após obtenção desses dados de mortalidade, os mesmos foram submetidos à análise de probit para determinação das concentrações letais com probabilidade de causarem mortalidade a 50 e 95% dos indivíduos expostos, ou seja, as CL_{50} e CL_{95} , respectivamente. Este procedimento estatístico disponibiliza os valores de concentrações letais (CL) com probabilidade de causar morte de 1 (CL_1) a 99% (CL_{99}) dos indivíduos expostos. A razão de resistência (RR) de cada população de campo foi calculada dividindo-se a respectiva CL_{50} da população estudada pelo valor da CL_{50} da população suscetível, que no caso foi considerada como padrão de susceptibilidade a população coletada em Santo Antônio de Goiás – GO.

Para se obter uma curva de concentração-mortalidade foram necessárias de cinco a sete concentrações por curva. Assim, uma vez determinada a faixa de resposta, foi necessário estabelecer três concentrações dentro da faixa [1/4 (25%), 1/2 (50%) e 3/4 (75%)] da concentração que ocasionou mortalidade próxima de 100% dos indivíduos (limite superior – LS) no ensaio preliminar (Fig. 12).



Figura 12. Bioensaios definitivos de *T. limbativentris* realizado no laboratório de Entomologia da Embrapa Arroz e Feijão.

Para cada tratamento do bioensaio definitivo foram necessários 4mL de volume de solução. O preparo destas soluções foram feitos a partir das concentrações que ficaram acima do limite superior de resposta (10 mg/mL, 1 mg/mL, 10^{-1} mg/mL e 10^{-2} mg/mL), para isto aplicou-se a seguinte forma:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

Neste cálculo considera-se a primeira concentração (C_1) multiplicada pelo primeiro volume (V_1) em relação a segunda concentração (C_2) multiplicada pelo segundo volume (V_2), obedecendo a quantidade de 4mL de solução ao finalizar o cálculo.

Após o cálculo e o preparo da solução para realização do bioensaio definitivo colocava-se 0,1 mL (100 μ L) em cada frasco previamente identificado com a concentração do inseticida em estudo. Colocada a solução, girava-se o frasco de modo que toda a parede interna do frasco fosse molhada pela solução, resguardando para não derramar o líquido, preservando a quantidade de substância estabelecida para o teste. Para este volume de solução o tempo de evaporação é cerca de dois a cinco minutos, tempo este obedecido no intuito de aguardar a volatilização do inseticida. Após a evaporação e impregnação do resíduo do inseticida, colocava-se dois indivíduos de *T. limbativentris* em cada frasco em um conjunto de cinco frascos para cada produto testado, totalizando dez indivíduos/repetição, tampando-se os frascos em seguida com tecido *tuller* ou *voil* com auxílio de liga de borracha, anotando o horário do teste.

O tempo de avaliação foi de 24 horas após a colocação dos indivíduos nos frascos. Ao final das 24 horas anotava-se os dados de mortalidade no formulário de avaliação de bioensaios, considerando insetos incapazes de caminhar após serem tocados por um pincel de ponta fina ou pinça como mortos. Posteriormente realizava-se a análise das informações e verificação da faixa de resposta dentro do intervalo amplo (exemplo: 10^{-3} mg/mL a 10^{-4} mg/mL). O cálculo da área interna do frasco de vidro foi realizado para transformar dados das concentrações de mg/mL para unidade de área miligrama ou micrograma (μ g/cm²) (Fig. 13).

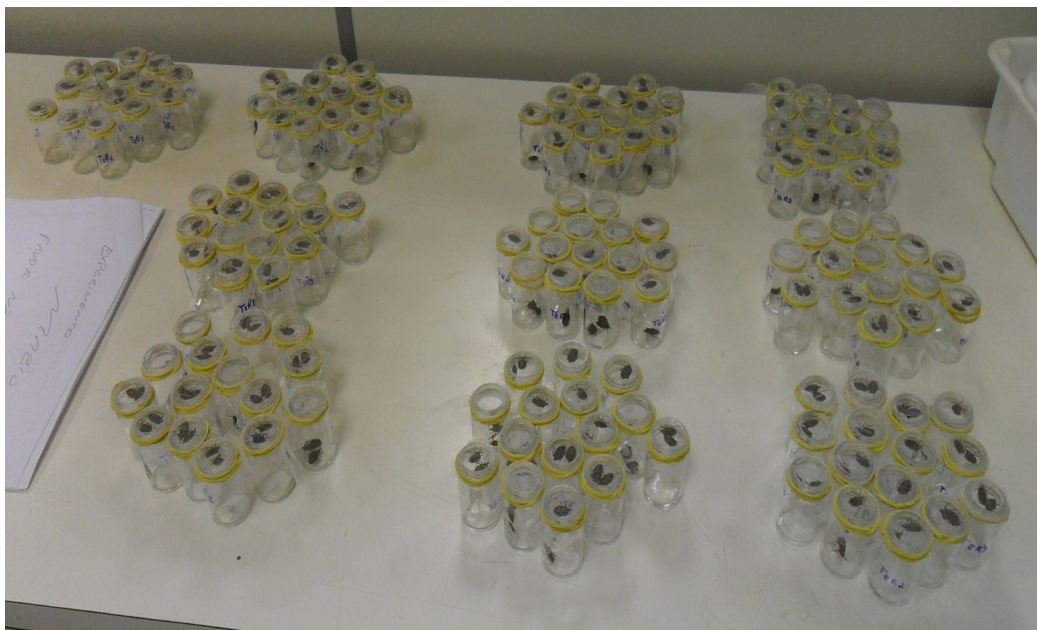


Figura 13. Bioensaios definitivos de *T. limbativentris* realizado no laboratório de Entomologia da Embrapa Arroz e Feijão.

Ao colocar os insetos no frasco fixou-se a tampa (ou tecido *voil/tuller*), impedindo que os insetos escapassem, porém deve ser capaz de permitir o fluxo de ar. Para percevejos os bioensaios são realizados com indivíduos aos pares no experimento. Os tubos devem ser deixados na posição vertical à temperatura ambiente até que os insetos sejam avaliados final do bioensaio, verificando a mortalidade (Miller *et al.*, 2010).

O processo para os bioensaios seguiram os padrões da Organização Mundial de Saúde (OMS, 1992). Realizados os testes e obtidas as respostas de cada bioensaio, os dados foram submetidos a análise de Probit pelo *Data Analysis Examples* (SAS) (FINNEY, 1971). De acordo com a OMS (1992) foi utilizado o seguinte critério para determinar a resistência: se a mortalidade for igual ou superior a 98% configura status de susceptível, valores entre 80% e 97% de mortalidade, sugerem verificação da resposta com a repetição do experimento, e dados abaixo de 80% de mortalidade considera-se o indivíduo como resistente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo foram realizados bioensaios para delimitar populações eventualmente resistentes a um inseticida neonicotinoide, um carbamato e três piretroides em seis populações de *T. limbativentris*, sendo uma destas populações (Santo Antônio de Goiás) utilizada como padrão de susceptibilidade, por ter sido coletada em área natural, com baixa utilização de inseticidas. Com os valores das CL₉₅ (Tabela 2) obtidos para os cinco inseticidas foi possível realizar a varredura para inferir quais populações eram susceptíveis ou resistentes (Tabela 3).

Tabela 2. Toxicidade dos inseticidas para a população de Santo Antônio de Goiás (GO), população-padrão de susceptibilidade.

Inseticida	N	Inclinação ± EP	CL ₅₀ (IC 95%) µg i.a.cm-2	CL ₉₅ (IC 95%) µg i.a.cm-2	X ²	Prob.
Bifentrina	50	0,98 ± 0,12	0.02 (0.01-0.03)	0.05 (0.03-0.17)	13,79	0,74
Carbosulfan	50	0,71 ± 0,12	0.34 (0.23-0.55)	2.01 (1.05-4.55)	30,31	0,34
Etofenproxi	50	0,80 ± 0,11	0.40 (0.26-0.96)	1.21 (0.11-4.46)	17,61	0,54
L-cialotrina	50	0,83 ± 0,21	0.07 (0.03-0.17)	0.21 (0.08-3.50)	9,44	0,80
Tiametoxan	50	0,72 ± 0,15	0.02 (0.01-0.003)	0,17 (0.09-0.63)	3,32	0,34

N = número de insetos utilizados nos bioensaios de concentração mortalidade; EP = erro padrão da média; CL = Concentração Letal; RR = Razão de resistência, obtida pela divisão do valor da CL de cada população resistente pelo valor da CL da população susceptível; IC = intervalo de confiança; X² = Qui-quadrado.

Os resultados obtidos através dos bioensaios preliminares (concentração-resposta) utilizando a população padrão de susceptibilidade, foram importantes para determinar as concentrações discriminatórias (CL₉₅s) dos inseticidas em análise para estas populações permitiu reconhecer populações de *T. limbativentris* resistentes nas principais regiões produtoras de arroz estudadas (Tabela. 3).

Tabela 3. Dados dos bioensaios de varredura para detecção de resistência em populações de *Tibraca limbativentris*.

População	% Mortalidade pela CL-95 de inseticidas				
	Bifentrina	Carbossulfan	Etofenproxi	L-cialotrina	Tiametoxam
Flores de Goiás - GO	97	100	92	95	97
Formoso do Araguaia - TO	86*	76*	72*	90*	80*
Itajaí - SC	97	100	95	95	100
Lagoa da Confusão - TO	95	100	95	95	90*
Luíz Alves - GO	95	96	85*	95	82*
Santo Antônio de Goiás - GO	96	95	98	94	95

*populações resistentes

As populações de *T. limbativentris* coletadas no município de Formoso do Araguaia mostraram-se resistentes aos inseticidas bifentrina, carbossulfan, etofenproxi, lambda-cialotrina e tiametoxam (Tabela. 4). A população de Luíz Alves – GO apresentou resistência aos inseticidas etofenproxi e tiametoxam. As frequências de indivíduos resistentes de *T. limbativentris* na população de Formoso do Araguaia foi 86% para bifentrina, 76% para carbossulfan, 72% para etofenproxi e 80% para o inseticida tiametoxam. Na população de Luís Alves os valores da frequência de indivíduos resistentes foram 85% para etofenproxi e 82% para o inseticida tiametoxam.

Os parâmetros toxicológicos obtidos das curvas de concentração-mortalidade para os inseticidas nas populações de *T. limbativentris* resistentes são apresentados na Tab. 4. Foram observados valores de razões de resistência (RR) variando de 2,5 a 17 e de 1,7 a 12 vezes para as populações de Formoso do Araguaia-TO e de Luís Alves – GO, respectivamente.

Tabela 4. Parâmetros toxicológicos das curvas de concentração-mortalidade de diferentes inseticidas para populações de *Tibraca limbativentris*.

Inseticida	População	N	Inclinação ± EP	CL ₅₀ (IC 95%) µg i.a.cm ⁻²	CL ₉₅ (IC 95%) µg i.a.cm ⁻²	RR	χ ²	P > χ ²
Bifentrina	Santo Antônio de Goiás	50	0.98 ± 0.12	0.02 (0.01-0.03)	0.05 (0.03-0.17)	--	13.79	0.74
	Formoso do Araguaia	50	0.95 ± 0.16	0.05 (0.02-0.07)	0.11 (0.07-0.32)	2,5	16.59	0.55
	Luíz Alves	50	0.66 ± 0.13	0.04 (0.02-0.06)	0.09 (0.04-0.38)	2.0	21.56	0.55
Carbosulfan	Santo Antonio de Goiás	50	0.71 ± 0.12	0.34 (0.23-0.55)	2.01 (1.05-0,4.55)	--	30.31	0,34
	Formoso do Araguaia	50	0.84 ± 0,26	1.57 (1.07-5.20)	6.53 (2.92-10.80)	4.6	14.70	0.68
	Luíz Alves	50	0.66 ± 0.13	0.38 (0.12-1.28)	2.86 (1.25-0,6.25)	1.1	21.56	0.55
Etofenprox	Santo Antônio de Goiás	50	0.80 ± 0.11	0.40 (0.26-0.96)	1.21 (0.11-4.46)	--	17.61	0.54
	Formoso do Araguaia	50	0.82 ± 0.20	1.21 (0.96-1.34)	1.84 (1.50-3.88)	3.0	12.96	0.67
	Luíz Alves	50	1.27 ± 0.31	0.71 (0.46-1.06)	1.73 (1.15-4.78)	1.7	17.79	0.33
L-cialotrina	Santo Antônio de Goiás	50	0.83 ± 0.21	0.07 (0.03-0.17)	0.21 (0.08-3.50)	--	9.44	0.80
	Formoso do Araguaia	50	0.87 ± 0.12	0.21 (0.15-0.32)	0.78 (0.48-2.98)	2.75	13.46	0.91
Thiametoxan	Santo Antônio de Goiás	50	0.72 ± 0.15	0.02 (0.01-0.003)	0,17 (0.09-0.63)	--	3.32	0.34
	Formoso do Araguaia	50	0.70 ± 0.07	0.32 (0.15-0.50)	1.53 (0.92-5.57)	17	0.84	0.83
	Luíz Alves	50	0.59 ± 0.10	0.23 (0.07-0.38)	1.34 (0.76-5.76)	12	1.08	0.78

N = números de insetos usados; EP = Erro padrão da média; CL = Concentração Letal; RR = Taxa de Resistência; IC = Intervalo de Confiança; χ² = Qui-Quadrado.

Resistência a inseticidas atualmente constitui o mais sério problema que afeta e influencia o controle e o manejo de insetos-praga (Spark e Nauem, 2015). Resistência a pesticidas é um fator que afeta a produção mundial de alimentos e fibras, mas que tem sido contido pela disponibilidade de diversos compostos com modos de ação diferentes (Holomom, 2012). Todavia, em alguns casos a estratégia de manejo de resistência a inseticidas baseada na rotação de princípios ativos de modo de ação diferentes, não tem sido suficiente devido algumas espécies de insetos se tornarem resistentes a praticamente todos compostos com diferentes modos de ação, incluindo as culturas contendo eventos de transgenia a Bt (Tabashnik et al., 2013).

Muitos fatores influenciam o desempenho e o nível de efeitos adversos, como por exemplo, um desempenho satisfatório de um pesticida depende do limite de controle necessário para alcançar um benefício estabelecido. Primordialmente, o produto deverá ser capaz de diminuir o nível de pragas ou o seu dano abaixo de um limiar econômico ou fitossanitário. Comparar controles não tratados com tratamentos auxilia no desenvolvimento da base da tomada de decisão sobre a aceitabilidade de utilização de produtos (EPPO, 2012).

Considerando que ingredientes ativos registrados para o controle de *T. limbativentris* são apenas três: carbossulfan, cujo modo de ação é um inibidor da enzima acetilcolinesterase; lambda-cialotrina, um modulador dos canais de sódio; tiametoxam, um agonista do receptor da acetilcolina e que o percevejo-do-colmo-do-arroz apresenta comportamento de isolamento das populações de *T. limbativentris* (Rampelloti et al., 2008), esses dados já revelam quanto sério pode se tornar o controle do percevejo-do-colmo-do-arroz.

A pressão de seleção diminui a variabilidade genética das espécies, atuando na seleção de indivíduos adaptados aos fatores bióticos e abióticos presentes no ambiente em que estão inseridos. Estudo realizado sobre a diversidade genética de *T. limbativentris* mostra que mesmo com alta similaridade entre algumas populações, não ocorre sobreposição entre elas, indicando que cada população dessa espécie tende a ser única, ou seja, considerando a distância geográfica e as características de baixa migração e de

hibernação na escassez de alimentos em determinados períodos do ano, elas sofrem um processo de isolamento genético/reprodutivo (Rampelloti *et al.*, 2008).

Nesse contexto, o uso intensivo de inseticidas associado a disponibilidade de poucos compostos registrados para o controle de *T. limbativentris* nas regiões produtoras de arroz irrigado em Formoso do Araguaia e Luís Alves estaria induzindo à seleção de indivíduos resistentes aos produtos mais aplicados, como carbossulfan, lamba-cialotrina e tiametoxam, observados nesse estudo.

A população de *T. limbativentris* proveniente de Santo Antônio de Goiás-GO apresentou menor valor de CL_{50} ($0.02 \mu\text{g i.a.cm}^{-2}$) entre as populações estudadas e pode ser considerada como população-padrão de suscetibilidade no estudo. Ela foi usada como parâmetro para comparar e diferir populações de *T. limbativentris* resistentes aos inseticidas investigados, por meio da taxa de resistência (RR).

Segundo Campos e Andrade (2003) uma população pode ser considerada: tolerante se a $RR < 3$; de baixa resistência se a $RR > 3$ e < 5 ; de moderada resistência se a $RR > 5$ e < 10 ; de média resistência se a $RR > 10$ e < 20 ; e altamente resistente se a $RR > 20$. Deste modo, para os inseticidas estudados as populações de *T. limbativentris* provenientes de Formoso do Araguaia-TO e Luís Alves-GO, podem ser caracterizadas por se apresentarem como tolerantes a níveis médios de resistência. Fato este que corrobora com reclamações de falhas de controle desse inseticida relatadas por produtores nessas regiões de cultivo.

O número de casos de resistência a inseticidas, o número de espécies e compostos envolvidos tem aumentado continuamente desde a síntese do primeiro inseticida dicloro-difenil-tricloroetano (DDT), atingindo o número de 586 espécies e 325 compostos, inclusive superando os registros de casos de resistência a herbicidas e fungicidas (Sparks e Nauem, 2015).

Diante dessa realidade, métodos sobre estudo de resistência a inseticidas e manejo da resistência (MRI) tem sido amplamente discutidos (Tabashnik *et al.*, 2014). A indústria de proteção de plantas também tem reconhecido a sua devida importância, bem como a necessidade de um esforço proativo e conjunto para o manejo da resistência a inseticida, visando uma resposta global ao crescente desenvolvimento do fenômeno.

Fatores como o tempo, a limitação de novos sítios alvos e alto custo envolvido na descoberta e desenvolvimento de novos inseticidas aponta para que estudos de monitoramento sejam realizados e estratégias abarcadas para que o desenvolvimento de resistência seja minimizado (Sparks, 2013).

Os resultados sobre resistência a inseticidas em populações de *T. limbativentris* obtidos nesse estudo são importantes para a escolha e adoção das estratégias de manejo de resistência a inseticidas (MRI), no sentido de orientar produtores para redução da pressão de uso dos inseticidas nessas localidades e rotação de princípios ativos, principalmente ao inseticida tiametoxam, visando prevenir e/ou retardar o desenvolvimento de populações altamente resistentes aos produtos analisados. As informações obtidas serão utilizadas para orientação técnica quanto ao uso do controle químico e manejo de resistência a inseticidas (MRI) em populações do percevejo-do-colmo-do-arroz, considerado um dos insetos-praga mais importantes da cultura do arroz nas regiões produtoras de Goiás e Tocantins. De acordo com Gordon *et al.* (2015) os problemas associados à resistência sugerem que a rotação de inseticidas ou mesmo utilização de métodos de controle sem inseticidas pode contribuir para uma estratégia eficaz na gestão da resistência. Revelando a importância deste estudo em fornecer dados para a avaliação e tomada de decisão na escolha dos produtos a serem aplicados no controle de *T. limbativentris*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste trabalho permitem inferir que as populações de *T. limbativentris* coletadas nos municípios em análise apresentam níveis diferentes de resistência e/ou susceptibilidade aos inseticidas testados. Tais dados apontam a necessidade de implementação de programas adequados de manejo quanto ao uso de inseticidas nas regiões produtoras de arroz. Para tanto se faz necessário novos estudos a fim de revelar técnicas cada vez mais precisas no controle do percevejo-do-colmo-do-arroz, principalmente no que tange ao controle biológico, controle cultural, ecologia química e biotecnologia ao melhoramento genético de plantas, sendo estes mecanismos menos agressivos à saúde humana e ao meio ambiente. Contudo o controle químico apresenta melhores resultados, tema este que atua então como norteador para estimular pesquisas inéditas.

As populações de Formoso do Araguaia – TO e de Luíz Alves – GO mostraram-se resistentes a alguns inseticidas analisados. Deste modo, fica evidente a necessidade de se implementar ações de Manejo de Resistência a Inseticidas (MTI) para o controle efetivo do *T. limbativentris*. Com o conhecimento do modo de ação dos inseticidas há possibilidade de manejo da resistência aos inseticidas, por meio da rotação de ingredientes ativos e uso mediante monitoramento.

Os resultados obtidos nesse estudo, embora constituam de informações básicas de detecção de populações resistentes, são úteis para orientação técnica de produtores de arroz e importantes por servirem de bases para futuros trabalhos que explorem investigações a nível metabólico ou molecular nesta espécie. Torna-se evidente a necessidade de mais pesquisa em relação à detecção de resistência em insetos, possibilitando inferências em tempo hábil junto aos agricultores; para tanto a sugestão de prosseguimento de estudos em diferentes níveis de ensino, no intuito de disseminar informações pertinentes que levem à um resultado satisfatório no controle de pragas, sobretudo o *T. limbativentris*.

6 REFERÊNCIAS

- AGROFIT, Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em:
<http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 09 ago. 2016.
- ALBERGONI, L.; PELAEZ, V. **Da Revolução Verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas**. Revista de Economia, v. 33, n. 1, p. 31-53, 2007.
- BALARDIN, R.S.; BORIN R.C. **Doenças na cultura do arroz irrigado**. Santa Maria, v. 2. p. 48, 2001.
- BARATA, T. S. **Caracterização do consumo de arroz no Brasil: um estudo na Região Metropolitana de Porto Alegre**. 2005. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios)– Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Cepan, Porto Alegre, RS, 2005.
- BARRIGOSI, J. A. F.; MARTINS, J. F. S. **Pragas e Método de Controle**. In: EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO.v.7, 2006. Disponível em:
<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltasMatoGrosso/pragas_metodos_controle.htm>Acesso em: 29jun. 2014.
- BRATTSTEN, L. B.; HOLYOKE, J. R.; L. W.; LEEPER, J. R.; RAFFIA, K. F., **Insecticide resistance: challenge to pest management and basic research**. Science, v. 231, p. 1255-1260, 1986.
- CAMPOS, J.; ANDRADE, C.F.S. **Susceptibilidade larval de populações de *Aedes aegypti* e *Culex quinquefasciatus* a inseticidas químicos**. Revista Saúde Pública, 37, n. 4, 2003.
- CEZAR, H. S.; ARBURGIERI, F.; SERAFINI, P. T.; CADORE, P.; BRAGA, M. T.; PATIAS, D. **Avaliação de inseticidas no controle de *Oebalus poecilus***. In: VIII

CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2013, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Gráfica e Editora Pallotti, 2013. v. 01. p. 719-722.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura do arroz**. Organizador Aroldo Antonio de Oliveira Neto. – Brasília: CONAB, 2015. 180 p.

ELIAS, M. C. F.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N. L.; PARAGINSKI, R. T.; SCHIAVON, R. A. Industrialização de arroz por processo convencional e por parboilização. In: ELIAS, M. C. F.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N. L. (Ed.). **Qualidade de arroz da pós-colheita ao consumo**. Pelotas: Ed. Universidade da UFPEL, 2012. cap. 4, p.43-55.

EMBRAPA. **Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil**. Embrapa Clima Temperado Sistemas de Produção, v. 3, Versão Eletrônica, Nov. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap01.htm>> Acesso em: 10 jul. 2014.

EMBRAPA. **Tipos de Resistência**. Embrapa Clima Trigo, v. 58, Versão Eletrônica, Ago. 2006. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do58_3.htm> Acesso em: 17 set. 2016.

EPPO/OEPP. **Efficacy evaluation of plant protection products: resistance risk analysis**. EPPO Std. PP 1/213, 2012.

FERNANDES, J.A.M. & GRAZIA, J. **Revision of the genus *Tibraca* Stål** (Heteroptera, Pentatomidae, Pentatominae). Rev. Bras. Zool. 15 (4): 1049-1060, 1998.

FERREIRA, E.; ZIMMERMANN, F. J. D.; SANTOS, A. B.; NEVES, B. P. **O percevejo do colmo na cultura do arroz**. Goiânia, EMBRAPA- Arroz e Feijão, p. 43, 1997.

FINNEY, D. J. **Probitanalysis**. Cambridge (UK):Cambridge University Press; 1971.

FRAGOSO, D. B. **Protocolo de Bioensaios para Estudos de Resistência à Inseticidas**.Embrapa Arroz e Feijão. Jan. 2012.

GEORGHIOU, G. P. **The evolution of resistance to pesticides**. Annual Review of Ecology and Systematics, 3, p. 133-168. 1972.

GORDON, J. R.; POTTER, M. F.; HAYNES, K. F. **Insecticide resistance in the bed bug comes with a cost.** Scientific Reports. 5: 10807, 2015.

HOLLOMON, D.W. **Do we have the tools to manage resistance in the future?** Pest Manag Sci, 68, p. 149–154, 2012.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares: Aquisição domiciliar per capita.** v. 166. Rio de Janeiro, RJ. 2001-120. 2010.

JULIANO, B. O. **Rice in human nutrition.** Rome. FAO, 1993. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/t0567e/T0567E00.htm#Contents>>. Acesso em: 29 mai. 2015.

KLIOT, A.; GHANIM, M. **Fitness costs associated with insecticide resistance.** *Pest Manag Sci*, v. 68, p. 1431–1437, 2012.

MACHADO, R. T.; GUEDES, J. V. C.; JUNGES, E.; ARRUE, A.; STURMER, G.; PERINI, C.; CAMPOS, P.; MALLMANN, F. Eficiência de inseticidas no controle de percevejo do grão e percevejo do colmo na cultura do arroz irrigado. In: XV SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO/SEPE UNIFRA, 2011, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Editora da Unifra, 2011, p. 1-6.

MARTINS, J. F. S.; BARRIGOSI, J. A. F.; OLIVEIRA, J. V.; CUNHA, E.U.A. **Situação do Manejo Integrado de insetos-praga na Cultura do Arroz no Brasil.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 40, 2009.

MARTINS, J. F. S.; BOTTON, M.; CARBONARI, J. J.; QUINTELA, E. D. Eficiência de *Metarhizium anisopliae* no controle do Percevejo-do-Colmo *Tibraca limbativentris* (Heteroptera: Pentatomidae) em lavoura de arroz irrigado. **Ciência Rural.** Santa Maria, v.34, n.6, p. 1681-1688. 2004.

MILLER, A. L.; TINDALL, K.; LEONARD, B. R. **Biossays for Monitoring Insecticide Resistance.** J. Vis. Exp. (46), e2129, DOI: 10.3791/2129, 2010.

NIELSEN, A. L.; SHEARER, P. W. & HAMILTON, G. C. Toxicity of Insecticides to *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) using glass-vial bioassays. **Journal Economic Entomology.** v. 101, p. 1439-1442. 2008.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **Vector resistance to pesticides.**

Geneva; 1992. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2393148/pdf/bullwho00055-0004.pdf>>

Acesso em: 10 jul. 2014.

RAMPELOTTI, F.T; FERREIRA, A; TCACENCO, F.A; MARTINS, J.F.S;

GRÜTZMACHER, A.D; PRANDO, H.F. **Diversidade Genética de *Tibraca***

***limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) de Santa Catarina e do Rio Grande do**

Sul, Usando Marcadores RAPD. Neotropical Entomology 37(1): p. 20-29, 2008.

ROSENHEIM, J. A., and M. A. Hoy. 1988. **Sublethal effects of pesticides on the**

parasitoid *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). J. Economy of Entomology

81:476-483.

SPARKS, T. C. **Insecticide discovery: An evaluation and analysis.** Pesticide

Biochemistry and Physiology, v. 107, p. 8–17, 2013.

SPARKS, T. C., NAUEN, R. **IRAC: Mode of action classification and insecticide**

resistance management. Pesticide Biochemistry and Physiology, v. 121, p. 122–128,

2015.

SOUZA, J. R.; FERREIRA, E.; CARGNELUTTI FILHO, A.; Boiça JR, A. L.; CHAGAS,

E. F.; MONDEGO, J. M. Divergência genética de cultivares de arroz Quanto à Resistência

a *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, New

York, v.38, n.5, p.671-676, 2009.

TABASHNIK, B.E; BRÉVAULT, T; CARRIÈRE, Y. **Insect resistance to Bt crops:**

lessons from the first billion acres. Nature Biotechnology 31, p. 510–521, 2013.

TABASHNIK, B.E; MOTA-SANCHEZ, D; WHALON, M.E; HOLLINGWORTH, R.M;

CARRIÈRE, Y. 2014. **Defining terms for proactive management of resistance to Bt**

crops and pesticides, J. Econ. Entomol. 107, p. 496–507, 2014.

USDA/FAS. **Grain:** world markets and trade. May, 2015. Disponível em:

<<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2016.

VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R. Qualidade tecnológica. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio da Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap. 23. p. 869-900.