



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**INFLUÊNCIA DE SEMIOQUÍMICOS EMITIDOS POR PLANTAS DE
ARROZ NO COMPORTAMENTO DE *Tibraca limbativentris*, *Glypheidon spinosa*
(HETEROPTERA: PENTATOMIDAE) E *Telenomus podisi* (HYMENOPTERA:
PLATYGASTRIDAE)**

LUCAS ADJUTO ULHOA

Orientador:

Ph.D. José Alexandre Freitas Barrigossi

Coorientadora:

Dra. Maria Carolina Blassioli Moraes

Goiânia, GO - Brasil

Abril - 2018

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
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: Lucas Adjuto Ulhoa

Título do trabalho: INFLUÊNCIA DE SEMIOQUÍMICOS EMITIDOS POR PLANTAS DE ARROZ NO COMPORTAMENTO DE *Tibraca limbativentris*, *Glyphepomis spinosa* (HETEROPTERA: PENTATOMIDAE) E *Telenomus podisi* (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE).

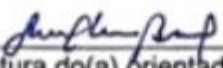
3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ **SIM** ☐ **NÃO**¹

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(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 15 / 05 / 2018

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.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² A assinatura deve ser escaneada.

LUCAS ADJUTO ULHOA

**INFLUÊNCIA DE SEMIOQUÍMICOS EMITIDOS POR PLANTAS DE
ARROZ NO COMPORTAMENTO DE *Tibraca limbativentris*, *Glypheidomyia spinosa*
(HETEROPTERA: PENTATOMIDAE) E *Telenomus podisi* (HYMENOPTERA:
PLATYGASTRIDAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás,
como requisito parcial à obtenção do título de Mestre
em Agronomia, área de concentração: Fitossanidade.

Orientador:

Ph.D. José Alexandre Freitas Barrigossi

Coorientadora:

Dra. Maria Carolina Blassioli Moraes

Goiânia, GO - Brasil

Abril - 2018

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

Adjuto Ulhoa, Lucas
INFLUÊNCIA DE SEMIOQUÍMICOS EMITIDOS POR PLANTAS
DE ARROZ NO COMPORTAMENTO DE *Tibraca limbativentris*,
Glyphepomis spinosa (HETEROPTERA: PENTATOMIDAE) E
Telenomus podisi (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE)
[manuscrito] / Lucas Adjuto Ulhoa. - 2018.
LXXXI, 81 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. José Alexandre Freitas Barrigossi; co
orientadora Dra. Maria Carolina Blassioli Moraes.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola
de Agronomia e Engenharia de Alimentos (EAEA), Programa de Pós
Graduação em Agronomia, Goiânia, 2018.

Bibliografia.

Inclui siglas, fotografias, abreviaturas, gráfico, tabelas.

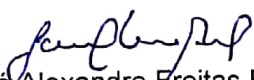
1. *Oryza sativa*. 2. Compostos orgânicos voláteis. 3. Percevejos. 4.
Parasitoide de ovos. I. Barrigossi, José Alexandre Freitas, orient. II.
Título.

CDU 632

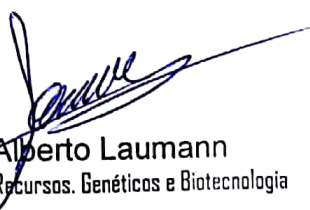


ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos dezoito dias do mês de abril do ano de dois mil e dezoito (18.04.2018), às 13h30min, no auditório do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da EA/UFG, reuniu-se a Banca Examinadora, composta pelos membros, Dr. José Alexandre Freitas Barrigossi - orientador e Presidente da Banca, Dr. Diego Martins Magalhães e Dr. Raul Alberto Laumann, para a realização da sessão pública da defesa de Dissertação intitulada: "**INFLUÊNCIA DE SEMIOQUÍMICOS EMITIDOS POR PLANTAS DE ARROZ NO COMPORTAMENTO DE *Tibraca limbativentris*, *Glyphepomis spinosa* (HETEROPTERA: PENTATOMIDAE) e *Telenomus podisi* (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE)**", de autoria de **Lucas Adjuto Ulhoa**, discente do curso de **Mestrado**, na área de concentração em **Fitossanidade**, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFG. A sessão foi aberta pelo presidente, que fez a apresentação formal dos membros da Banca e deu início as atividades relativas a defesa da Dissertação. Passou à palavra ao mestrando que em quarenta minutos apresentou o seu trabalho. Após a exposição, o candidato foi arguido pelos membros da banca. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. De acordo com a Resolução CEPEC 1403/2016, de 10 de junho de 2016 que regulamenta os Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu* na UFG, a Banca Examinadora considerou a Dissertação "**APROVADA**", com as correções recomendadas, estando integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE** em Agronomia, na área de concentração em **FITOSSANIDADE**, pela Universidade Federal de Goiás. O mestrando poderá efetuar as modificações sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar nova versão eletrônica da Dissertação à Secretaria do PPGA, no prazo máximo de trinta dias após a data da Defesa. 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 acatadas as modificações sugeridas. Para finalizar, o Presidente agradeceu os membros examinadores, congratulou-se com o mestrando e encerrou a sessão às 16h45min, 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.


Dr. José Alexandre Freitas Barrigossi
Presidente da Banca - Embrapa Arroz e Feijão


Dr. Diego Martins Magalhães
Membro - Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia


Dr. Raul Alberto Laumann
Membro - Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Goiás, principalmente à Escola de Agronomia pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Aos professores da área de Fitossanidade pelos conhecimentos e ensinamentos transmitidos.

À Embrapa Arroz e Feijão e à Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia por ter me propiciado os recursos e condições para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Dr. José Alexandre Freitas Barrigossi por acreditar em mim para a realização de um trabalho de qualidade, pelos ensinamentos, paciência e apoio na execução deste trabalho.

À minha coorientadora Dra. Maria Carolina Blassioli Moraes pelos ensinamentos, paciência e apoio na execução deste trabalho.

À Dra. Juliana Duarte de Souza Alonso, Edson Djalma Dias Jacinto, Genoquinha Vaz Machado, Gerusa Vaz de Souza, José Francisco de Arruda, Jaqueline Gomes e Muriel Rizental do Laboratório de Entomologia da Embrapa Arroz e Feijão, pela paciência, ensinamentos e apoio.

Ao Dr. Diego M. Magalhães, Dr. Raúl Alberto Laumann, Dr. Miguel Borges e Dra. Mirian Michereff do Laboratório de Semioquímicos da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, pela paciência, ensinamentos e apoio.

À minha família, pelo carinho, incentivo e apoio.

Muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 CULTURA DO ARROZ	12
2.2 <i>Tibraca limbativentris</i>	15
2.3 <i>Glypheidomyia spinosa</i>	19
2.4 <i>Telenomus podisi</i>	21
2.5 INTERAÇÃO INSETO-PLANTA	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 PLANTAS	26
3.2 CRIAÇÃO DOS PERCEVEJOS.....	27
3.3 CRIAÇÃO DE <i>Telenomus podisi</i>	30
3.4 COLETA DE VOLÁTEIS DAS PLANTAS DE ARROZ	31
3.5 BIOENSAIO COM OS PERCEVEJOS	35
3.6 BIOENSAIOS COM <i>Telenomus podisi</i>	38
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
6 REFERÊNCIAS	70

RESUMO

ULHOA, L.A. **Influência de semioquímicos emitidos por plantas de arroz no comportamento de *Tibraca limbativentris*, *Glypheidemia spiroborata* (Heteroptera: Pentatomidae) e *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygastridae).** 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitossanidade) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, 2018.

Tibraca limbativentris Stål é um dos insetos mais prejudiciais à cultura do arroz no Brasil, principalmente em cultivos irrigados. *Glypheidemia spiroborata* Campos & Grazia é um percevejo com importância econômica ainda secundária, porém a frequência de sua ocorrência vem aumentando nas regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil. Para se defender desses percevejos, as plantas podem emitir compostos orgânicos voláteis que atuam diretamente como substâncias repelentes ou tóxicas, ou indiretamente, como atrativas aos inimigos naturais auxiliando na localização de seus hospedeiros. Estudos relacionados à comunicação química entre insetos e plantas são fundamentais para o entendimento do processo de busca pelo hospedeiro e podem ser usados na manipulação das pragas e inimigos naturais no campo. Os objetivos deste trabalho foram identificar os compostos orgânicos voláteis constitutivos e induzidos por herbivoria emitidos por plantas de arroz e avaliar a influência desses voláteis no comportamento de busca dos percevejos *T. limbativentris* e *G. spiroborata* e do inimigo natural, o parasitoide de ovos *Telenomus podisi* Ashmead. Foram coletados voláteis de plantas da variedade BRS Pampa sem injúria e com injúria de duas fêmeas virgens (adultas) dos percevejos *T. limbativentris* e *G. spiroborata*, por até 144 horas. As amostras foram analisadas por cromatografia gasosa acoplada a detector de ionização de chama (CG-DIC) e cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM). As respostas de fêmeas virgens e acasaladas de *T. limbativentris* e *G. spiroborata* e de fêmeas acasaladas de *T. podisi*, foram avaliadas em olfátômetro “Y”. As plantas responderam à injúria através da produção de voláteis, principalmente os sesquiterpenoides. Fêmeas virgens de *T. limbativentris* tiveram preferência por plantas saudáveis e ar (ausência de plantas) do que por plantas injuriadas. Fêmeas virgens de *G. spiroborata* tiveram preferência por ar do que por plantas injuriadas. O parasitoide de ovos *T. podisi* teve preferência por plantas injuriadas por *T. limbativentris* do que por plantas saudáveis. *T. podisi* também teve preferência por plantas injuriadas por *G. spiroborata* do que por ar. Os resultados mostram que as plantas de arroz liberam compostos de defesa, que atuam diretamente repelindo os percevejos *T. limbativentris* e *G. spiroborata* e indiretamente atraindo o inimigo natural *T. podisi*.

Palavras-chaves: *Oryza sativa*, compostos orgânicos voláteis, percevejos, parasitoide de ovos.

¹ Orientador: Ph.D. José Alexandre Freitas Barrigossi. Embrapa Arroz e Feijão.
Coorientadora: Dra. Maria Carolina Blassioli Moraes. Embrapa Cenargen.

ABSTRACT

ULHOA, L.A. **Influence of semiochemicals emitted by rice plants on the behavior of *Tibraca limbativentris*, *Glypheidemia spinosa* (Heteroptera: Pentatomidae) and *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae).** 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitossanidade) - School of Agronomy, University Federal of Goiás, 2018.

Tibraca limbativentris Stål is one of the stink bugs most harmful to rice cultivation in Brazil, mainly in irrigated environment. *Glypheidemia spinosa* Campos & Grazia is a stink bug of secondary economic importance, but often occurs in rice fields in the Midwestern and Northern regions of Brazil. To defend against these stink bugs, plants can emit volatile organic compounds that act directly as repellent or as toxic substances, or indirectly, by attracting natural enemies. Studies on chemical communication between insects and plants are fundamental to understand the host searching process, and can be used to manage insect pests and natural enemies in the field. The objectives of this work were to identify the constitutive and herbivore - induced volatile organic compounds emitted by rice and to evaluate the influence of these volatiles on the searching behavior of the stink bugs *T. limbativentris* and *G. spinosa* and their natural enemy, the egg parasitoid *Telenomus podisi* Ashmead. The volatiles were collected from rice (BRS Pampa) without injury and with injury imposed by two virgin females (adults) of *T. limbativentris* and *G. spinosa*, for up to 144 hours. The samples were analyzed by gas chromatography coupled to a flame ionization detector (CG-FID) and gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). The responses of virgin and mated females of *T. limbativentris* and *G. spinosa* and virgin females of *T. podisi* were evaluated in a "Y-tube" olfactometer. The rice plants responded to injury producing volatiles, especially the sesquiterpenoids. Virgin females of *T. limbativentris* preferred healthy plants and air (control without plants) than by injured plants. Virgin females of *G. spinosa* females preferred air than by injured plants. The egg parasitoids *T. podisi* preferred injured plants by *T. limbativentris* than by healthy plants. *T. podisi* also preferred injured plants by *G. spinosa* than by air. The results show that rice plants release defense compounds that act directly repelling the stink bugs *T. limbativentris* and *G. spinosa* and indirectly attracting the natural enemy *T. podisi*.

Key-words: *Oryza sativa*, volatile organic compounds, stink bugs, egg parasitoid.

¹ Adviser: Ph.D. José Alexandre Freitas Barrigossi. Embrapa Rice and Beans.
Co-adviser: Dra. Maria Carolina Blassioli Moraes. Embrapa Cenargen.

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é o alimento básico de mais da metade da população mundial, ocupando uma posição estratégica sob o ponto de vista econômico e social em todos continentes (FAO, 2013). Aproximadamente 160 milhões de hectares de arroz são cultivados anualmente no mundo e a produção mundial estimada do grão é de 478 milhões de toneladas (USDA, 2017). A produção de arroz no Brasil, na safra de 2016/17, foi de 12,3 milhões de toneladas (CONAB, 2017).

A produtividade do arroz no Brasil, em todos os sistemas de plantio, é afetada pela ocorrência de muitas espécies de pragas, destacando-se os percevejos *Tibraca limbativentris* Stål, 1860 (Heteroptera: Pentatomidae) (Ferreira et al., 1997; Martins et al., 2004; Souza et al., 2008) e *Glyphepomis spinosa* Campos & Grazia, 1998 (Heteroptera: Pentatomidae) (Alves et al., 2012).

No Brasil, o percevejo-do-colmo, *T. limbativentris* é encontrado na maioria das regiões produtoras de arroz, causando sérios danos nos diferentes sistemas de cultivo, principalmente em cultivos irrigados (Ferreira et al., 1997; Martins et al., 2004). Este inseto pode causar perdas na produção de até 80%, dependendo da fase de desenvolvimento da planta em que o ataque ocorre (Ferreira, 1998). Este inseto suga a seiva nos colmos das plantas de arroz e causa mais prejuízo quando ocorre na fase reprodutiva (final da floração/início da emissão das panículas) ocasionando o sintoma conhecido como “panícula-branca” (Barrigossi & Martins, 2006; Martins et al., 2009).

O percevejo *G. spinosa* tem sido observado em vários municípios produtores de arroz dos Estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso e São Paulo. Este inseto suga a seiva nos colmos, de forma semelhante ao percevejo *T. limbativentris*. A infestação e a alimentação se dão em qualquer estágio de crescimento da planta (Alves et al., 2012). Apesar de sua importância econômica ainda ser secundária, a frequência de sua ocorrência nas lavouras vem aumentando nos últimos anos (Alves et al., 2012). Quando a infestação se dá no estágio de perfilhamento ocorre à morte do colmo, produzindo o sintoma conhecido como “coração morto” (Alves et al., 2012). Na fase reprodutiva a infestação também pode ocasionar o sintoma da “panícula-branca”.

O método mais utilizado para o controle dos percevejos no campo é a aplicação de inseticidas químicos, como os organofosforados, ciclodienos e piretroides (Sosa-Gómez & Silva, 2010). Embora este método seja eficaz no controle destas pragas, existem vários problemas derivados do seu uso, principalmente os relacionados à saúde humana (Benedetti et al., 2013), ao impacto ambiental (Fearnside, 2001) e ao frequente aparecimento de populações resistentes aos inseticidas (Spark & Nauen, 2015). Os inseticidas químicos podem também afetar os insetos polinizadores (Rundlöf et al., 2015) e os inimigos naturais que podem atuar como agentes de controle biológico das pragas (Bueno et al., 2017).

O parasitoide de ovos *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygastridae) é capaz de estabelecer-se como agente de controle biológico de percevejos, sendo por vezes o parasitoide mais abundante encontrado em posturas de heterópteros (Medeiros et al., 1997; Godoy et al., 2005; Maciel et al., 2007; Riffel et al., 2010; Idalgo et al., 2013). O parasitismo em ovos de *T. limbativentris* já foi constatado em arrozais do Maranhão (Maciel et al., 2007), Santa Catarina (Riffel et al., 2010) e Rio Grande do Sul (Idalgo et al., 2013). Observações em campo mostraram que *T. podisi* possui alto potencial de parasitismo natural de ovos do percevejo *T. limbativentris*, tendo-se registrado 75% de parasitismo (Riffel et al., 2010; Idalgo et al., 2013). O parasitoide *T. podisi* tem muitos hospedeiros, tais como os pentatomídeos: *Euschistus heros* Fabricius, 1798 (Heteroptera: Pentatomidae), *Piezodorus guildinii* Westwood, 1837 (Heteroptera: Pentatomidae), *Nezara viridula* Linnaeus, 1758 (Heteroptera: Pentatomidae) (Medeiros et al., 1997; Pacheco & Corrêa-Ferreira, 2000; Godoy et al., 2005) e *T. limbativentris* (Maciel et al., 2007; Riffel et al., 2010; Idalgo et al., 2013). Estudos da biologia desse parasitoide (Pacheco & Corrêa-Ferreira, 1998), bem como da sua viabilidade de multiplicação em laboratório (Peres & Corrêa-Ferreira, 2004) reforçam seu potencial de utilização em programas de controle biológico (Laumann et al., 2010). Entretanto, há necessidade de estudos visando o melhoramento de técnicas para a sua produção e utilização em larga escala nas lavouras de arroz.

Muitos estudos têm sido conduzidos com o objetivo de compreender a comunicação química entre plantas, insetos herbívoros, inimigos naturais e o uso de semioquímicos no manejo integrado de pragas. Os semioquímicos possuem potencial para substituir ou auxiliar os métodos convencionais de controle e monitoramento populacional de pragas (Vilela & Pallini, 2002). O desenvolvimento de cultivares resistentes com a

capacidade de liberar compostos defensivos que repelem as pragas e atraem os inimigos naturais, ou a aplicação da forma sintética desses compostos no campo poderia fazer parte das estratégias usadas no manejo integrado de pragas do arroz.

As plantas desenvolveram diversos mecanismos físicos e/ou químicos de defesa contra o ataque de insetos herbívoros, patógenos e estresse abiótico (Price et al., 1980; Dicke, 1994; De Moraes et al., 1998; Hoballah & Turlings, 2001a; Mazid et al., 2011a,b). Na defesa química, a planta emite uma série de compostos decorrentes do seu metabolismo secundário, os quais podem atuar diretamente sobre os herbívoros como substâncias dissuasivas, repelentes ou tóxicas, ou indiretamente, como atrativas aos inimigos naturais que os ajudam a localizar seus hospedeiros (Dicke, 1994; De Moraes et al., 1998; Dicke & Van Loon, 2000; Colazza et al., 2004a; Moraes et al., 2005, 2009). Os principais compostos de defesa derivados do metabolismo secundário estão dentro das classes dos terpenóides, voláteis verdes de plantas (da rota biossintética das lipoxigenases) e compostos aromáticos (da rota bioessintética do ácido chiquímico). Vários estudos vêm mostrando que o dano provocado por herbivoria ativa os sistemas de defesas direta e indireta das plantas (De Moraes et al., 1998; Moraes et al., 2005, 2008;). Experimentos com plantas de arroz demonstraram que *T. limbativentris* teve preferência por compostos voláteis liberados por plantas saudias e o parasitoide de ovos *T. podisi* foi atraído por plantas injuriadas por *T. limbativentris* (Machado, 2011). A identificação desses compostos voláteis na comunicação química entre plantas, insetos herbívoros e inimigos naturais é fundamental para o entendimento do processo de busca pelo hospedeiro e pode ser usado na manipulação das pragas e inimigos naturais que são importantes para o controle biológico no campo.

Portanto, os objetivos desse estudo foram identificar os compostos orgânicos voláteis constitutivos e induzidos por herbivoria emitidos por plantas de arroz e avaliar a influência desses voláteis sobre o comportamento de busca dos percevejos *T. limbativentris* e *G. spinosa* e do inimigo natural, o parasitoide de ovos *T. podisi*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DO ARROZ

O arroz é uma monocotiledônea pertencente à ordem Poales, família Poaceae, gênero *Oryza*, cuja espécie mais conhecida e estudada é *Oryza sativa*. A cultura do arroz é ainda predominante em países em desenvolvimento. Este cereal é o 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 (Embrapa, 2014). Isto se deve ao fato do arroz ser rico em carboidratos (74-87%), proteínas (9-11%), lipídeos (0,4-2.5%) e fibras (3-12%) (Storck, 2004).

O arroz é cultivado em todos os continentes, mas no asiático a produção equivale a 90% do total mundial. No continente americano equivale a 5%, no europeu 5%, no africano 4% e na oceania 0,5% da produção mundial (Embrapa, 2013). O Brasil está entre os dez maiores produtores mundiais, mantendo uma média próxima entre o consumo (Figura 1) e a produção (CONAB, 2017).

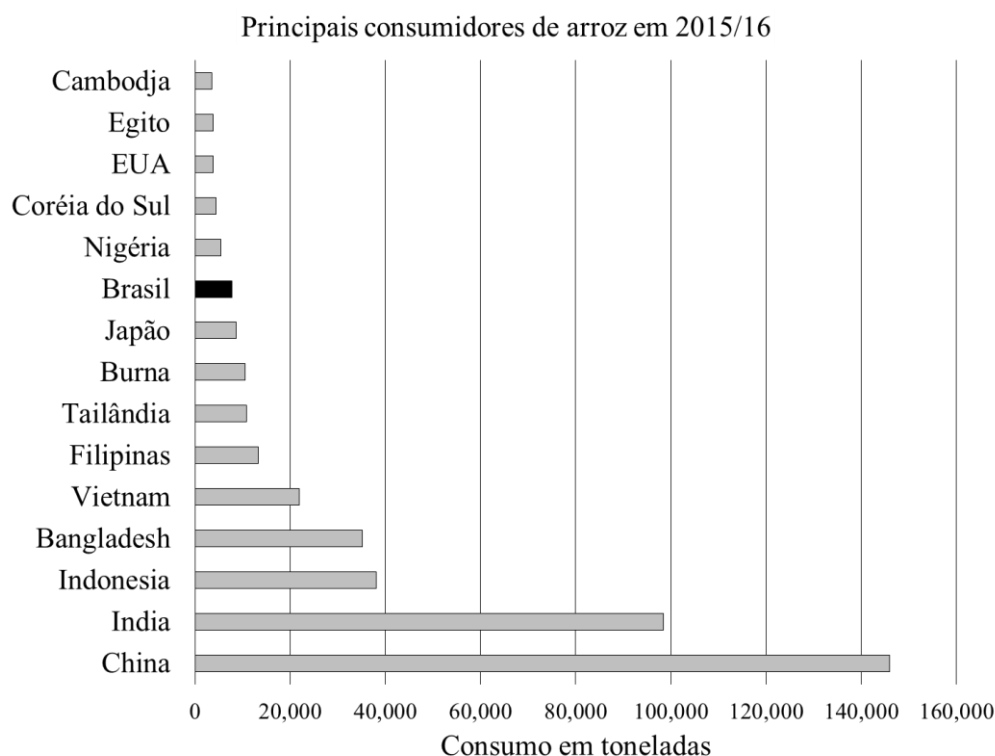


Figura 1. Principais consumidores de arroz no mundo entre os anos 2015/16. Fonte: USDA – Elaboração: Sistema FARSUL / Assessoria econômica.

Aproximadamente 95% da população brasileira consome arroz. A principal fonte de consumo do arroz é na forma de grãos inteiros, sendo classificados em função do método de processamento pós-colheita, como arroz branco polido, arroz parboilizado e arroz integral. No Brasil o arroz branco polido é o mais consumido, representando 70% do consumo total. O segundo mais consumido é o arroz parboilizado, com aproximadamente 25%, porém seu consumo vem aumentando nos últimos anos. Restando o arroz integral com 3 a 4% do consumo brasileiro (Elias et al., 2012).

A planta de arroz é bastante versátil, pois se adapta a diferentes condições de solo e clima, portanto apresenta um grande potencial para o combate da fome no mundo (Embrapa, 2005). No Brasil, há dois grandes ecossistemas para a cultura do arroz: terras baixas, em que normalmente se cultiva o arroz com irrigação por inundação controlada (Figura 2), e terras altas, podendo haver irrigação suplementar por aspersão (Figura 3).



Figura 2. Lavoura de arroz com irrigação por inundação controlada (terras baixas). Foto: EMBRAPA.



Figura 3. Lavoura de arroz com irrigação suplementar por aspersão (terras altas) Foto: EMBRAPA.

O cultivo do arroz irrigado por inundação se concentra na região Sul do Brasil, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, responsáveis por 78% da produção nacional (Embrapa, 2016). O arroz de terras altas é cultivado principalmente

na região do Cerrado brasileiro, nos estados de Goiás, Mato Grosso, Pará e partes do Maranhão (Embrapa, 2016).

Existem muitos obstáculos para o aumento da produtividade do arroz no Brasil, como por exemplo, aqueles relacionados ao estresse hídrico e à temperatura, competição com plantas invasoras e incidência de pragas e doenças (Balardin & Borin, 2001; Machado, 2011). Dentre os insetos que causam danos econômicos ao arroz em nível nacional, estão os percevejos, *Tibraca limbativentris*, *Oebalus poecilus* Dallas, 1851 (Hemiptera: Pentatomidae) e *Oebalus ypsilongriseus* De Geer, 1773 (Hemiptera: Pentatomidae) os mais importantes (Ferreira, 1998).

2.2 *Tibraca limbativentris*

O percevejo-do-colmo *Tibraca limbativentris* destaca-se como um dos insetos mais prejudiciais à cultura do arroz no Brasil, principalmente em sistemas de cultivo por inundação (Ferreira et al., 1997; Martins et al., 2004). A praga pode provocar prejuízos na produtividade em até 90% quando há grandes infestações. São observados danos deste inseto nas plantas a partir do segundo instar. A picada na base dos colmos na fase vegetativa provoca o aparecimento do sintoma conhecido como “coração-morto” e o sintoma da “panícula-branca”, quando ocorre na fase reprodutiva das plantas de arroz (Costa & Link, 1992a; Ferreira et al., 1997; Silva et al., 2004).

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 de realizar os procedimentos de prevenção ou combate. Dados da literatura mostram que o inseto torna-se mais prejudicial quando infesta as plantas de arroz na fase reprodutiva (pré - floração/início da emissão das panículas) (Barrigossi & Martins, 2006; Martins et al., 2009). Costa & Link (1992a) verificaram que a infestação com densidade de um percevejo/m², na fase vegetativa reduz a produção em 58,7 kg/ ha e na fase reprodutiva reduz a produção em 65,16 kg/ ha.

As posturas de *T. limbativentris* ocorrem na superfície das folhas e possuem, aproximadamente, 20 ovos agrupados dispostos alternadamente em duas ou mais fileiras. Os ovos são de formato cilíndrico, medindo 1 mm de comprimento e 0,8 mm de largura possuem coloração esverdeada, escurecendo com a proximidade da eclosão das ninfas (Figura 6) (Botton et al., 1996; Ferreira et al., 1997; Silva et al., 2004).



Figura 6. Postura de *Tibraca limbativentris*. Foto: José Francisco de Arruda e Silva.

A fase de ovo tem duração média de sete dias e a sobrevivência é de aproximadamente 89% (Botton et al., 1996; Silva et al., 2004). O período ninfal de *T. limbativentris* apresenta cinco instares (Figura 7; Figura 8) (Ferreira et al., 1997). Em condições controladas de laboratório, Silva et al (2004) observaram a duração do período ninfal de 55,4 dias, sendo que o quarto ou quinto instar foram os de maior duração.



Figura 7. Ninfas de segundo instar de *Tibraca limbativentris*. Foto: José Francisco de Arruda e Silva.



Figura 8. Ninfas de quinto instar de *Tibraca limbativentris*. Foto: Lucas Adjuto Ulhoa.

Os adultos de *T. limbativentris* são de coloração marrom escuro ventralmente e marrom claro (dorso). A cabeça é triangular com dois ocelos e dois olhos salientes. O tórax possui pronoto desenvolvido e escutelo em formato triangular. O abdome é encoberto pelas asas do tipo hemiélitro e pelo escutelo. As fêmeas medem 13,7 mm de comprimento e 7,4 mm de largura e os machos medem 12,5 mm de comprimento e 7,1 mm de largura (Ferreira et al., 1997; Gallo et al., 2002). A região terminal do abdômen do macho e da fêmea é diferente pela presença da genitália externa (Figura 9).

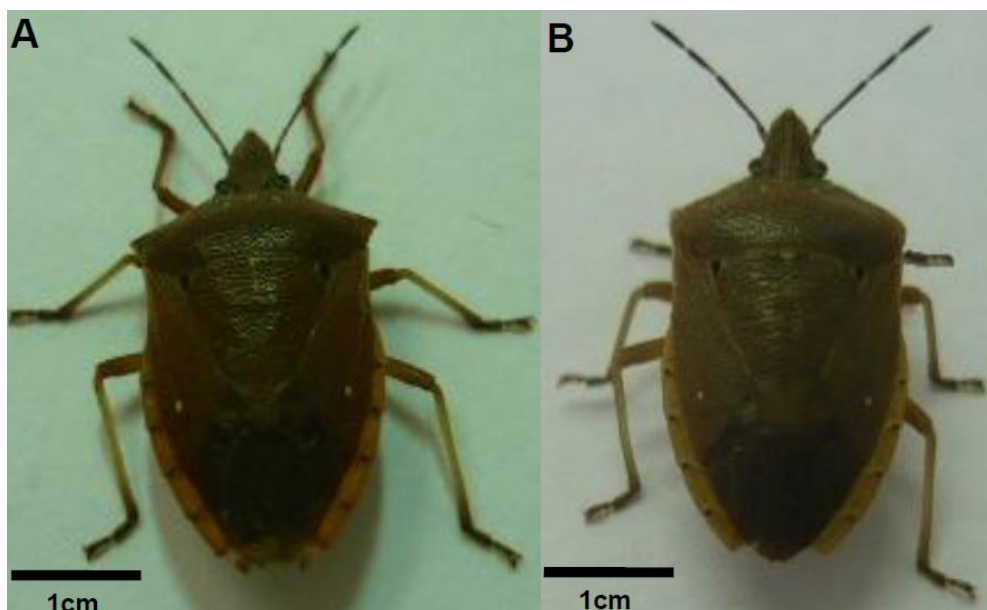


Figura 9. Adultos de *Tibraca limbativentris*: A) fêmea; B) macho. Foto: Rita de Cássia de Melo Machado.

O ciclo de vida de *T. limbiventris* a uma temperatura média de 26 °C é de aproximadamente 60 dias (Prando et al., 1993; Silva et al., 2004). Entretanto, em casa de vegetação, com temperatura média de 28 °C, Botton et al (1996) observaram um ciclo de vida de 37,5 dias. Foi observado que outros pentatomídeos apresentam duração de ciclo semelhante, tais como *Nezara viridula* e *Euschistus heros*, com 37 e 39 dias, respectivamente (Silva et al., 2004).

De acordo com Silva et al (2004) fêmeas de *T. limbiventris* atingem maturidade sexual em $14,2 \pm 7,48$ dias após a emergência, período maior do que o observado nos machos, $11,3 \pm 6,86$ dias. As fêmeas apresentaram período de oviposição de $39,2 \pm 30,3$ dias em que depositaram $92,2 \pm 27,4$ ovos/fêmea, e longevidade de $59,3 \pm 25,2$ dias, menor que a longevidade dos machos, $68,5 \pm 23,6$ dias (Silva et al., 2004).

O local preferido pelo inseto para alimentação e reprodução é entre os colmos da parte inferior das plantas de arroz. Esse local apresenta condições favoráveis ao seu desenvolvimento, como temperatura, umidade e proteção. Durante os horários mais quentes do dia, os adultos sobem para o topo das plantas (Barrigossi & Martins, 2006).

Durante a entressafra da cultura do arroz, *T. limbiventris* hiberna por 4 a 6 meses em plantas de várias espécies hospedeiras próximas as lavouras de arroz. São encontrados hibernando na base das plantas perto do solo, pois é um local com maior umidade. Depois desse período de hibernação, cerca de 20 dias após a emergência das plantas de arroz os adultos invadem as lavouras (Barrigossi & Martins, 2006).

Para reduzir a população do percevejo-do-colmo, é recomendado reduzir o número de plantas hospedeiras que servem de refúgio no interior e ao redor das lavouras, diminuir os restos culturais e os materiais que podem servir de abrigo ao percevejo na entressafra da cultura. A utilização de variedades tolerantes também é importante para o manejo do inseto (Ferreira et al., 1997; Souza et al., 2008; Pazini et al., 2012). Entretanto, os inseticidas químicos são a principal forma de controle de *T. limbiventris*, principalmente devido ao seu baixo custo (Martins et al., 2009). As pulverizações normalmente são pouco eficazes no controle de ninfas e adultos, pois o inseto fica protegido na base dos colmos. O controle biológico é outro método que pode ser usado no manejo do percevejo, tais como a aplicação de fungos entomopatogênicos (Martins et al., 2004; Nussenbaum & Lecuona, 2012) e o uso de inimigos naturais (Maciel et al., 2007; Machado, 2011; Farias et al., 2012).

2.3 *Glypheapomis spinosa*

Glypheapomis spinosa é uma espécie de percevejo recentemente descrita nos campos de arroz nos estados da região Centro-Oeste e Norte do Brasil. Os adultos são geralmente de cor negra e são marcados ventralmente com faixas alaranjadas (Figura 10) (Campos & Grazia, 1998). A biologia e a ecologia do *G. spinosa* e os fatores que afetam sua dinâmica populacional ainda não são amplamente conhecidos.



Figura 10. Adulto de *Glypheapomis spinosa*. Foto: José Alexandre Freitas Barrigossi.

A infestação e alimentação do inseto podem ocorrer em qualquer fase de crescimento da planta (Alves et al., 2012). Ninfas (Figura 11; Figura 12) e adultos se alimentam na base de hastes sugando a seiva da planta. Devido à sua alimentação, uma lesão é formada e ocorre colapso no tecido, e a translocação da seiva é interrompida. Se a infestação ocorrer na fase vegetativa das plantas, resulta na morte da parte central do colmo, causando o sintoma chamado de “coração morto”. As folhas tornam-se cloróticas ou castanhas com acentuada redução no número de perfilhos (Alves et al., 2012).



Figura 11. Ovos e ninfas de segundo instar de *Glypheidocoris spinosa*. Foto: Lucas Adjuto Ulhoa.



Figura 12. Ninfa de terceiro instar de *Glypheidocoris spinosa*. Foto: José Alexandre Freitas Barrigossi.

Não foram observados injúrias diretamente nas panículas, mas se o ataque ocorrer durante o estágio reprodutivo, pode levar à formação de “panículas brancas” (Alves et al., 2012).

O comportamento alimentar e os danos causados por *G. spinosa* são muito semelhantes ao dos percevejos *Scotinophara coarctata* Fabricius, 1798 (Heteroptera: Pentatomidae) (Morrill et al., 1995) e *Tibraca limbativentris* (Botton et al., 1996, Ferreira et al., 1997).

As perdas de rendimento registradas para *S. coarctata* variam de 14,7% para as variedades resistentes a 23,0% para as suscetíveis (Heirichs et al., 1987). Para *T. limbativentris*, as perdas variam de 5% a 80%, dependendo do estágio de desenvolvimento

da planta (Ferreira, 1998). Estas perdas de rendimento são devidas a espiguetas não preenchidas e ao número reduzido de perfilhos.

Considerando o tempo médio de desenvolvimento de ovo a adulto (37,2 dias) e o período de pré-oviposição (12,9 dias), o tempo para uma geração é de aproximadamente 50 dias. Estima-se que *G. spinosa* possa completar duas a três gerações durante o ciclo da cultura, considerando que a duração do ciclo das variedades de arroz é de 110 dias. Sendo assim cada casal pode gerar, por geração, uma prole de 52 adultos viáveis em menos de 60 dias (Alves et al., 2012).

A longevidade das fêmeas é de cerca de 53,5 dias e dos machos de 61,7 dias. No campo, infestações por *G. spinosa* começam 30 dias após a semeadura, quando os adultos passam dos refúgios para os campos de arroz (Alves et al., 2012).

Para controlar populações de *G. spinosa*, é recomendado usar os mesmos métodos de controle usados para o percevejo *T. limbativentris* (descrição no item 2.2).

2.4 *Telenomus podisi*

O parasitoide de ovos *Telenomus podisi* é um importante agente de controle natural de percevejos devido principalmente às suas características biológicas e comportamentais (Vinson & Iwantsch, 1980; Laumann et al., 2010). *T. podisi* atua como regulador natural de populações de diversas espécies de percevejos, incluindo *Tibraca limbativentris* na cultura do arroz (Figura 13) (Maciel et al., 2007; Riffel et al., 2010; Idalgo et al., 2013) e *Euschistus heros* na soja (Medeiros et al., 1997; Pacheco & Corrêa-Ferreira, 2000).



Figura 13. Ovos de *Tibraca limbativentris* parasitados por *Telenomus podisi*. Foto: Lucas Adjuto Ulhoa.

Este parasitoide utiliza sinais químicos e físicos para buscar seus hospedeiros (Borges et al., 1999, 2003; Laumann et al., 2009). Dentre os sinais químicos, os rastros deixados pelos hospedeiros, constituídos principalmente por hidrocarbonetos cuticulares, são importantes mediadores para *T. podisi* encontrar seus hospedeiros (Lagoã, 2016). Alguns estudos têm mostrado que o parasitoide de ovos *T. podisi*, reconhece alguns sinais físicos e químicos emitidos pelo percevejo marrom, *E. heros* (Corrêa-Ferreira, 1986; Peres & Corrêa-Ferreira, 2004).

Plantas injuriadas pelos insetos liberam uma gama de compostos orgânicos voláteis, que são posteriormente utilizados pelos inimigos naturais (parasitoides e predadores) como pistas, para localizarem seus hospedeiros ou presas (Dicke, 1999). Estudos mostraram que o parasitoide *T. podisi* também responde aos voláteis liberados pelas plantas após o ataque do percevejo-marrom para diferentes cultivares de soja (Moraes et al., 2005; Michereff et al., 2011) e para voláteis de plantas induzidos pelo fitormônio (Z)-jasmone (Moraes et al., 2009). Estudos de campo sugerem que o uso de cultivares que produzem maior quantidade de compostos orgânicos voláteis tem maior potencial de atrair parasitoides (Michereff et al., 2016).

O parasitoide *T. podisi* tem sido criado em laboratório em ovos de *E. heros*, e utilizado em programas de manejo e controle de percevejos da soja (Peres & Corrêa-Ferreira, 2004). O sucesso de parasitismo deste inseto é devido à habilidade de encontrar seus hospedeiros (Tognon et al., 2013). Além do uso de informações químicas, os comportamentos de aprendizagem e memória são fatores importantes na orientação do *T. podisi* (Tognon et al., 2013). Estudos adicionais de comportamento são necessários para viabilizar o uso deste organismo em programas de controle biológico de pentatomídeos.

Assim como outros parasitoides de ovos, os Telenominae ocasionam a morte do hospedeiro, seja por efeitos tóxicos de substâncias injetadas pela fêmea durante a oviposição nos ovos do hospedeiro, seja pelo próprio crescimento do embrião do parasitoide que consome os nutrientes do ovo hospedeiro (Borges et al., 1999; Parra et al., 2002).

2.5 INTERAÇÃO INSETO-PLANTA

Plantas e insetos herbívoros coevoluíram durante milhões de anos, e acredita-se que essa interação gerou a grande diversidade de plantas e insetos que habitam o nosso planeta (Stahl et al., 2018). Ao longo do seu ciclo de vida, as plantas estão sujeitas a diferentes estresses bióticos e abióticos. Estresses bióticos são provocados principalmente por bactérias, vírus, fungos, nematoides, ácaros, insetos, mamíferos e outros animais herbívoros. Estresses abióticos são aqueles causados por mudanças de temperatura, deficiência hídrica e irradiação, por exemplo (Kefeli et al., 2007). Todos estes fatores são responsáveis pela redução na produtividade de culturas importantes em todo o mundo. A interação entre insetos e plantas pode ser benéfica para ambos. As plantas fornecem aos insetos fonte de alimento, proteção e abrigo e os insetos contribuírem com a dispersão de sementes e a polinização. Entretanto, essa interação também pode ser negativa tanto para as plantas como para os insetos. Por exemplo, a planta pode ser injuriada pelo inseto ou servir como sítio de oviposição (Souza, 2015), o que pode afetar a qualidade, fotossíntese, crescimento, fenologia e capacidade reprodutiva das plantas (Del Claro, 2004). No geral, o ataque de insetos herbívoros desencadeia uma resposta de defesa da planta para se proteger do agressor, que pode produzir compostos químicos defensivos que têm ação negativa sobre o inseto (De Moraes et al., 1998; Moraes et al., 2005, 2008).

Para se proteger desses estresses, as plantas desenvolveram diferentes mecanismos de defesa, os quais podem ser constitutivos ou induzidos. Mecanismos constitutivos são aqueles que são continuamente expressos e independe de algum estresse biótico ou abiótico. Enquanto que, os mecanismos induzidos são expressos somente quando ocorre algum estresse biótico (injúria de insetos) ou abiótico (Stout, 2013). Em ambos os mecanismos de defesa a ação sobre o agente agressor pode ser direta ou indireta (De Moraes et al., 1998; Moraes et al., 2005, 2008).

A defesa direta das plantas contra insetos pode ser de natureza física ou química (Kessler & Baldwin, 2002). Na defesa física as plantas podem utilizar de suas características morfológicas tais como espinhos, pilosidades, tricomas ou mesmo aumentar a deposição de substâncias químicas como cutinas, ceras, suberinas e silicatos nas folhas formando uma “barreira” física. Todas estas características físicas têm um efeito direto sobre o inseto agressor impedindo ou evitando a sua atuação na planta (Lara, 1991; Lucas et al., 2000). Na defesa química direta as plantas produzem compostos orgânicos voláteis e não voláteis nos locais da injúria (Dudareva et al., 2006) ou de forma sistêmica (Röse et al., 2005) para repelir os herbívoros, através da toxicidade direta ou reduzindo a digestibilidade dos tecidos vegetais. Como exemplo de compostos que reduzem a digestibilidade podemos citar a produção de inibidores de protease que inibem as enzimas digestivas dos insetos (Heil & Karban, 2010). A atuação dos inibidores da protease provoca uma deficiência de aminoácidos que vão influenciar diretamente o crescimento e desenvolvimento do inseto (Pompermayer et al., 2001). As enzimas polifenol oxidases são geralmente encontradas em tecidos vegetais infectados e são consideradas como enzimas antinutritivas, pois diminuem o valor nutritivo de plantas danificadas por herbivoria (Koiwa et al., 1997). Estas enzimas catalisam a hidroxilação de monofenóis, presentes nos ferimentos, para o-difenóis e posterior oxidação destes para quinonas. As quinonas têm ação antimicrobiana e os polímeros podem atuar como taninos (reduzem a digestibilidade), formando complexos com proteínas (Tamayo et al., 2000). Os voláteis liberados pelas plantas também podem ter um efeito direto sobre a oviposição tais como a produção de benzoato de benzila, que é uma substância ovicida (Seino et al 1996).

As defesas indiretas agem principalmente atraindo organismos do terceiro nível trófico, os inimigos naturais dos insetos herbívoros (parasitoides ou predadores). Os compostos de defesa derivados do metabolismo secundário são sinais que ajudam os inimigos naturais a localizarem seus hospedeiros (Dicke, 1994; De Moraes et al., 1998;

Dicke & Van Loon, 2000; Colazza et al., 2004a; Moraes et al., 2005, 2009). Esses compostos, no geral, são terpenóides, voláteis verdes de plantas (da rota biossintética das lipoxigenases) e compostos aromáticos (da rota bioessintética do ácido chiquímico). A composição dos voláteis liberados depende das substâncias indutoras presentes na saliva dos insetos (De Moraes et al., 1998; Paré & Tumlinson, 1998), da idade da planta, da variedade da planta (Hare, 2011) e do tipo de dano que a planta sofre. Os insetos de hábito alimentar sugador (percevejos, cigarrinhas, pulgões) induzem principalmente a produção de voláteis da rota do ácido chiquímico e insetos de hábito alimentar mastigador (besouros, lagartas) induzem a produção de compostos da rota do ácido jasmônico (Smith & Boyko, 2007; Heil, 2008; Michereff et al., 2011).

Vários trabalhos na literatura mostram, em experimentos de laboratório e em situações de campo, que voláteis liberados pelas plantas atacadas por herbívoros podem atrair insetos predadores e parasitoides (Dicke et al., 1999; Kessler & Baldwin., 2001). Foi observado que a resposta aos voláteis podem ser específica, ou seja, os predadores ou parasitoides podem identificar o indivíduo ou mesmo ínstares específicos das presas ou hospedeiros (Turlings & Benrey, 1998). No entanto, predadores generalistas também podem ser atraídos por componentes individuais da mistura de voláteis, que são comumente emitidos após o ataque de diferentes espécies de insetos herbívoros (Kessler & Baldwin, 2001). Além de fornecer informações para os inimigos naturais sobre a localização dos insetos herbívoros, plantas também fornecem alimento e abrigo para predadores e parasitoides (Agrawal & Rutter, 1998).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O cultivo das plantas de arroz das variedades BRS Pampa, BRS Pampeira, BR - IRGA 409 e BR - IRGA 424 foram realizadas na Fazenda Palmital, da Embrapa Arroz e Feijão em Brazabrantes, Goiás (16° 26' 14" S e 49° 23' 50" O). A criação dos insetos, o cultivo das plantas de arroz da variedade BRS Pampa e os bioensaios foram realizados na Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, Goiás (16° 30' 09" S e 49° 16' 55" O). A coleta dos compostos voláteis das plantas de arroz e as análises químicas foram realizadas na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em Brasília, Distrito Federal (15° 43' 52" S e 47° 54' 06" O).

3.1 PLANTAS

Para selecionar uma variedade com potencial para produzir voláteis que influenciam no comportamento dos insetos foram escolhidas ao acaso quatro variedades de arroz: BRS Pampa, BRS Pampeira, BR - IRGA 409 e BR - IRGA 424. As variedades foram cultivadas nas mesmas condições, em ambiente desprotegido no campo. Após 35 dias da semeadura as plantas foram transplantadas em vasos pequenos e levadas ao laboratório para a coleta de voláteis e a análise química. A variedade BRS Pampa foi selecionada para conduzir os experimentos (descrição no item 3.4). Para a obtenção das plantas de arroz da variedade BRS Pampa, foi feita a semeadura em bandejas de isopor (Figura 14). A irrigação automática foi feita diariamente.



Figura 14. Bandeja de isopor para o plantio do arroz BRS Pampa.

Após 10 dias nas bandejas, as plantas com 8 colmos foram transplantadas em vasos pequenos e adubadas com NPK 5-30-15. Adubações de cobertura com ureia foram aplicadas a cada 10 dias. Em todos os experimentos as plantas de arroz estavam com 35 dias após o plantio (Figura 15).



Figura 15. As plantas de arroz da variedade BRS Pampa transplantadas em pequenos vasos. Estavam com 35 dias após o plantio e foram usadas em todos os experimentos.

Os vasos foram mantidos em casa de vegetação em temperatura de $35 \pm 1^\circ \text{C}$, umidade relativa de $65 \pm 10 \%$ e fotoperíodo de 14L: 10E. Tanto a semeadura em bandejas, quanto o transplântio das plantas para os vasos foram realizados semanalmente para garantir o suprimento de plantas para a realização dos bioensaios.

3.2 CRIAÇÃO DOS PERCEVEJOS

As colônias dos percevejos *Tibraca limbativentris* e *Glypheidemia sp.* foram mantidas em casa de vegetação em vasos com plantas de arroz da cultivar BR-IRGA 409, cobertas com tecido *tulle/voil* para impedir que os insetos se dispersassem (Figura

16). As plantas de arroz foram trocadas periodicamente, verificando a sua qualidade e viabilidade para o desenvolvimento dos percevejos. Foram colocados de 100 a 120 percevejos por vasos com planta de arroz.



Figura 16. Gaiolas de criação dos percevejos *Tibraca limbativentris* e *Glypheidemia spinosa*.

A cada dois ou três dias, sempre no período da manhã, devido à temperatura apresentar-se mais amena (o que provoca uma menor movimentação dos insetos na planta), as gaiolas foram verificadas, realizando a limpeza, a remoção de ovos e insetos mortos e renovando a quantidade de água que foi colocada no prato abaixo do vaso de cada planta. Com este procedimento se evitou o excesso de umidade no solo e a proliferação de fungos entomopatogênicos.

As posturas dos percevejos encontradas nas plantas foram retiradas e posteriormente levadas ao Laboratório de Entomologia. Os ovos foram mantidos em caixas gerbox, forradas com papel toalha úmido, até a eclosão. Cada caixa gerbox continha de 100 a 120 ovos (Figura 17).



Figura 17. Posturas dos percevejos em caixa gerbox forrada com papel toalha.

Para garantir a umidade adequada para os ovos e ninfas de 1º instar nas caixas gerbox, foi borrifado água destilada diariamente. E foi feito o acompanhamento dos ovos até se tornarem ninfas de segundo instar (Figura 18). Quando atingiram o segundo instar, as ninfas foram levadas à casa de vegetação, sendo cuidadosamente transferidas para as plantas de arroz (Figura 19). Ao atingir a fase adulta os insetos foram cuidadosamente retirados das plantas para sua utilização nos experimentos.



Figura 18. Ninfas de primeiro e segundo instares dos percevejos em caixa gerbox forrada com papel toalha.



Figura 19. Infestação das plantas de arroz com ninfas de segundo ínstar para a manutenção da colônia dos percevejos.

3.3 CRIAÇÃO DE *Telenomus podisi*

Foram usados ovos de *Tibraca limbativentris* e *Glypheidomyces spinosa* para a manutenção da colônia do parasitoide *Telenomus podisi*. A criação foi mantida em laboratório com temperatura de $29 \pm 1^\circ \text{C}$, dentro de caixas gerbox, forradas com papel toalha (Figura 20).

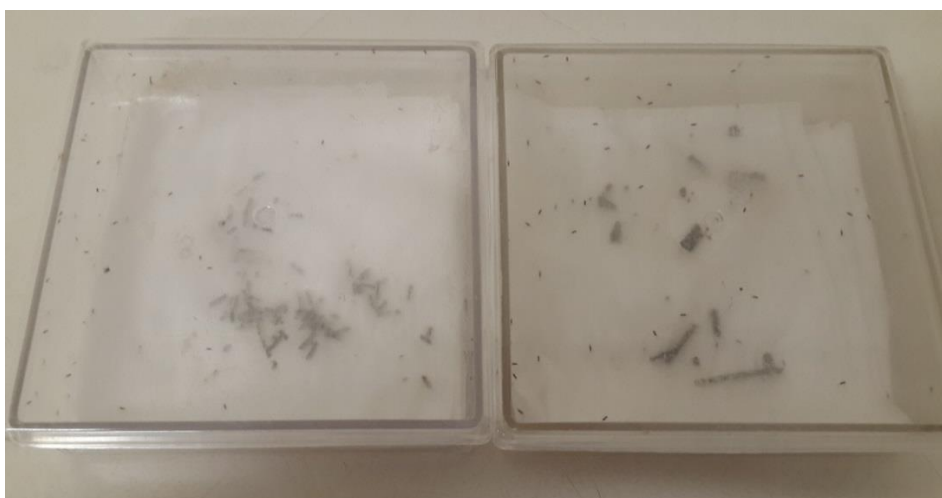


Figura 20. Caixas gerbox com criação do parasitoide de ovos *Telenomus podisi*.

A umidade adequada para os parasitoides foi garantida borrifando água destilada diariamente nas caixas gerbox. Os parasitoides foram alimentados com gotas de mel duas vezes por semana. Após 48 horas da emergência, as fêmeas acasaladas foram separadas para os bioensaios. Parte dos adultos foi transferida para novas caixas gerbox com ovos de *T. limbativentris* ou *G. spinosa* para incubação e manutenção da colônia.

3.4 COLETA DE VOLÁTEIS DAS PLANTAS DE ARROZ

Para selecionar uma planta de arroz com potencial para produzir voláteis que influenciam no comportamento dos insetos, foram testadas quatro variedades: BRS Pampa, BRS Pampeira, BR - IRGA 409 e BR - IRGA 424. As plantas estavam com 35 dias de idade.

A coleta de voláteis das plantas foi realizada em câmara de vidro de 10 litros em um sistema de aeração, onde o ar entrava nas câmaras de vidro por meio de um compressor com fluxo de ar a 1,0 L/min conectado a um filtro de carvão ativado, garantindo a entrada de ar purificado. A retirada do ar foi feita através de uma bomba de vácuo com vazão de 0,8 L/min, conectada a um tubo de vidro com polímero adsorvente Porapak Q (80-100 “mesh”, Supelco), via conexões de politetrafluoretileno (PTFE), criando um sistema de pressão positiva. Esse sistema é conhecido do inglês como *push-pull* (com entrada e saída de ar) (Figura 21).

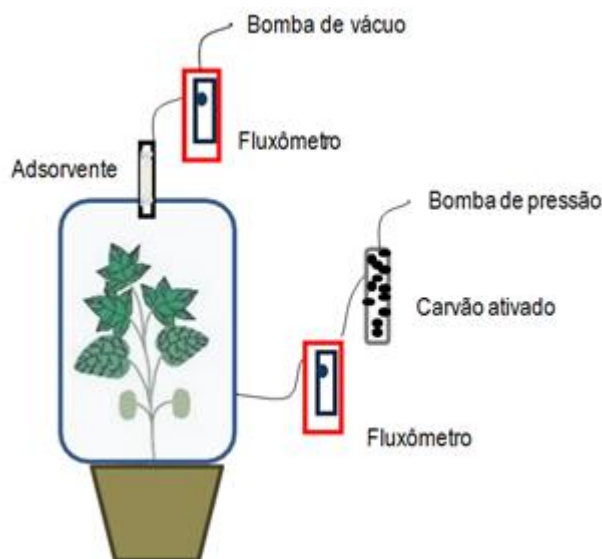


Figura 21. Diagrama do sistema *push-pull* de coleta de voláteis. Fonte: Diego Martins Magalhães.

Os voláteis foram coletados de plantas saudias (sem injúria) por 24 horas e para cada variedade foram utilizados dois indivíduos. A análise química por CG-DIC e CG-EM (descrição das análises abaixo), mostrou que a variedade BRS Pampa é a que libera a maior quantidade de voláteis constitutivos. Desta forma, esta variedade foi escolhida para conduzir os estudos comportamentais com os insetos.

Na coleta de voláteis da variedade BRS Pampa, as plantas estavam com 35 dias de idade. Os vasos foram envoltos com papel alumínio, para minimizar a contaminação com voláteis do solo, e individualizados em câmaras de vidro de 10 litros (sistema *push-pull*) (Figura 21; Figura 22).



Figura 22. Sistema *push-pull* de coleta de voláteis das plantas de arroz.

Para a injúria de herbivoria duas fêmeas virgens de *Tibraca limbativentris* ou duas fêmeas virgens de *Glypheidomyces spinosa*, com cinco dias na fase adulta, submetidas a 24 horas de jejum, foram colocadas nas plantas de arroz da variedade BRS Pampa. As fêmeas foram escolhidas para fazer as infestações, pois não liberam o feromônio

sexual e necessitam de uma maior demanda de recursos para a viabilização da prole, desta forma, poderiam induzir uma maior resposta de defesa da planta.

Foram conduzidas 6 repetições para cada tratamento: plantas com injúria por *T. limbativentris*, plantas com injúria por *G. spinosa* e plantas sadias. Os voláteis foram coletados a cada 24 horas no adsorvente polimérico Porapak Q (80-100 “mesh”, Supelco) durante seis dias consecutivos (Figura 22; Figura 23).

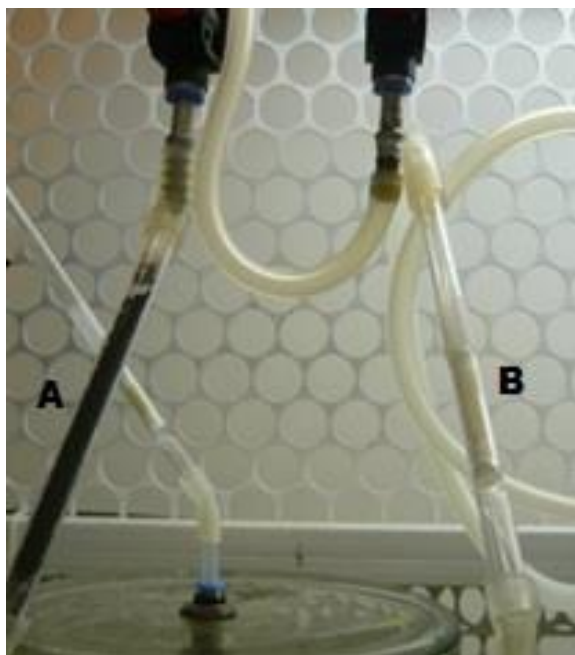


Figura 23. A) Tubo de vidro contendo carvão ativado, B) Tubo de vidro contendo adsorvente Porapak Q (80-100 “mesh”, Supelco).

Os tubos contendo o adsorvente com os voláteis das plantas adsorvidos foram eluídos com 500 μL do solvente orgânico *n*-hexano (Figura 24) e concentrados para 50 μL com um fluxo de N_2 . As amostras contendo os voláteis das plantas foram armazenadas a -20°C até sua utilização (Figura 25).



Figura 24. Procedimento de eluição com solvente orgânico hexano das amostras de voláteis das plantas de arroz.

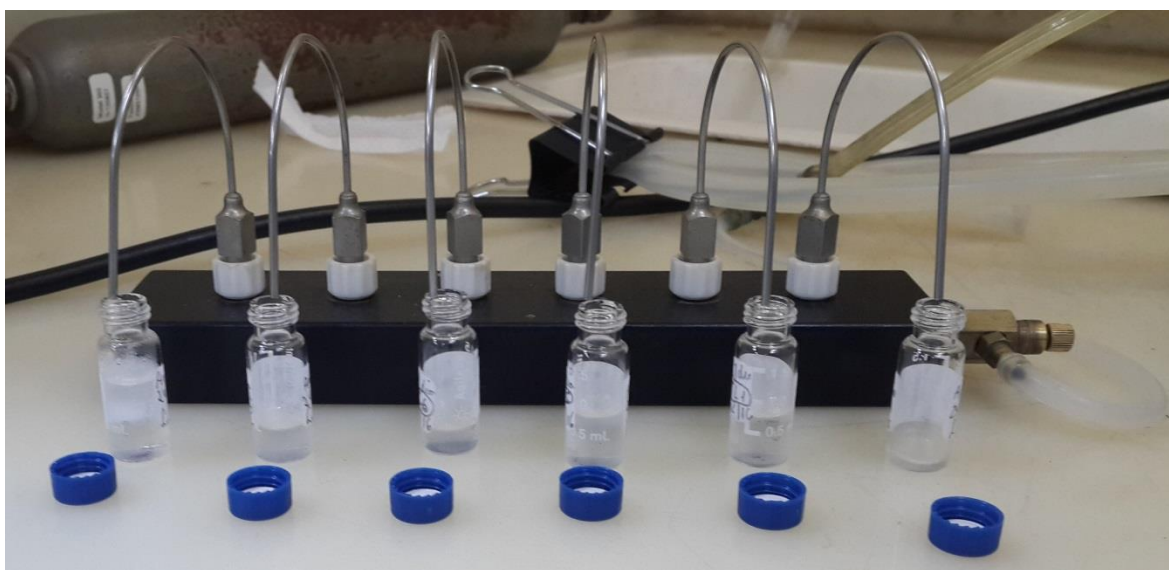


Figura 25. Procedimento de concentração das amostras de voláteis das plantas de arroz.

As análises químicas das amostras obtidas foram conduzidas utilizando cromatógrafo gasoso (CG) acoplado a um detector de ionização por chama (DIC) (Agilent 7890A). Um microlitro de cada amostra foi injetado no CG-DIC usando o injetor no modo “splitless” e o gás hélio foi utilizado como carreador. Com a temperatura do detector de ionização de chamas a 270 °C e a temperatura do injetor “splitless” a 250 °C. A análise foi realizada usando uma coluna DB-5MS (Supelco, comprimento 30 m x diâmetro interno 0,25 mm x espessura do filme 0,25 μ m) e o seguinte programa de gradiente de temperatura foi usado: temperatura inicial foi de 50 °C por 2 min, seguido por um gradiente de

temperatura de 5 °C /min até 180 °C e por um segundo gradiente de 10 °C/ min, até atingir a temperatura de 250 °C, e mantido nesta temperatura por 20 minutos. Para a quantificação dos voláteis, à alíquota de 50 µl de cada amostra de aeração foi adicionado o padrão interno (PI) tetracosano. A quantificação dos compostos liberados pelas plantas a cada período foi conduzida através da comparação das áreas de cada composto no cromatograma em relação à área do PI utilizado. Os dados foram coletados com o software GC OpenLAB e analisados usando o programa Excel (Microsoft Office Professional edição 2003®, Microsoft Corporation, EUA).

A análise qualitativa foi conduzida usando espectrometria de massas (EM) (Agilent 5975 MSD) acoplada a cromatografia gasosa (Agilent 7890A). O espectrômetro de massas foi equipado com um analisador de massas quadrupolar, a fonte de ionização por impacto de elétrons a 70 eV, e temperatura da fonte de ionização a 130 °C. A temperatura da interface entre o CG e o EM foi de 280 °C. A análise foi conduzida usando uma varredura de 45 a 400 uma. O programa de temperatura usado foi o mesmo descrito para a análise no CG-DIC. Os espectros de massas obtidos das análises das amostras de aeração foram comparados com o padrão de fragmentação de padrões da biblioteca NIST e Wiley (2008) e com padrões autênticos, quando disponíveis. As confirmações da identificação da estrutura química dos compostos foram realizadas através da coinjeção com os padrões autênticos e com o cálculo do índice de retenção (IR) para cada composto e comparado com os valores de IR dos padrões disponíveis e com dados da literatura (Pherobase e NIST Webbook).

3.5 BIOENSAIO COM OS PERCEVEJOS

Para determinar se os voláteis liberados pelas plantas submetidas aos diferentes tratamentos, plantas com injúria e plantas sadias, produzem algum efeito no comportamento de procura de *Tibraca limbativentris* e *Glypheidon spinosa*, foram conduzidos bioensaios em olfatômetro na forma de “Y”, o qual consistia em uma placa manufaturada de acrílico (26 x 23 cm), com uma cavidade em forma de “Y” (corpo de 12 cm e braços de 10,5 cm), mantida entre dois vidros de mesmas dimensões, um translúcido na parte inferior e o outro transparente na parte superior, prensados por cliques de papel (Figura 26).

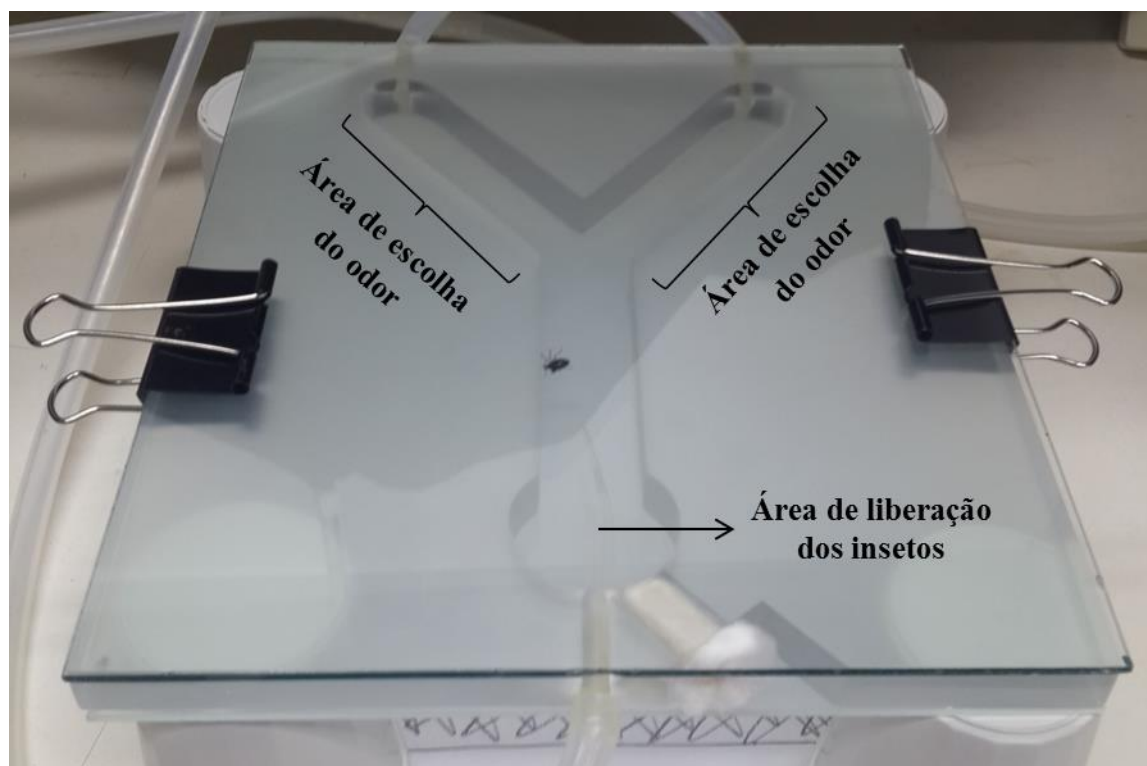


Figura 26. Olfatômetro na forma de “Y”.

Os bioensaios foram conduzidos utilizando plantas de arroz herbivoradas no período de menor (24 horas após o início da herbivoria) e maior (120 horas após o início da herbivoria) produção de voláteis induzidos por herbivoria. Esse período foi definido após a análise e quantificação dos voláteis obtidos durante seis dias de coletas. As plantas com e sem injúria de herbivoria foram inseridas dentro de câmaras de polietileno e conectadas ao olfatômetro através de tubos de silicone (Figura 27).

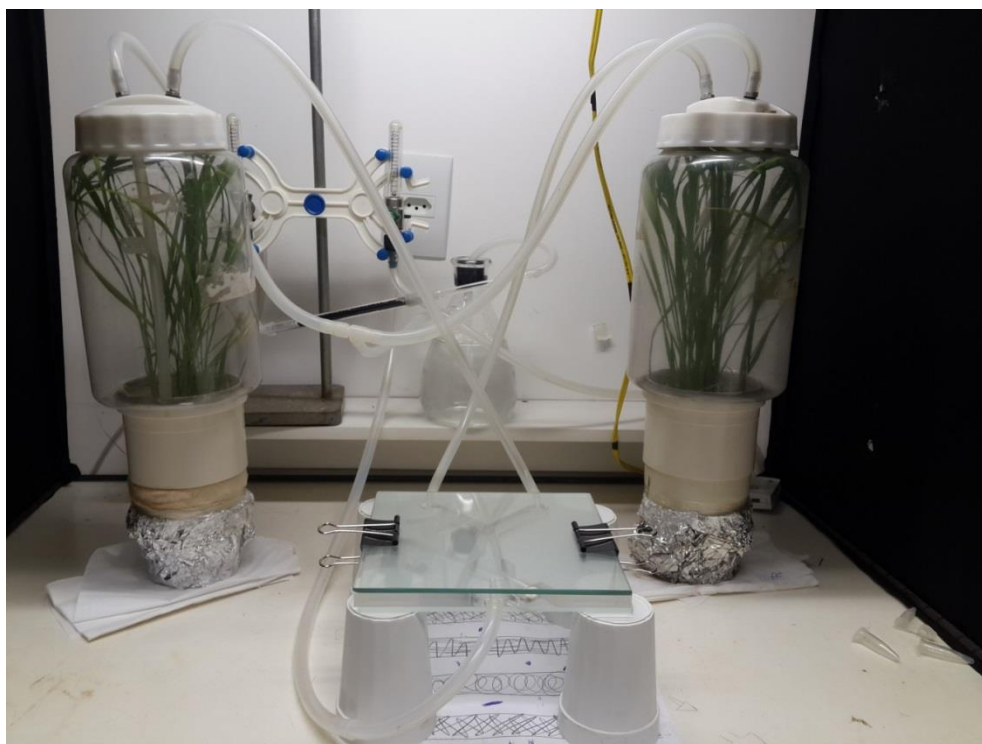


Figura 27. Sistema utilizado para avaliar o comportamento dos insetos em olfatômetro em “Y”

O ar filtrado e umedecido passou pela câmara de polietileno e circulou no interior do olfatômetro com fluxo de 0,6 L/min. Para o escoamento do ar, uma bomba de sucção foi ligada no extremo oposto à entrada de ar, e regulada para um fluxo de 0,2 L/min.

Um único percevejo adulto foi introduzido na área de liberação do olfatômetro (Figura 26; Figura 27) e observado por 600 segundos. O monitoramento foi realizado manualmente com o auxílio de cronômetro. Foram considerados como não responsivos os insetos que não se movimentaram nos primeiros cinco minutos de observação. Foram avaliadas a primeira escolha (considerada quando o inseto entrou e permaneceu em um dos braços por pelo menos 20 segundos) e o tempo de residência (tempo de permanência total do inseto em cada braço) (Figura 26). As plantas foram trocadas a cada 5 bioensaios, bem como todo o sistema do olfatômetro, o qual foi lavado com detergente e água. Nessa ocasião, os braços do olfatômetro foram trocados para evitar um efeito da posição na escolha dos insetos. Foram conduzidas 40 repetições para cada combinação de bioensaio. Cada teste foi realizado com fêmeas virgens com 5 a 10 dias na fase adulta e fêmeas acasaladas com 25 a 35 dias na fase adulta. Os insetos foram usados uma única vez nos bioensaios. Não foram feitos bioensaios com machos, pois estudos anteriores

demonstraram que machos de *T. limbativentris* não distinguiram voláteis de plantas de arroz injuriadas por co-específico e plantas de arroz sem injúria (Machado, 2011; Machado et al., 2014).

Foram realizados os seguintes tratamentos para avaliar a resposta aos voláteis de fêmeas virgens e acasaladas de *T. limbativentris*: a) planta sadia versus ar, b) planta com injúria de *T. limbativentris* por 24 horas versus ar, c) planta com injúria de *T. limbativentris* por 24 horas versus planta sadia, d) planta com injúria de *T. limbativentris* por 120 horas versus ar, e) planta com injúria de *T. limbativentris* por 120 horas versus planta sadia.

Também foram realizados os seguintes tratamentos para avaliar a resposta aos voláteis de fêmeas virgens e acasaladas de *G. spinosa*: a) planta sadia versus ar, b) planta com injúria de *G. spinosa* por 24 horas versus ar, c) planta com injúria de *G. spinosa* por 24 horas versus planta sadia, d) planta com injúria de *G. spinosa* por 120 horas versus ar, e) planta com injúria de *G. spinosa* por 120 horas versus planta sadia.

3.6 BIOENSAIOS COM *Telenomus podisi*.

Para determinar se os voláteis liberados pelas plantas submetidas aos diferentes tratamentos, plantas com herbivoria e plantas sadias, produzem algum efeito no comportamento de procura do parasitoide de ovos *Telenomus podisi*, foram conduzidos bioensaios seguindo o mesmo procedimento descrito no item 3.5. O olfatômetro utilizado foi confeccionado em placa de acrílico (19 x 19 cm), com uma cavidade em forma de “Y” (corpo de 8 cm e braços de 7,0 cm), mantida entre dois vidros de mesmas dimensões, um translúcido na parte inferior e o outro transparente na parte superior, prensados por cliques de papel (Figura 26).

Uma única fêmea de *T. podisi* foi introduzida na área de liberação do olfatômetro (Figura 26; Figura 27) e observada por 600 segundos, para o registro da primeira escolha e o tempo de residência em cada braço. Cada fêmea foi usada somente uma vez no experimento. As plantas foram trocadas a cada 5 bioensaios, bem como todo o sistema do olfatômetro, o qual foi lavado com detergente e água. Nessa ocasião, os braços do olfatômetro foram trocados para evitar um efeito da posição na escolha dos insetos. Foram feitas 40 repetições para cada combinação de bioensaio. Os insetos que não se moveram nos primeiros cinco minutos foram considerados não responsivos.

Nos bioensaios, foram utilizadas fêmeas acasaladas de *T. podisi*, com 24 a 48 horas (idade com maior taxa de parasitismo) e sem experiência de oviposição. Os parasitoides que eclodiram de ovos de *T. limbativentris* foram usados nos bioensaios com plantas injuriadas por *T. limbativentris*. Os parasitoides que eclodiram de ovos de *G. spinosa* foram usados nos bioensaios com plantas injuriadas por *G. spinosa*. Os mesmos procedimentos dos bioensaios com os percevejos foram usados nos bioensaios com o parasitoide.

Foram realizados os seguintes tratamentos para avaliar a resposta aos voláteis de fêmeas acasaladas de *T. podisi*: a) planta sadia versus ar, b) planta com injúria de *T. limbativentris* por 24 horas versus ar, c) planta com injúria de *T. limbativentris* por 24 horas versus planta sadia, d) planta com injúria de *T. limbativentris* por 120 horas versus ar, e) planta com injúria de *T. limbativentris* por 120 horas versus planta sadia, f) planta com injúria de *G. spinosa* por 24 horas versus ar, g) planta com injúria de *G. spinosa* por 24 horas versus planta sadia, h) planta com injúria de *G. spinosa* por 120 horas versus ar, i) planta com injúria de *G. spinosa* por 120 horas versus planta sadia.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os voláteis totais emitidos pelas plantas submetidas aos diferentes tratamentos foram analisados aplicando um modelo linear generalizado (GLM), com distribuição Gama, seguido de uma análise de contraste. Para avaliar a influência dos compostos na composição dos extratos dos diferentes tratamentos, aplicaram-se técnicas multivariadas como análise composicional de resposta de curvas principais (PRC) (Moraes et al., 2008, 2009; Michereff et al., 2011). As análises foram feitas utilizando o programa estatístico R 2.14.0 (R Statistical Development Core Team, 2009).

Os dados da primeira escolha dos percevejos e do parasitoide, foram analisados utilizando regressão logística para estimar a probabilidade de escolha em cada um dos tratamentos. Em seguida, foi aplicado o teste de qui-quadrado de Wald para avaliar a escolha do inseto (5% de significância). O tempo de residência do inseto em cada braço do olfatômetro (tratamento ou controle) foi submetido ao teste *t* pareado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para selecionar uma variedade de arroz para os estudos da ação dos voláteis emitidos pelas plantas no comportamento dos insetos alvo do estudo, primeiramente foi feita uma análise da produção de voláteis constitutivos de quatro variedades de arroz: BRS Pampa, BR - IRGA 409, BR - IRGA 424 e BRS Pampeira. Os resultados demonstraram que a variedade BRS Pampa foi a única que apresentou alguns sesquiterpenos em quantidades detectáveis pelo CG-EM, como o α -zingibereno (26), α -curcumeno (24) e β -sesquifelandreno (27), compostos voláteis comuns em plantas de arroz, além de proporções relativas maiores dos compostos salicilato de metila (16) e linalol (12) e que, em geral, estão envolvidos na comunicação química inseto-planta (Machado et al., 2014, Michereff et al., 2011). Assim essa variedade poderia ter um maior potencial para produzir voláteis e influenciar o comportamento de herbívoros e de parasitoides. Portanto, a variedade BRS Pampa foi selecionada para ser usada em todos os experimentos (Figura 28).

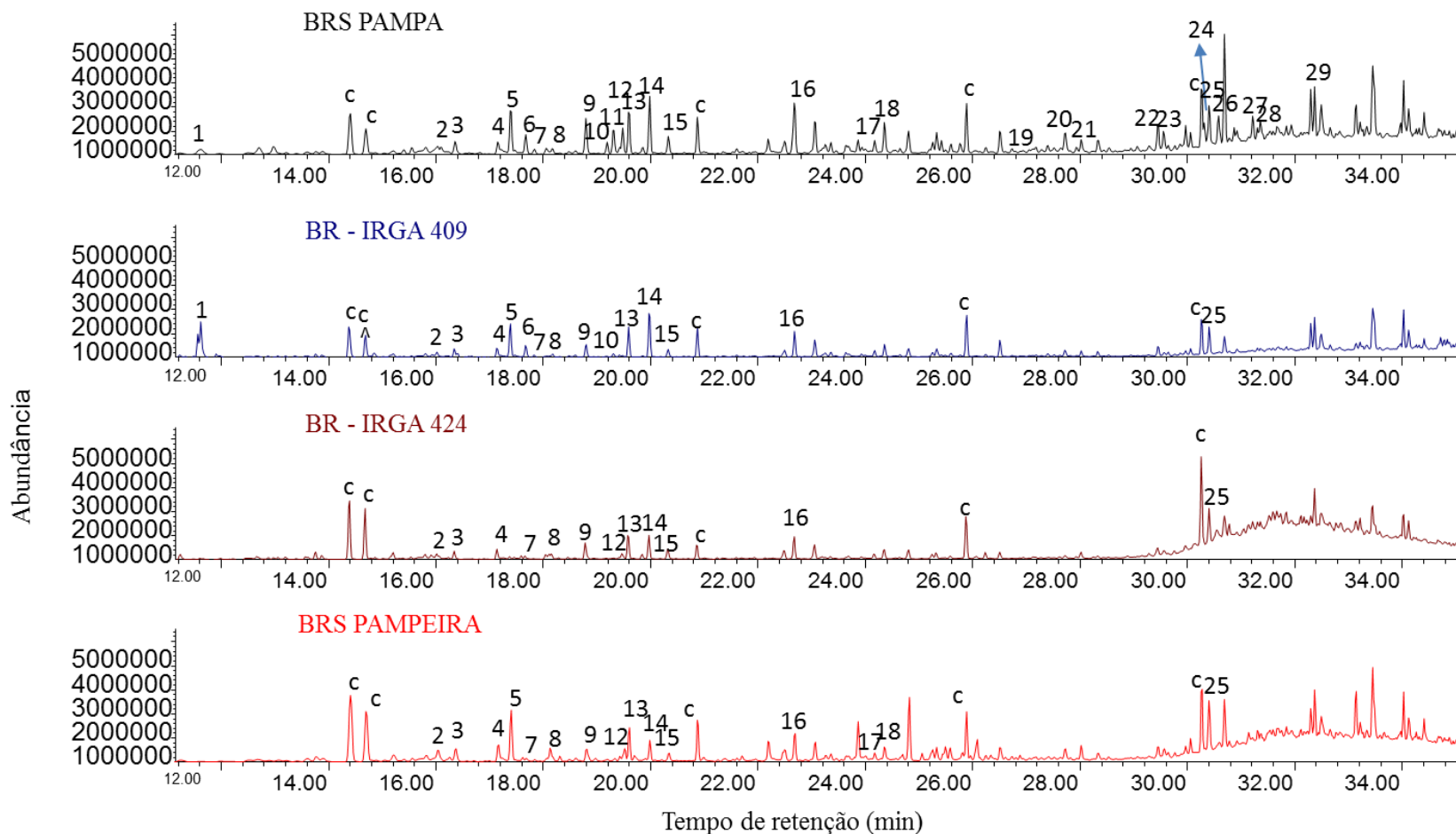


Figura 28. Cromatogramas das amostras de aeração dos voláteis constitutivo de quatro variedades de arroz: BRS Pampa, BR - IRGA 409 e BR - IRGA 424 e BRS Pampeira. 1) (*E*)-2-hexenal, 2) 2-pentylfurano, 3) octanal, 4) 2-etil hexanol, 5) limoneno, 6) desconhecido, 7) feniacetaldeído 8) γ -terpineno, 9) desconhecido, 10) 2-nonanona, 11) undecano, 12) linalool, 13) nonanal, 14) desconhecido, 15) desconhecido, 16) salicilato de metila, 17) indol, 18) tridecano, 19) ciclosativeno, 20) α -copaeno, 21) tetradecano, 22) geranilacetona, 23) sesquiterpeno, 24) α -curcumeno, 25) pentadecano, 26) α -zingibereno, 27) β -sesquifelandreno, 28) δ -cadineno, 29) hexadecano, C) Contaminação.

Na coleta de voláteis de plantas com injúria dos percevejos e plantas saudas (sem injúria), a análise estatística mostrou que houve diferença entre os três tratamentos nas primeiras 24 horas ($\chi^2 = 10,51$; gl = 2; $p = 0,005$) (Figura 29). A quantidade total de voláteis produzida foi diferente quando se comparou a produção de plantas sem injúria e plantas com injúria de *T. limbativentris* ($t = 2,03$; gl = 14; $p = 0,05$). Porém não houve diferença quando se comparou a produção total de voláteis de plantas de arroz com injúria de *G. spinosa* e plantas de arroz sadia ($t = - 0,94$; gl = 14; $p = 0,36$). Houve diferença quando comparou-se a produção total de voláteis de plantas injuriadas por 24 horas pelos percevejos *G. spinosa* e *T. limbativetris* ($t = 2,48$; gl = 14; $p = 0,02$). Curiosamente o tratamento com *T. limbativentris* induziu uma grande quantidade de voláteis nas primeiras 24 horas e no período 24-48 horas não diferiu do controle ($t = 1,30$; gl = 14; $p = 0,21$). Isso pode ser devido ao estresse abiótico (transporte e manuseio das plantas), pois insetos sugadores provocam danos mais sutis e a indução da defesa na planta demora mais tempo (Ali & Agrawal, 2012; Bonaventure, 2012; Magalhães et al., 2012). A partir do período de coleta de 48-72 horas de injúria em diante as diferenças foram significativas na produção total de voláteis entre os tratamentos com injúria dos insetos e as plantas saudas, mas não houve diferença na produção total de voláteis pelas plantas injuriadas por *T. limbativentris* e das injuriadas por *G. spinosa* (Figura 29; Tabela 1).

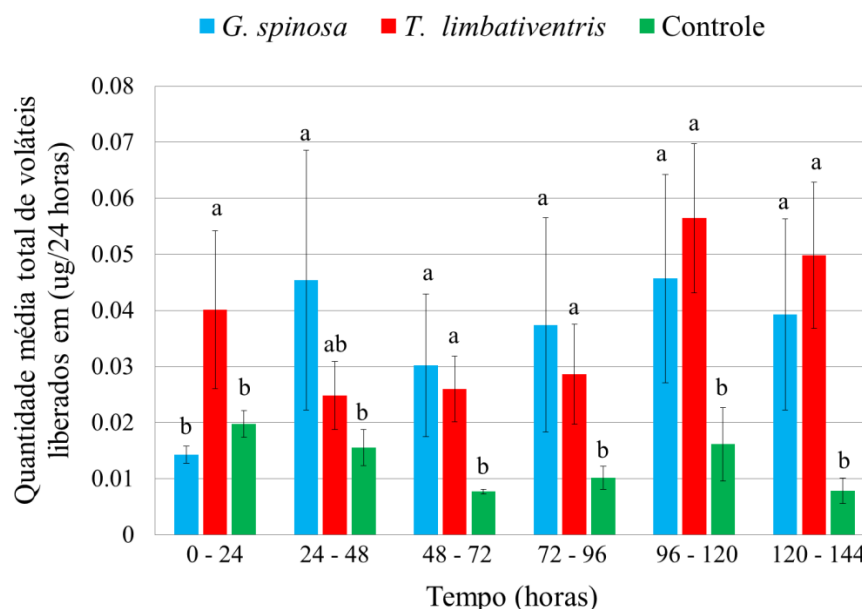


Figura 29. Quantidade média total de voláteis $\pm$ erro padrão liberados por plantas de arroz injuriadas pelos percevejos *G. spinosa*, *T. limbativentris* e controle (plantas saudas). Comparação estatística entre os tratamentos no mesmo período. A mesma letra indica que não há diferença entre os tratamentos.

Tabela 1. Análise estatística dos voláteis totais coletados das plantas de arroz submetidas aos diferentes tratamentos: Planta sadia (PS), Planta injuriada por *T. limbativentris* (PIT) e Planta injuriada por *G. spinosa* (PIG). Análise de modelos generalizados lineares com distribuição gama, análise de variância (variabilidade) e análise de contrastes.

P(horas)	GLM (Análise de variabilidade)	Análise de voláteis totais (Contraste)		
		PS x PIT	PS x PIG	PIT x PIG
0 - 24	$\chi^2 = 10,51$; gl = 2; p = 0,005	$t = 2,03$; gl = 14; p = 0,05	$t = -0,94$; gl = 14; p = 0,36	$t = 2,48$; gl = 14; p = 0,02
24 - 48	$\chi^2 = 10,21$; gl = 2; p = 0,006	$t = 1,30$; gl = 14; p = 0,21	$t = 2,63$; gl = 14; p = 0,02	$t = -1,75$; gl = 14; p = 0,11
48 - 72	$\chi^2 = 19,26$; gl = 2; p = 0,001	$t = 3,32$; gl = 13; p = 0,05	$t = 3,15$; gl = 13; p = 0,007	$t = -0,45$; gl = 13; p = 0,67
72 - 96	$\chi^2 = 9,29$; gl = 2; p = 0,009	$t = 2,14$; gl = 13; p = 0,05	$t = 2,43$; gl = 13; p = 0,03	$t = -0,61$; gl = 13; p = 0,55
96 - 120	$\chi^2 = 7,89$; gl = 2; p = 0,02	$t = 2,23$; gl = 12; p = 0,04	$t = 1,95$; gl = 12; p = 0,05	$t = 0,41$; gl = 12; p = 0,68
120 - 144	$\chi^2 = 21,07$; gl = 2; p = 0,001	$t = 3,06$; gl = 13; p = 0,009	$t = 2,86$; gl = 13; p = 0,01	$t = 0,54$; gl = 13; p = 0,60

As curvas obtidas da análise multivariada de curva de resposta principal (PRC) mostram que o perfil químico de voláteis de plantas injuriadas por herbivoria foi diferente do perfil químico de voláteis de plantas sem injúria ao longo do tempo. As variáveis, compostos, responsáveis pela obtenção das curvas são mostradas no eixo Y, à direita do gráfico (Figura 30). Os compostos com peso maior que |1.0| foram os responsáveis pelo padrão de curvas geradas pela análise. O primeiro eixo canônico da PRC explicou 78% da variância para o tratamento. A análise de variância ANOVA obtida através de permutações de Monte Carlo mostrou que as curvas são representativas dos dados ($F = 50,803$; $p = 0,001$). O gráfico da PRC mostra que as principais diferenças ocorreram após as primeiras 24-48 horas ($p = 0,007$), 48-72 horas ($p = 0,002$), 72-96 horas ($p = 0,001$), 96-120 horas ($p = 0,016$), 120-144 horas ($p = 0,001$). Os compostos com os pesos mais altos foram α -curcumeno (C28), α -zingibereno (C29), α -copaeno (C17), β -bisaboleno (C30), δ -cadineno (C33), β -sesquifelandreno (C32), β -cariofileno (C20), α -cadineno (C35) e sesquiterpenos não identificados (C19, C22 e C25). Os compostos exo-brecomin (tentativamente identificado, não havia padrão disponível) e o compostos desconhecido 6 também apresentaram um valor alto dos pesos influenciando as curvas obtidas. Os compostos benzaldeído (C1), 6-metil-5-hepten-2-ona (C2), β -mirceno (C3), octanal (C4), limoneno (C5), linalol (C11), nonanal (C12), β -ciclocitral (C14) e um sesquiterpeno não identificado (C26) tiveram nenhuma ou pouca influência na separação dos tratamentos (Figura 30). Mas isso não significa que estes compostos não tenham influência nas respostas dos insetos nos bioensaios. Os insetos podem utilizar uma mistura complexa de voláteis. No entanto, é menos provável que compostos individuais tenham influência no comportamento dos insetos. Estudos mostram que a mistura de voláteis e a proporção entre os componentes são sinais usados pelos insetos para reconhecer a planta hospedeira (Bruce et al., 2008).

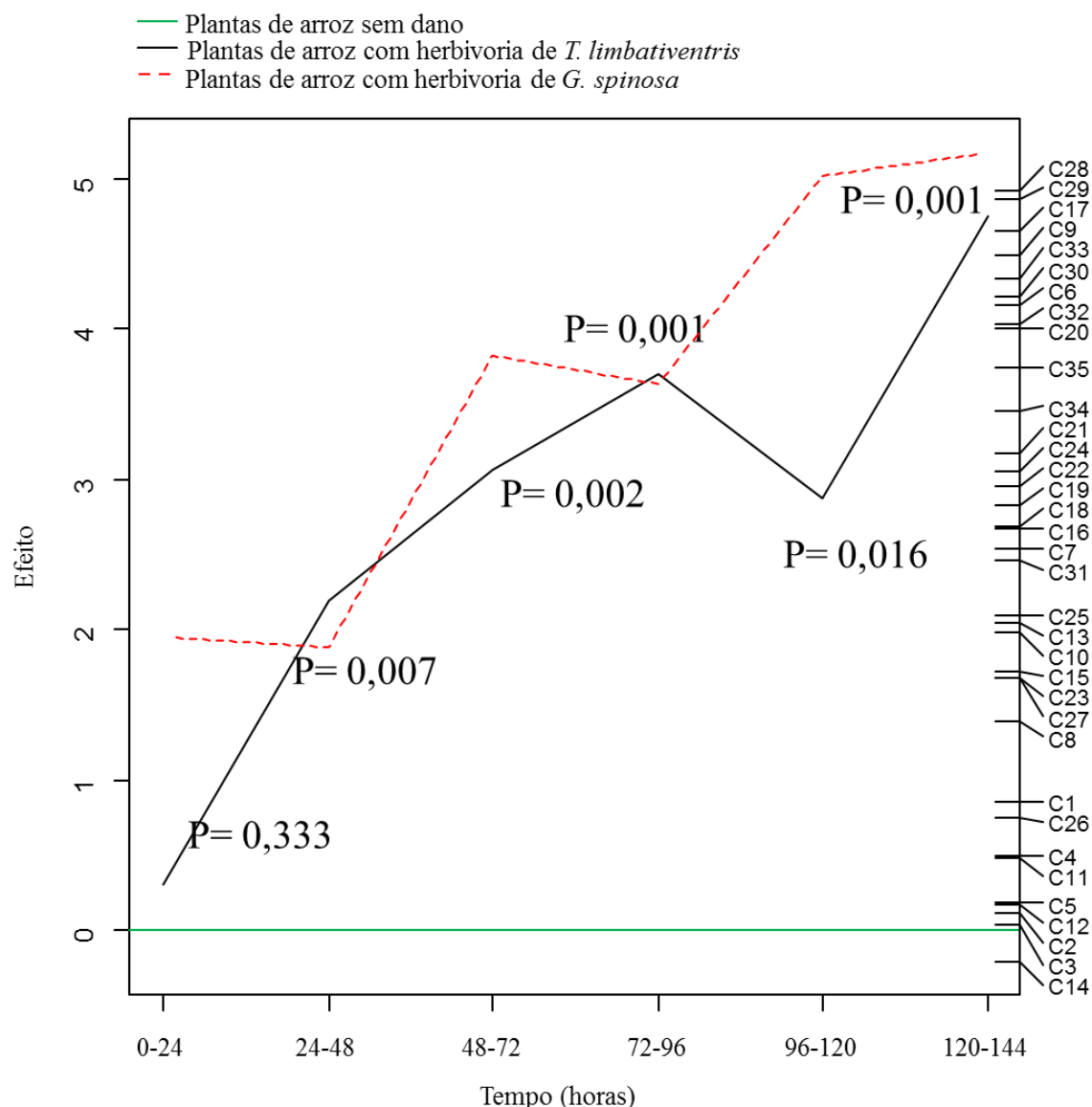


Figura 30. Gráfico com as curvas PRC mostrando as curvas de cada tratamento de perfil de voláteis ao longo do tempo. C1) benzaldeído, C2) 6-metil-5-hepten-2-ona, C3) β -mirceno, C4) octanal, C5) limoneno, C6) exobrevocomin, C7) fenilacetaldéido, C8) γ -terpineno, C9) desconhecido, C10) γ -terpinoleno, C11) linalool, C12) nonanal, C13) 4-oxoisoforona, C14) β -ciclocitral, C15) indol, C16) ciclosativeno, C17) α -copaeno, C18) sesquiterpeno, C19) sesquiterpeno, C20) β -cariofileno, C21) (*E*)- α -bergamoteno, C22) sesquiterpeno, C23) geranilacetona, C24) (*E*)- β -farneseno, C25) sesquiterpeno, C26) sesquiterpeno, C27) (*E*)- β -bergamoteno, C28) α -curcumeno, C29) α -zingibereno, C30) β -bisaboleno, C31) β -curcumeno ou γ -cadieneno, C32) β -sesquifelandreno, C33) δ -cadieneno, C34) cadin-1,4-dieno, C35) α -cadieneno.

Foi constatado que a quantidade total de voláteis do grupo dos monoterpenos, liberada pelas plantas sem injúria (controle), nos períodos de 0-24, 24-48, 48-72, 72-96, 96-120 e 120-144 horas de coleta não teve uma variação significativa ($\chi^2 = 6,34$; gl = 5; $p = 0,27$). Portanto, não foi necessário fazer a análise de contrastes entre os diferentes períodos (horas). No entanto, foram observadas variações significativas na quantidade de voláteis do grupo dos aromáticos ($\chi^2 = 22,63$; gl = 5; $p < 0,001$) e sesquiterpenos ($\chi^2 = 15,64$; gl = 5; $p = 0,008$) (Figura 31).

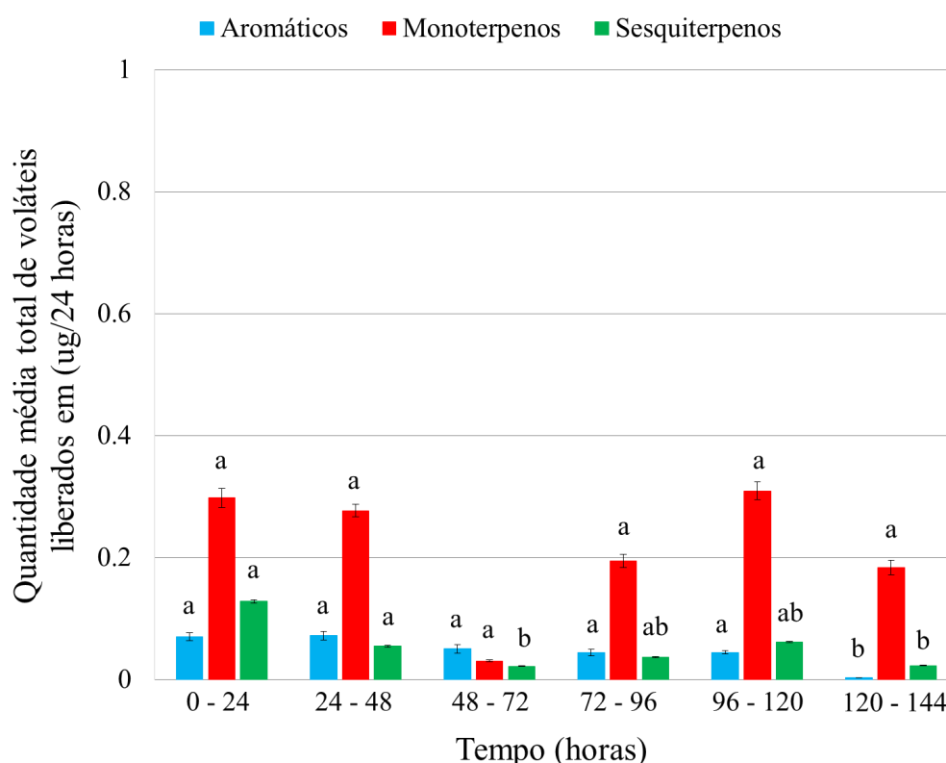


Figura 31. Quantidade média total $\pm$ erro padrão de voláteis por classe de compostos liberados por plantas de arroz saudáveis (controle). O modelo linear generalizado (GLM) foi aplicado dentro da mesma classe de composto para comparar a variação na produção de monoterpenos, sesquiterpenos e aromáticos ao longo do tempo. Mesma letra indica que não houve diferença ao longo do tempo.

Na análise de contraste foi demonstrado que houve diferença significativa na quantidade de voláteis aromáticos liberados entre 0-24, 24-48, 48-72, 72-96 e 96-120 horas quando comparados com 120-144 horas de coleta (Tabela 2). A quantidade de voláteis aromáticos diminuiu significativamente no último período de coleta (120-144 horas). A quantidade de voláteis sesquiterpenoides liberados com 0-24 horas diminuiu significativamente quando comparado aos períodos 48-72 horas e 120-144 horas de coleta (Tabela 2). A maior produção de compostos voláteis pelas plantas nas

primeiras horas de coleta pode ser devido ao estresse abiótico. As plantas foram transportadas da casa de vegetação para o laboratório e inseridas na câmara de coleta de voláteis. Apesar dessa variação, o manuseio das plantas parece não ter interferido na resposta dos insetos, pois eles não distinguiram os voláteis das plantas injuriadas por 0-24 horas dos voláteis emitidos de plantas sem injúrias (Vide resultados dos bioensaios abaixo).

Tabela 2. Análise de contrastes de voláteis dos grupos aromáticos e sesquiterpenos, de plantas de arroz sadias (controle).

Horas	Aromáticos	Sesquiterpenos
0-24 x 24-48	$t = 0,04$; gl = 30; $p = 0,97$	$t = -1,36$; gl = 30; $p = 0,18$
0-24 x 48-72	$t = -0,56$; gl = 30; $p = 0,58$	$t = -2,12$; gl = 30; $p = 0,04$
0-24 x 72-96	$t = -0,75$; gl = 30; $p = 0,46$	$t = -1,77$; gl = 30; $p = 0,09$
0-24 x 96-120	$t = -0,74$; gl = 30; $p = 0,46$	$t = -1,21$; gl = 30; $p = 0,23$
0-24 x 120-144	$t = -2,30$; gl = 30; $p = 0,03$	$t = -2,09$; gl = 30; $p = 0,04$
24-48 x 48-72	$t = -0,59$; gl = 30; $p = 0,56$	$t = -1,45$; gl = 30; $p = 0,16$
24-48 x 72-96	$t = -0,79$; gl = 30; $p = 0,44$	$t = -0,70$; gl = 30; $p = 0,49$
24-48 x 96-120	$t = -0,78$; gl = 30; $p = 0,44$	$t = 0,21$; gl = 30; $p = 0,83$
24-48 x 120-144	$t = -2,30$; gl = 30; $p = 0,03$	$t = -1,38$; gl = 30; $p = 0,18$
48-72 x 72-96	$t = -0,21$; gl = 30; $p = 0,83$	$t = 0,91$; gl = 30; $p = 0,37$
48-72 x 96-120	$t = -0,20$; gl = 30; $p = 0,84$	$t = 1,58$; gl = 30; $p = 0,12$
48-72 x 120-144	$t = -2,25$; gl = 30; $p = 0,03$	$t = 0,12$; gl = 30; $p = 0,91$
72-96 x 96-120	$t = 0,01$; gl = 30; $p = 0,99$	$t = 0,89$; gl = 30; $p = 0,38$
72-96 x 120-144	$t = -2,23$; gl = 30; $p = 0,03$	$t = -0,81$; gl = 30; $p = 0,42$
96-120 x 120-144	$t = -2,23$; gl = 30; $p = 0,03$	$t = -1,51$; gl = 30; $p = 0,14$

Em plantas injuriadas pelo percevejo *T. limbativentris*, foi observado que a quantidade de voláteis do grupo dos monoterpenos não teve uma variação significativa ao longo do período avaliado ($\chi^2 = 3,83$; gl = 5; $p = 0,57$). No entanto, houve variações significativas na quantidade de voláteis do grupo aromático ($\chi^2 = 21,76$; gl = 5; $p < 0,001$) e sesquiterpeno ($\chi^2 = 23,55$; gl = 5; $p < 0,001$) (Figura 32).

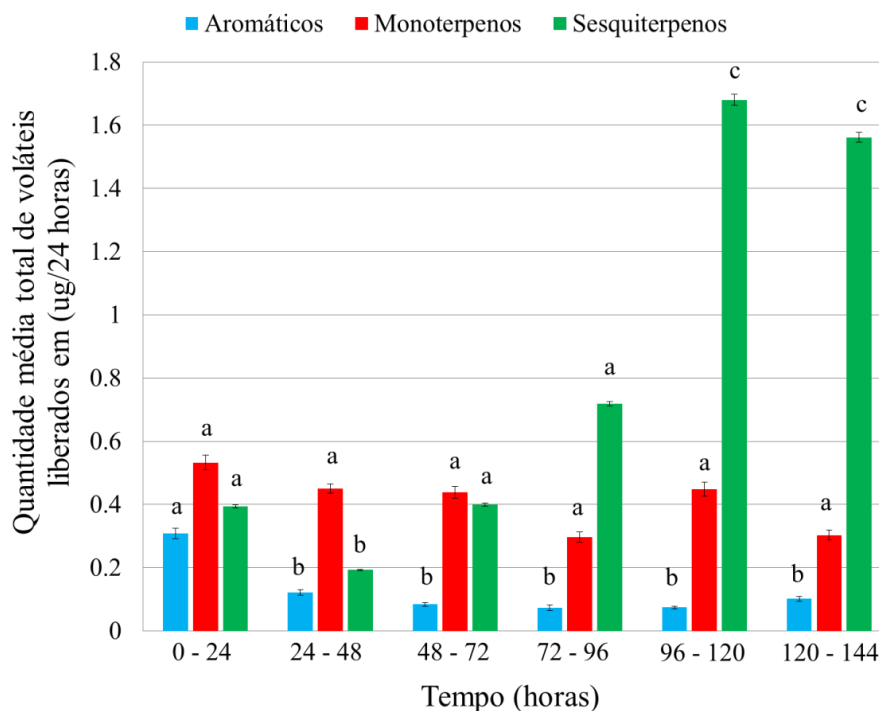


Figura 32. Quantidade média total de voláteis $\pm$ erro padrão por classe de compostos liberados por plantas de arroz injuriadas por fêmeas de *T. limbativentris*. O modelo linear generalizado (GLM) foi aplicado dentro da mesma classe de composto para comparar a variação na produção de monoterpenos, sesquiterpenos e aromáticos ao longo do tempo. Mesma letra indica que não houve diferença ao longo do tempo.

Na análise de contraste foi mostrado que houve diferença significativa na quantidade de voláteis aromáticos liberados entre 24-48, 48-72, 72-96, 96-120 e 120-144 horas quando comparados com 0-24 horas de coleta. A quantidade de voláteis aromáticos foi decrescente com o passar do tempo. A maior quantidade de aromáticos no período 0-24 horas pode estar relacionada ao estresse abiótico. A quantidade de voláteis sesquiterpenos liberados com 0-24 horas aumentou significativamente quando comparados com 96-120 horas e 120-144 horas de coleta (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de contrastes de voláteis dos grupos aromáticos e sesquiterpenos, coletados de plantas injuriadas pelo percevejo *T. limbativentris*.

Horas	Aromáticos	Sesquiterpenos
0-24 x 24-48	$t = -2,00$; gl = 29; $p = 0,05$	$t = -1,23$; gl = 29; $p = 0,23$
0-24 x 48-72	$t = -2,48$; gl = 29; $p = 0,02$	$t = 0,03$; gl = 29; $p = 0,98$
0-24 x 72-96	$t = -2,63$; gl = 29; $p = 0,01$	$t = 1,06$; gl = 29; $p = 0,30$
0-24 x 96-120	$t = -2,39$; gl = 29; $p = 0,02$	$t = 1,98$; gl = 29; $p = 0,05$

Continua...

Tabela 3 continuação.

Horas	Aromáticos	Sesquiterpenos
0-24 x 120-144	$t = - 2,26$; gl = 29; $p = 0,03$	$t = 1,94$; gl = 29; $p = 0,05$
24-48 x 48-72	$t = - 0,88$; gl = 29; $p = 0,38$	$t = 1,25$; gl = 29; $p = 0,22$
24-48 x 72-96	$t = - 1,22$; gl = 29; $p = 0,23$	$t = 1,89$; gl = 29; $p = 0,07$
24-48 x 96-120	$t = - 1,09$; gl = 29; $p = 0,28$	$t = 2,35$; gl = 29; $p = 0,02$
24-48 x 120-144	$t = - 0,45$; gl = 29; $p = 0,66$	$t = 2,33$; gl = 29; $p = 0,03$
48-72 x 72-96	$t = - 0,38$; gl = 29; $p = 0,71$	$t = 1,04$; gl = 29; $p = 0,31$
48-72 x 96-120	$t = - 0,30$; gl = 29; $p = 0,77$	$t = 1,97$; gl = 29; $p = 0,06$
48-72 x 120-144	$t = 0,45$; gl = 29; $p = 0,65$	$t = 1,93$; gl = 29; $p = 0,06$
72-96 x 96-120	$t = 0,06$; gl = 29; $p = 0,95$	$t = 1,39$; gl = 29; $p = 0,18$
72-96 x 120-144	$t = 0,81$; gl = 29; $p = 0,42$	$t = 1,31$; gl = 29; $p = 0,20$
96-120 x 120-144	$t = 0,71$; gl = 29; $p = 0,48$	$t = - 0,13$; gl = 29; $p = 0,90$

Em plantas injuriadas pelo percevejo *G. spinosa*, foi observado que a quantidade de voláteis do grupo dos aromáticos, nos períodos de 0-24, 24-48, 48-72, 72-96, 96-120 e 120-144 horas não tiveram uma variação significativa ($\chi^2 = 10,32$; gl = 5, $p = 0,07$). No entanto, houve variações significativas na quantidade de voláteis do grupo dos monoterpenos ($\chi^2 = 13,65$; gl = 5, $p = 0,02$) e sesquiterpenos ($\chi^2 = 24,08$; gl = 5; $p < 0,001$), nos períodos de 0-24, 24-48, 48-72, 72-96, 96-120 e 120-144 horas (Figura 33).

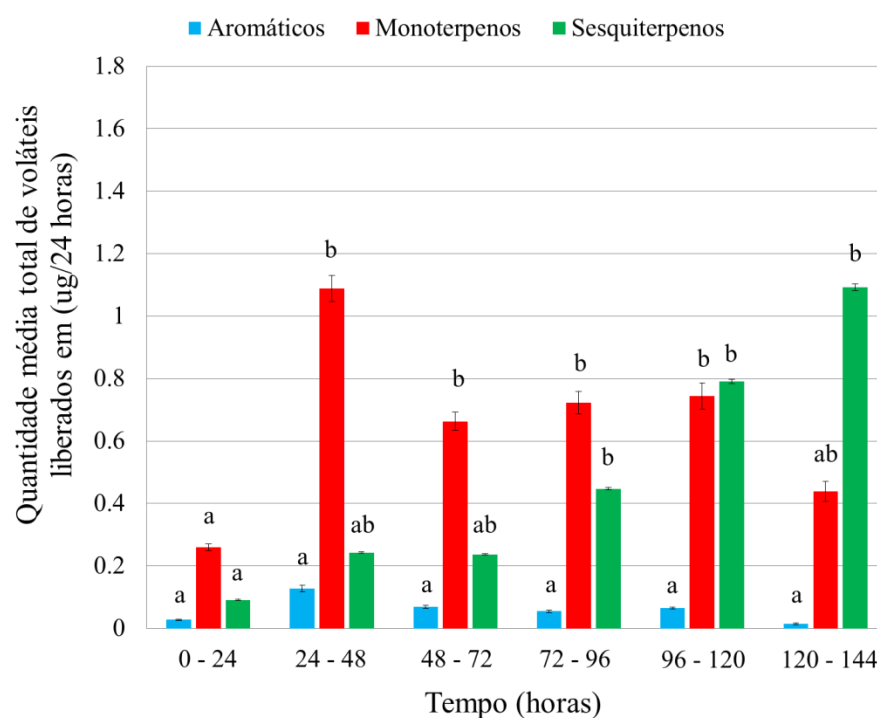


Figura 33. Quantidade média total de voláteis $\pm$ erro padrão por classe de compostos liberados por plantas de arroz injuriadas por fêmeas de *G. spinosa*. A estatística foi aplicada dentro da mesma classe de composto para comparar a variação na

produção de monoterpenos, sesquiterpenos e aromáticos ao longo do tempo. Mesma letra indica que não houve diferença ao longo do tempo.

Na análise de contraste foi mostrado que houve diferença significativa na quantidade de voláteis monoterpenos liberados entre 24-48, 48-72, 72-96, 96-120 horas quando comparados com 0-24 horas de coleta (Tabela 4). A quantidade de voláteis monoterpenos aumentou no período de 24-48 horas em relação a 0-24 horas, e manteve-se constante com o passar do tempo até o último período avaliado (120-144 horas). Padrão similar foi observado para os sesquiterpenos, cuja a quantidade de voláteis liberados com 72-96 horas aumentou da liberada entre 0-24 horas, e se manteve constante durante o resto do período avaliado. Não houve diferença entre os outros períodos analisados. A quantidade de voláteis sesquiterpenos liberados com 0-24 horas aumentou significativamente quando comparados com 72-96, 96-120 e 120-144 horas de coleta (Tabela 4). Diferentemente, dos outros tratamentos, nas plantas injuriadas por *G. spinosa* a produção de aromáticos não se alterou significativamente ao longo do tempo. Isso pode ser devido à injúria do percevejo *G. spinosa* ter sido percebida pela planta mais cedo (considerando o período 0-24 horas como estresse abiótico) e ativou a defesa contra herbivoria, silenciando a rota do ácido chiquímico (aromáticos) e ativando a rota do ácido jasmônico (monoterpenos e sesquiterpenos).

Tabela 4. Análise de contrastes de voláteis dos grupos monoterpenos e sesquiterpenos, coletados de plantas injuriadas pelo percevejo *G. spinosa*.

Horas	Monoterpenos	Sesquiterpenos
0-24 x 24-48	$t = 2,69$; gl = 19; $p = 0,01$	$t = 1,36$; gl = 19; $p = 0,19$
0-24 x 48-72	$t = 2,04$; gl = 19; $p = 0,05$	$t = 1,32$; gl = 19; $p = 0,20$
0-24 x 72-96	$t = 2,17$; gl = 19; $p = 0,04$	$t = 2,06$; gl = 19; $p = 0,05$
0-24 x 96-120	$t = 2,22$; gl = 19; $p = 0,04$	$t = 2,42$; gl = 19; $p = 0,02$
0-24 x 120-144	$t = 1,24$; gl = 19; $p = 0,23$	$t = 2,54$; gl = 19; $p = 0,02$
24-48 x 48-72	$t = -1,09$; gl = 19; $p = 0,29$	$t = -0,05$; gl = 19; $p = 0,96$
24-48 x 72-96	$t = -0,92$; gl = 19; $p = 0,37$	$t = 1,02$; gl = 19; $p = 0,32$
24-48 x 96-120	$t = -0,86$; gl = 19; $p = 0,40$	$t = 1,69$; gl = 19; $p = 0,11$
24-48 x 120-144	$t = -1,81$; gl = 19; $p = 0,08$	$t = 1,94$; gl = 19; $p = 0,07$
48-72 x 72-96	$t = 0,20$; gl = 19; $p = 0,84$	$t = 1,06$; gl = 19; $p = 0,30$
48-72 x 96-120	$t = 0,27$; gl = 19; $p = 0,79$	$t = 1,71$; gl = 19; $p = 0,10$
48-72 x 120-144	$t = -0,92$; gl = 19; $p = 0,37$	$t = 1,96$; gl = 19; $p = 0,06$
72-96 x 96-120	$t = 0,07$; gl = 19; $p = 0,95$	$t = 0,97$; gl = 19; $p = 0,35$
72-96 x 120-144	$t = -1,10$; gl = 19; $p = 0,28$	$t = 1,40$; gl = 19; $p = 0,18$
96-120 x 120-144	$t = -1,16$; gl = 19; $p = 0,26$	$t = 1,57$; gl = 19; $p = 0,57$

Pela Tabela 5, observa-se que as plantas injuriadas pelos percevejos *T. limbativentris* e *G. spinosa* liberaram maior quantidade de voláteis do grupo dos sesquiterpenos em relação a plantas sadias no período de 120-144 horas de coleta.

Tabela 5. Quantidade média total de voláteis do grupo dos sesquiterpenos liberados em ug/24 horas de planta sadias, planta injuriadas por *T. limbativentris* (PIT) e plantas injuriadas por *G. spinosa* (PIG).

Períodos	Plantas sadias	PIT	PIG
0-24 h	0,13	0,39	0,09
24-48 h	0,05	0,19	0,24
48-72 h	0,02	0,4	0,24
72-96 h	0,04	0,72	0,45
96-120 h	0,06	1,68	0,79
120-144 h	0,02	1,56	1,09

Os voláteis liberados por plantas que sofreram herbivoria pelos percevejos *T. limbativentris* e *G. spinosa* e de plantas sadias estão listados na Tabela 6. Como mostrou a análise de PRC houve variação na quantidade liberada dos compostos ao longo do período avaliado quando se compara a emissão de voláteis de plantas sem injúria com a emissão dos voláteis por plantas injuriadas (Tabela 6).

Tabela 6. Média $\pm$ erro padrão da quantidade total ($\mu\text{g} / 24 \text{ h}$) de voláteis liberados pelas plantas de arroz sadias, plantas de arroz injuriadas pelo percevejo *T. limbativentris* (PIT) e pelo percevejo *G. spinosa* (PIG) por 0-24 horas e 96-120 horas.

Compostos	RI	Plantas sadias	PIT 0-24 horas	PIG 0-24 horas	PIT 96-120 horas	PIG 96-120 horas
Benzaldeído	968	0,035 $\pm$ 0,017	0,061 $\pm$ 0,025	0,012 $\pm$ 0,005	0,024 $\pm$ 0,006	0,018 $\pm$ 0,011
6-Metil-5-hepten-2-ona	984	0,021 $\pm$ 0,003	0,038 $\pm$ 0,025	0,014 $\pm$ 0,002	0,034 $\pm$ 0,016	0,041 $\pm$ 0,019
β -Mirceno	992	0,033 $\pm$ 0,007	0,027 $\pm$ 0,007	0,029 $\pm$ 0,013	0,052 $\pm$ 0,023	0,184 $\pm$ 0,101
Octanal	1005	0,055 $\pm$ 0,012	0,069 $\pm$ 0,027	0,033 $\pm$ 0,005	0,025 $\pm$ 0,013	0,040 $\pm$ 0,033
Limoneno	1032	0,038 $\pm$ 0,006	0,050 $\pm$ 0,016	0,063 $\pm$ 0,014	0,223 $\pm$ 0,072	0,380 $\pm$ 0,111
Exobrevocomin*	1043	-	-	-	0,036 $\pm$ 0,010	0,021 $\pm$ 0,005
Fenilacetaldeído	1046	-	0,123 $\pm$ 0,069	0,010 $\pm$ 0,007	0,023 $\pm$ 0,010	0,005 $\pm$ 0,001
γ -Terpineno	1059	0,018 $\pm$ 0,006	0,027 $\pm$ 0,010	0,010 $\pm$ 0,005	0,021 $\pm$ 0,016	0,035 $\pm$ 0,018
Desconhecido	1069	0,011 $\pm$ 0,006	0,065 $\pm$ 0,029	0,009 $\pm$ 0,003	0,041 $\pm$ 0,009	0,040 $\pm$ 0,013
Terpinoleno	1087	-	0,248 $\pm$ 0,086	-	0,007 $\pm$ 0,003	0,012 $\pm$ 0,008
Linalool	1095	0,04 $\pm$ 0,012	0,128 $\pm$ 0,053	0,036 $\pm$ 0,005	0,035 $\pm$ 0,013	0,051 $\pm$ 0,033
Nonanal	1099	0,162 $\pm$ 0,032	0,205 $\pm$ 0,085	0,079 $\pm$ 0,015	0,063 $\pm$ 0,036	0,099 $\pm$ 0,077
4-Oxoisoforona*	1142	-	0,029 $\pm$ 0,020	-	0,008 $\pm$ 0,004	-

Continua...

Tabela 6 continuação.

Compostos	RI	Plantas sadias	PIT 0-24 horas	PIG 0-24 horas	PIT 96-120 horas	PIG 96-120 horas
Terpinen-4-ol	1183	-	0,024 ± 0,002	0,010 ± 0,010	0,004 ± 0,002	-
Salicilato de metila	1194	0,007 ± 0,004	0,052 ± 0,029	-	0,008 ± 0,005	0,004 ± 0,002
β-Ciclocitral	1207	0,149 ± 0,022	0,219 ± 0,088	0,097 ± 0,007	0,061 ± 0,028	0,055 ± 0,032
Benzotiazol	1229	-	0,021 ± 0,005	-	0,007 ± 0,005	0,020 ± 0,012
Indol	1292	0,021 ± 0,002	0,051 ± 0,026	0,012 ± 0,006	0,012 ± 0,007	0,018 ± 0,014
Tridecano	1300	0,043 ± 0,007	0,039 ± 0,023	0,019 ± 0,012	0,019 ± 0,012	0,093 ± 0,055
α-Cubebeno*	1351	-	-	-	-	0,889 ± 0,194
Ciclosativeno	1374	0,040 ± 0,018	0,028 ± 0,011	0,013 ± 0,006	0,032 ± 0,007	0,032 ± 0,018
α-Copaeno	1380	-	-	-	0,189 ± 0,043	0,081 ± 0,012
Sesquiterpeno	1389	-	-	-	0,047 ± 0,011	0,011 ± 0,005
Sesquiterpeno	1404	-	-	-	0,012 ± 0,004	0,017 ± 0,010
β-Cariofileno	1424	-	0,019 ± 0,011	-	0,083 ± 0,027	0,047 ± 0,012
(E)-α-Bergamoteno*	1436	-	0,021 ± 0,009	-	0,039 ± 0,015	0,011 ± 0,009
Sesquiterpeno	1444	-	-	-	0,048 ± 0,019	0,016 ± 0,008
Geranilacetona	1449	0,033 ± 0,009	0,092 ± 0,028	0,032 ± 0,004	0,016 ± 0,006	0,013 ± 0,009

Continua...

Tabela 6 continuação.

Compostos	RI	Plantas sadias	PIT 0-24 horas	PIG 0-24 horas	PIT 96-120 horas	PIG 96-120 horas
(<i>E</i>)- β -Farneseno	1455	-	-	-	0,034 $\pm$ 0,013	0,005 $\pm$ 0,003
Sesquiterpeno	1461	-	0,024 $\pm$ 0,018	0,017 $\pm$ 0,009	0,009 $\pm$ 0,004	0,033 $\pm$ 0,016
Sesquiterpeno	1463	0,012 $\pm$ 0,004	0,039 $\pm$ 0,013	0,021 $\pm$ 0,005	0,052 $\pm$ 0,035	0,044 $\pm$ 0,019
(<i>E</i>)- β -Bergamoteno*	1467	0,014 $\pm$ 0,003	0,014 $\pm$ 0,005	0,013 $\pm$ 0,002	0,008 $\pm$ 0,004	0,040 $\pm$ 0,029
α -Curcumeno	1484	-	0,025 $\pm$ 0,014	-	0,263 $\pm$ 0,092	0,096 $\pm$ 0,022
α -Zingibereno	1497	-	0,023 $\pm$ 0,017	-	0,237 $\pm$ 0,093	0,060 $\pm$ 0,007
Pentadecano	1500	0,029 $\pm$ 0,008	0,042 $\pm$ 0,018	0,020 $\pm$ 0,002	0,022 $\pm$ 0,007	0,028 $\pm$ 0,014
β -Bisaboleno*	1510	-	-	-	0,093 $\pm$ 0,007	0,024 $\pm$ 0,011
β -Curcumeno	1517	-	0,015 $\pm$ 0,009	-	0,018 $\pm$ 0,007	0,011 $\pm$ 0,008
β -Sesquifelandreno	1522	-	-	-	0,091 $\pm$ 0,020	0,048 $\pm$ 0,011
δ -Cadieneno*	1527	-	-	-	0,231 $\pm$ 0,087	0,125 $\pm$ 0,027
Cadin-1,4-dieno*	1530	-	0,021 $\pm$ 0,013	-	0,039 $\pm$ 0,024	-
α -Cadieneno*	1537	-	-	-	0,123 $\pm$ 0,032	0,052 $\pm$ 0,009
Germacrene-D-4-ol*	1580	-	-	-	0,011 $\pm$ 0,007	-
Hexadecano	1600	0,031 $\pm$ 0,005	0,028 $\pm$ 0,012	0,022 $\pm$ 0,003	0,019 $\pm$ 0,006	0,024 $\pm$ 0,014

* Identificação provisória usando fragmentação de espectro de massa e índice de retenção. Padrões autênticos para esses compostos não estavam disponíveis.

A produção dos compostos ao longo do tempo mostrou que as plantas de arroz com injúria de *T. limbativentris* não demoram para responder. Para *T. limbativentris* a resposta da planta em relação à injúria ocorreu nas primeiras 24 horas. Essa resposta pode ser devido ao estresse abiótico, pois no período 24-48 horas não diferiu do controle (Figura 29; Tabela 1). As plantas foram transportadas e manuseadas no início da coleta de voláteis (estresse mecânico). Além disso, estudos vêm mostrando que a resposta da maioria das plantas não é imediata à injúria do herbívoro. Para alguns insetos sugadores, as mudanças no metabolismo secundário se expressa após alguns dias (Michereff et al., 2011; Magalhães, et al., 2012; Fürstenberg-Hägg et al., 2013). Considerando que o período 0-24 horas de plantas com injúria de *T. limbativentris* seja estresse abiótico, os resultados mostraram que as plantas de arroz demoram algumas horas (dias) para responder à injúria dos percevejos. Para *G. spinosa* a resposta da planta em relação à injúria ocorreu após 24 horas e para *T. limbativentris* após 48 horas (Figura 29; Tabela 1).

A resposta da planta à herbivoria do inseto depende de diferentes fatores, entre estes, a capacidade da planta em reconhecer os indutores químicos presentes na saliva do inseto e o tipo de injúria provocada no tecido foliar (Bonaventure, 2012; Shinya et al., 2016). De modo geral, insetos sugadores provocam danos mais sutis nas plantas e estas levam maior tempo para ativar a defesa direta ou indireta da planta (Ali & Agrawal, 2012; Bonaventure, 2012; Magalhães et al., 2012). Mas, como esperado, a produção dos compostos em resposta à injúria de herbivoria relacionados com a produção de ácido jasmônico, como os terpenoides, foi induzida a partir de 24-48 horas. Apesar de os percevejos serem sugadores, não se observaram variações significativas nos compostos relacionados com a rota do ácido chiquímico, os principais compostos induzidos foram os sesquiterpenos e monoterpenos. Os insetos de hábito alimentar sugador induzem principalmente a produção de voláteis da rota do ácido chiquímico e insetos de hábito alimentar mastigador (besouros, lagartas) induzem a produção de compostos da rota do ácido jasmônico (Smith & Boyko, 2007; Heil, 2008; Michereff et al., 2011).

A variação observada na produção de aromáticos, ao longo do tempo avaliado para cada tratamento, parece estar relacionada com estresse abiótico, uma vez que o mesmo efeito foi observado no controle. Em plantas injuriadas por *T. limbativentris* no período 0-24 horas houve uma maior produção de aromáticos em relação

ao controle (Figura 31; Figura 32). Isso pode explicar a alta produção de voláteis observada nesse período que pode estar relacionado ao estresse mecânico. A produção de metabólitos secundários também depende de fatores abióticos, como nutrição da planta, umidade, luminosidade e temperatura (Bonaventure, 2012, Fürstenberg-Hägg et al., 2013).

Os sesquiterpenos e monoterpenos foram os principais compostos induzidos após à injúria por *T. limbativentris* e *G. spinosa* (Figura 30; Tabela 6). Os terpenoides possuem duas vias de biossíntese, a primeira ocorre no citoplasma, e é denominada via do mevalonato onde são produzidos os sesquiterpenos. A segunda ocorre nos plastídios, chamada de via metileritritol fosfato, na qual são produzidos os monoterpenos (Arimura et al., 2009). Os terpenoides, no geral, são produzidos pela planta devido à injúria de herbivoria e são usados na defesa indireta de plantas. Estudos mostraram que esses compostos são liberados mais tardiamente pelas plantas, como o que ocorreu no presente estudo (Michereff et al., 2011).

O sesquiterpeno α -curcumeno foi produzido em quantidade significativamente maior após injúria pelos percevejos *T. limbativentris* (0-24 e 96-120 horas) e *G. spinosa* (96-120 horas) (Tabela 6). Não há indícios de que seja produzido pelo percevejo-do-colmo (Borges et al., 2006). Este composto é encontrado em varias espécies vegetais (Knudsen et al., 2006).

As plantas de arroz liberaram β -bisaboleno e β -sesquifelandreno em maior quantidade após a injúria dos percevejos *T. limbativentris* e *G. spinosa* (Tabela 6). O composto β -bisaboleno ocorre em diversas famílias de plantas (Amaryllidaceae, Arecaceae, Oleaceae, Orchidaceae e Vitaceae). O composto β -sesquifelandreno ocorre nas espécies de Arecaceae, Fabaceae e Geraniaceae (Knudsen et al., 2006). Em um estudo com planta de arroz foi observado um aumento na produção destes dois compostos quando foram tratadas com o indutor jasmonato de metila, sugerindo que as plantas liberam em maior quantidade destes sesquiterpenos para se defenderem de insetos herbívoros (Cheng et al., 2007).

A quantidade de α -zingibereno emitida por plantas injuriadas pelo os percevejos *T. limbativentris* e *G. spinosa* por 120 horas aumentou em relação a plantas sadias (Tabela 6). Plantas das famílias Orchidaceae, Geraniaceae e Verbenaceae também emitem α -zingibereno (Knudsen et al., 2006). Sua ocorrência também foi registrada em culturas como batata (Weissbecker et al., 2000), pimentão (Moayeri et

al., 2007) e arroz na fase vegetativa (Fujii et al., 2010). Moayeri et al., (2007) constataram que plantas de pimentão injuriadas por *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae) e *Myzus persicae* Sulzer, 1776 (Homoptera: Aphididae), produziram uma quantidade maior de α -zingibereno, em relação às plantas sadias. Em plantas de batata injuriadas por *Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae) foi observado que houve produção de α -zingibereno, e este composto foi atrativo ao predador *Perillus bioculatus* Fabricius, 1775 (Heteroptera: Pentatomidae) em conjunto com biciclogermacreno (Weissbecker et al., 2000).

A quantidade de γ -terpineno, β -cariofileno, (*E*)- α -bergamoteno, (*E*)- β -farneseno, δ -cadineno, α -copaeno, α -cadineno, exobrevocomin e três sesquiterpenos não identificados emitidos por plantas injuriadas pelos percevejos *T. limbiventris* e *G. spinosa* por 120 horas aumentou em relação a plantas sem injúria (controle) (Tabela 6). De acordo com a PRC, todas as substâncias relatadas anteriormente tem alta influencia na distinção dos tratamentos (Figura 30; Tabela 6). É provável que estão relacionadas com a indução de defesa indireta ou direta. A quantidade de limoneno e linalool aumenta e de benzaldeído, 6-metil-5-hepten-2-ona, β -mirceno, octanal, nonanal e β -ciclocitral diminuem quando as plantas são injuriadas pelos percevejos por 120 horas. Esses compostos não parecem ter uma influência importante na defesa indireta ou direta das plantas, uma vez que não teve um efeito significativo na obtenção das curvas de PRC (Figura 30; Tabela 6).

Nos bioensaios, fêmeas virgens e fêmeas acasaladas de *T. limbiventris* e *G. spinosa* apresentaram um padrão de resposta relativamente similar, tanto para a primeira escolha quanto para o tempo de residência em todos os bioensaios comportamentais (Figura 34; Figura 35). Os bioensaios com plantas submetidas à injúria por herbivoria foram conduzidos somente com plantas com 24 e 120 horas de injúria, pois a maior variação no perfil de voláteis ocorreu nesses dois períodos.

Os percevejos *T. limbiventris* e *G. spinosa* nas condições fisiológicas avaliadas (virgens e acasaladas) responderam preferencialmente aos voláteis de plantas sadias (PS) em relação ao ar: fêmeas virgens de *T. limbiventris* ($\chi^2 = 4,30$; gl = 39; p = 0,022), fêmeas virgens de *G. spinosa* ($\chi^2 = 3,49$; gl = 39; p = 0,04) e fêmeas acasaladas de *G. spinosa* ($\chi^2 = 3,49$; gl = 39; p = 0,04) (Figura 34; Tabela 7). Quando avaliou-se o tempo de residência nos tratamentos, os percevejos permaneceram mais tempo no braço do olfatômetro com os voláteis de plantas sadias (PS) do que no braço do

olfatômetro somente com ar: fêmeas virgens de *T. limbativentris* ($t = 2,93$; $gl = 39$; $p = 0,005$), fêmeas acasaladas de *T. limbativentris* ($t = 2,40$; $gl = 39$; $p = 0,021$) e fêmeas virgens de *G. spinosa* ($t = 2,29$; $gl = 39$; $p = 0,027$) (Figura 35; Tabela 8).

Fêmeas virgens de *T. limbativentris* responderam preferencialmente aos voláteis emitidos por plantas injuriadas por 24 horas por coespecíficos (PI) em relação ao ar ($\chi^2 = 4,69$; $gl = 39$; $p = 0,018$). Também permaneceram mais tempo no braço com voláteis de plantas injuriadas por 24 horas por coespecíficos (PI) em relação ao ar ($t = 2,90$; $gl = 39$; $p = 0,006$). Quando se contrastaram os voláteis de planta sadia com os voláteis de plantas injuriadas após 120 horas de injúria, as fêmeas virgens de *T. limbativentris* responderam preferencialmente aos voláteis de plantas sadias (PS) ($\chi^2 = 3,49$; $gl = 39$; $p = 0,037$) (Figura 34; Tabela 7). As fêmeas virgens de *T. limbativentris* passaram mais tempo no braço do olfatômetro com ar do que no braço com voláteis de plantas injuriadas por 120 horas (PI) ($t = -2,38$; $gl = 39$; $p = 0,022$) (Figura 35; Tabela 8).

O mesmo padrão de resposta de *T. limbativentris* foi observado para *G. spinosa*. Fêmeas virgens de *G. spinosa* responderam preferencialmente ao ar em relação aos voláteis emitidos por plantas injuriadas por 120 horas por coespecíficos (PI) ($\chi^2 = 6,03$; $gl = 39$; $p = 0,008$) (Figura 34; Tabela 7). E também permaneceram mais tempo no braço do olfatômetro com ar em relação ao braço do olfatômetro tratado com os voláteis de plantas injuriadas por 120 horas por coespecíficos (PI) ($t = -2,42$; $gl = 39$; $p = 0,020$) (Figura 35; Tabela 8). Fêmeas de *G. spinosa* não mostraram preferência por nenhum dos odores quando contrastaram os voláteis de plantas sadias (PS) com os voláteis de plantas injuriadas por coespecíficos após 120 horas de injúria (PI) (Figura 34, Tabela 7), e também não houve diferença no tempo de residência para estes tratamentos (Figura 35, tabela 8).

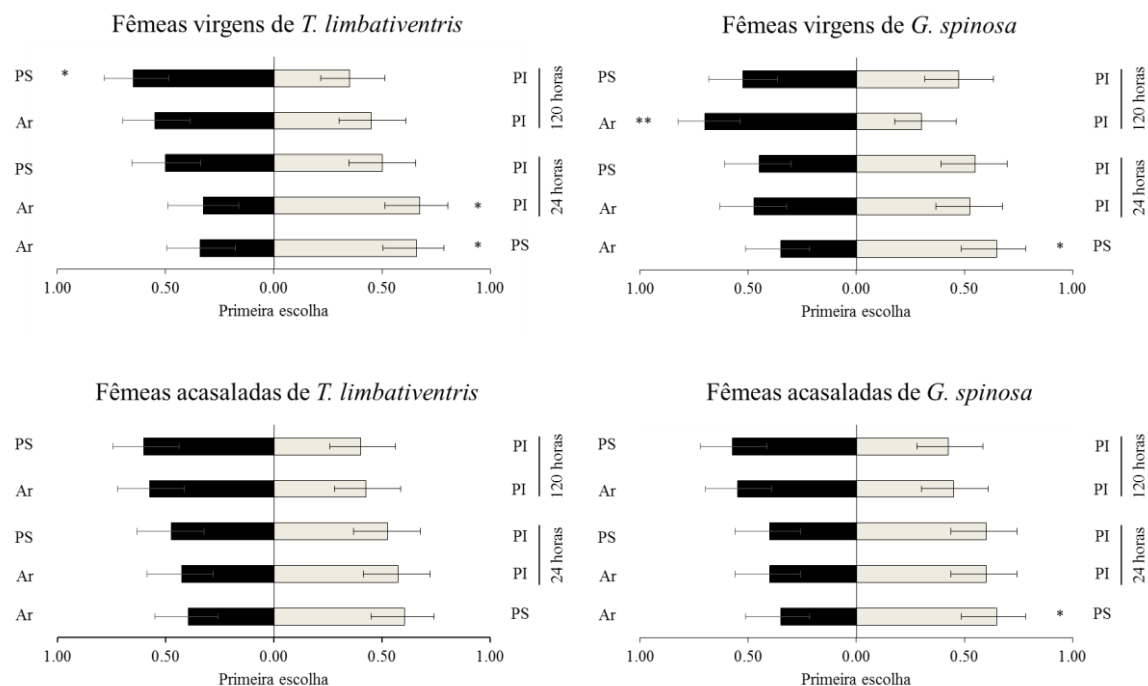


Figura 34. Primeira escolha de fêmeas virgens e acasaladas de *T. limbativentris* e fêmeas virgens e acasaladas de *G. spinosa* em bioensaios em olfatômetro na forma de “Y”. PS = Planta sadia; PI = Planta injuriada. Os dados foram analisados pelo teste de qui-quadrado de Wald. * $0,05 > P > 0,01$; ** $0,01 > p > 0,001$; *** $P < 0,001$.

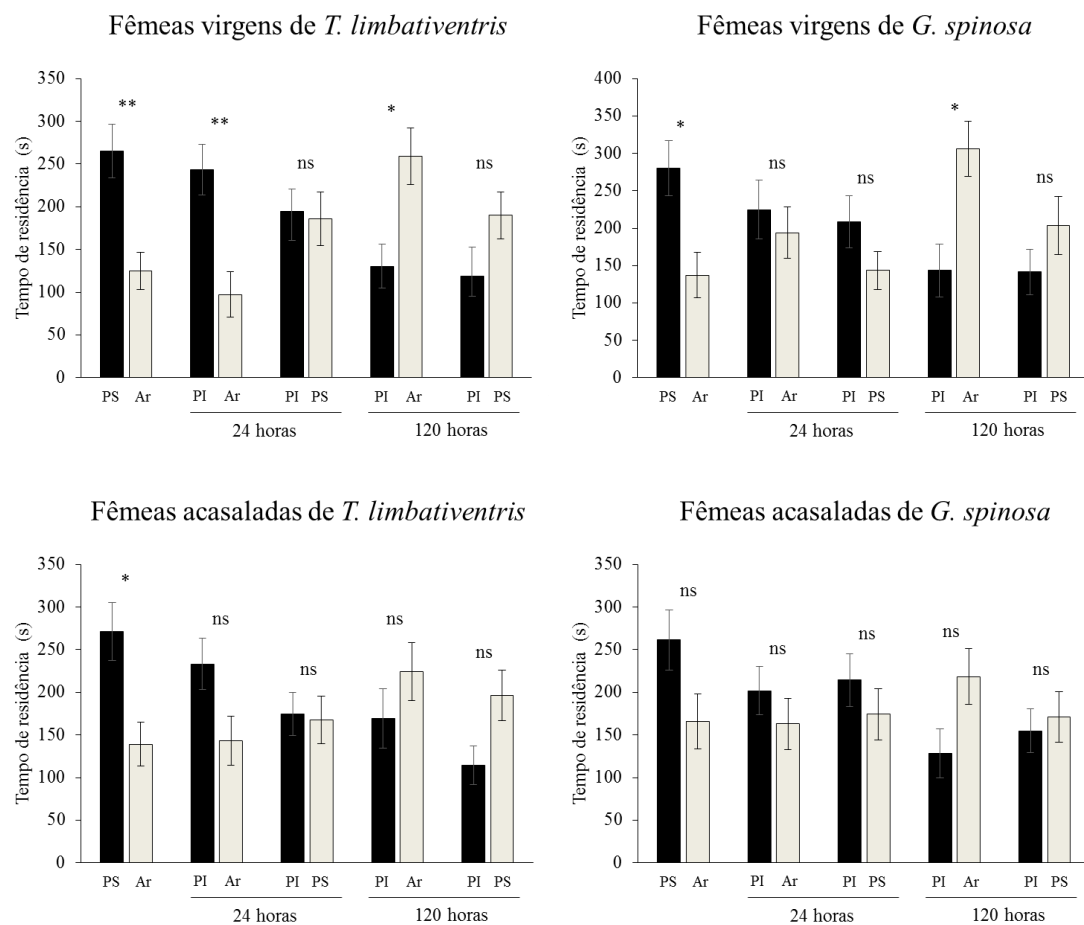


Figura 35. Tempo de residência em segundos (s) de fêmeas virgens e acasaladas de *T. limbativentris* e fêmeas virgens e acasaladas de *G. spinosa* em bioensaios em olfatômetro na forma de “Y”. PS = Planta sadia; PI = Planta injuriada. Os dados foram analisados pelo teste *t* pareado. * $0,05 > P > 0,01$; ** $0,01 > p > 0,001$; *** $P < 0,001$.

Tabela 7. Primeira escolha dos percevejos *T. limbativentris* e *G. spinosa*. FV = Fêmeas virgens; FA = Fêmeas acasaladas; PS = Planta sadia; PI = Planta injuriada. Os dados foram analisados pelo teste de qui-quadrado de Wald.

Percevejos	<i>T. limbativentris</i> (FV)	<i>T. limbativentris</i> (FA)	<i>G. spinosa</i> (FV)	<i>G. spinosa</i> (FA)
PS x Ar	$\chi^2 = 4,30$; gl = 39; p = 0,022	$\chi^2 = 1,85$; gl = 39; p = 0,11	$\chi^2 = 3,49$; gl = 39; p = 0,037	$\chi^2 = 3,49$; gl = 39; p = 0,037
PI x Ar (0-24 h)	$\chi^2 = 4,69$; gl = 39; p = 0,018	$\chi^2 = 0,89$; gl = 39; p = 0,27	$\chi^2 = 0,09$; gl = 39; p = 1,2	$\chi^2 = 1,58$; gl = 39; p = 0,14
PI x PS (0-24 h)	$\chi^2 = 8,9^{35}$; gl = 39; p = 4,23 ¹⁶	$\chi^2 = 0,09$; gl = 39; p = 1,2	$\chi^2 = 0,40$; gl = 39; p = 0,52	$\chi^2 = 1,58$; gl = 39; p = 0,14
PI x Ar (96-120 h)	$\chi^2 = 0,40$; gl = 39; p = 0,52	$\chi^2 = 0,89$; gl = 39; p = 0,27	$\chi^2 = 6,03$; gl = 39; p = 0,008	$\chi^2 = 0,40$; gl = 39; p = 0,52
PI x PS (96-120 h)	$\chi^2 = 3,49$; gl = 39; p = 0,037	$\chi^2 = 1,58$; gl = 39; p = 0,14	$\chi^2 = 0,1$; gl = 39; p = 1,17	$\chi^2 = 0,89$; gl = 39; p = 0,27

Tabela 8. Tempo de residência dos percevejos *T. limbativentris* e *G. spinosa*. FV = Fêmeas virgens; FA = Fêmeas acasaladas; PS = Planta sadia; PI = Planta injuriada. Os dados foram analisados pelo teste *t* pareado.

Percevejos	<i>T. limbativentris</i> (FV)	<i>T. limbativentris</i> (FA)	<i>G. spinosa</i> (FV)	<i>G. spinosa</i> (FA)
PS x Ar	$t = 2,93$; gl = 39; p = 0,005	$t = 2,40$; gl = 39; p = 0,021	$t = 2,29$; gl = 39; p = 0,027	$t = 1,51$; gl = 39; p = 0,14
PI x Ar (0-24 h)	$t = 2,90$; gl = 39; p = 0,006	$t = 1,69$; gl = 39; p = 0,098	$t = 0,45$; gl = 39; p = 0,65	$t = 0,71$; gl = 39; p = 0,48
PI x PS (0-24 h)	$t = 0,15$; gl = 39; p = 0,88	$t = 0,16$; gl = 39; p = 0,87	$t = 1,19$; gl = 39; p = 0,24	$t = 0,72$; gl = 39; p = 0,48
PI x Ar (96-120 h)	$t = - 2,38$; gl = 39; p = 0,02	$t = - 0,91$; gl = 39; p = 0,37	$t = - 2,42$; gl = 39; p = 0,02	$t = - 1,68$; gl = 39; p = 0,10
PI x PS (96-120 h)	$t = - 1,68$; gl = 39; p = 0,10	$t = - 1,84$; gl = 39; p = 0,07	$t = - 1,03$; gl = 39; p = 0,31	$t = - 0,34$; gl = 39; p = 0,74

Tabela 9. Número de insetos não responsivos. FV = Fêmeas virgens; FA = Fêmeas acasaladas; PS = Planta sadia; PI = Planta injuriada.

Percevejos	<i>T. limbativentris</i> (FV)	<i>T. limbativentris</i> (FA)	<i>G. spinosa</i> (FV)	<i>G. spinosa</i> (FA)
PS x Ar	6	21	30	54
PI x Ar (0-24 h)	11	18	21	32
PI x PS (0-24 h)	26	15	28	14
PI x Ar (96-120 h)	24	25	17	36
PI x PS (96-120 h)	12	31	15	14
Total	79	110	111	150

Os bioensaios de olfatometria demonstraram que os voláteis de plantas de arroz influenciam o comportamento quimiotático de fêmeas virgens de *T. limbativentris* e *G. spinosa* uma vez que estas foram capazes de responder de forma diferenciada as plantas sem injúria. Interessante notar que as fêmeas virgens dos dois percevejos parecem evitar os voláteis de plantas injuriadas por 120 horas por coespecíficos. Isso pode ser explicado pela hipótese de que insetos evitam plantas já habitadas por coespecíficos e/ou heteroespecíficos para evitar competição por alimento e elevado risco de influxo de inimigos naturais, preferindo assim os voláteis de plantas sadias. Os insetos também podem usar sinais químicos das plantas para localizar sítios de alimentação, sítios para oviposição e parceiros sexuais (Landolt & Phillips, 1997).

Fêmeas virgens de *T. limbativentris* responderam preferencialmente aos voláteis de plantas injuriadas por 24 horas em relação ao ar, e não distinguiram esses voláteis dos voláteis constitutivos. Isso pode ser explicado pelo fato de que a alteração na produção de voláteis devido a injúria por 24 horas é muito pequena e não é percebida por esta espécie. Considerando que na coleta de voláteis houve estresse abiótico nas primeiras 24 horas dos três tratamentos, inclusive em plantas injuriadas por *T. limbativentris* (não foi uma resposta de herbivoria). O comportamento de procura pela planta hospedeira por fêmeas de *G. spinosa* é diferente, mostra que essa espécie é capaz de perceber mudanças sutis no perfil químico de voláteis e não respondeu aos voláteis de plantas injuriadas por 24 horas por coespecíficos. A análise química do perfil de voláteis liberados por plantas de arroz injuriadas por *G. spinosa* por 24 horas não foi significativamente diferente do perfil químico de voláteis de plantas de arroz sem injúria, mas o inseto parece perceber mudanças sutis no odor da planta (Figura 29; Tabela 1).

Estudos futuros com as amostras de voláteis combinados e individualizados com diferentes dosagens poderiam elucidar se a concentração dos voláteis influencia na resposta dos percevejos. Outro ponto interessante é que para *T. limbativentris* somente as fêmeas virgens responderam aos voláteis das plantas injuriadas com 24 horas, as fêmeas acasaladas não responderam. As fêmeas virgens das duas espécies de percevejo apresentaram uma resposta mais seletiva em relação às fêmeas acasaladas. Esses resultados podem sugerir que fêmeas virgens evitam mais as plantas já habitadas por coespecíficos do que fêmeas acasaladas. Os insetos mais velhos (acasalados) diminuem sua atividade e seletividade a plantas, pois as fêmeas acasaladas das duas espécies tiveram maior número de não responsivos (Tabela 9).

Uma planta infestada por coespecíficos pode ser menos atrativa aos insetos herbívoros do que plantas inexploradas. É uma adaptação para diminuir ou evitar competição intraespecífica e aumentar o potencial biótico do organismo (Dicke & Van Loon, 2000).

Fрати et al (2008) constataram através de bioensaios em olfatometria que as fêmeas do percevejo *Lygus rugulipennis*, Poppius 1911 (Heteroptera: Miridae) foram significativamente mais atraídas pelos voláteis de plantas inexploradas em relação a plantas com a presença de coespecíficos, semelhantemente ao que foi verificado no presente estudo.

De forma controversa, Blackmer et al (2004) observaram que fêmeas do percevejo *Lygus hesperus* Knight, 1917 (Heteroptera: Miridae) não evitaram as plantas de alfafa injuriadas, mesmo tendo sido mostrado, através de análises químicas, que houve indução de voláteis de defesa após a injúria. No estudo de Blackmer et al (2004), foi utilizado ar como controle em todos os tratamentos. Portanto, *L. hesperus* pode ter respondido aos voláteis da planta, independentemente da injúria. No presente estudo foram utilizados ar (ausência de plantas) e plantas sadias como controle. Os percevejos *T. limbativentris* e *G. spinosa* tiveram preferência por plantas sadias em relação à ausência de plantas, porém quando foram testadas plantas injuriadas por 120 horas versus ar, os percevejos virgens das duas espécies tiveram preferência pelo ar.

Nos bioensaios com o parasitoide de ovos *T. podisi* foi observado que as fêmeas não foram atraídas pelos voláteis das plantas injuriadas por 24 horas pelos percevejos *T. limbativentris* e *G. spinosa*. Também não foram atraídas pelos voláteis das plantas sadias (sem injúria), quando foi testado planta sadia versus ar (Figura 36; Figura 37; Tabela 10). Isso pode ser explicado pelo fato de que plantas injuriadas por 24 horas produzem voláteis de forma semelhante à plantas sadias, como foi demonstrado na análise química (Tabela 6). Fêmeas de *T. podisi* foram significativamente mais atraídas aos voláteis emitidos pelas plantas injuriadas por 120 horas pelos percevejos *T. limbativentris* (PIT) ($\chi^2 = 2,45$; gl = 39; p = 0,075) e por *G. spinosa* (PIG) ($\chi^2 = 10,67$; gl = 39; p = 0,0005) em relação ao ar. Foram também mais atraídas aos voláteis emitidos pelas plantas injuriadas por 120 horas pelos percevejos *T. limbativentris* (PIT) ($\chi^2 = 4,69$; gl = 39; p = 0,018) em relação à plantas sadias (PS) (Figura 36; Tabela 10). O tempo de residência diferiu significativamente, pois fêmeas de *T. podisi* permaneceram mais tempo no braço do olfatômetro com os voláteis das plantas

injurizadas por 120 horas pelo percevejo *T. limbiventris* (PIT) ($t = 2,89$; $gl = 39$; $p = 0,006$) do que em plantas sadias (PS). Estas fêmeas permaneceram também mais tempo no braço do olfatômetro com os voláteis das plantas injurizadas por 120 horas pelo percevejo *G. spinosa* (PIG) ($t = 2,55$; $gl = 39$; $p = 0,015$) do que no ar (Figura 37; Tabela 10). Plantas injurizadas por 120 horas produzem voláteis de forma diferente das plantas sadias e plantas injurizadas por 24 horas, como foi demonstrado na Tabela 6. É possível que a mistura de voláteis de plantas injurizadas por 120 horas contenha os compostos responsáveis pela atração significativa do parasitoide.

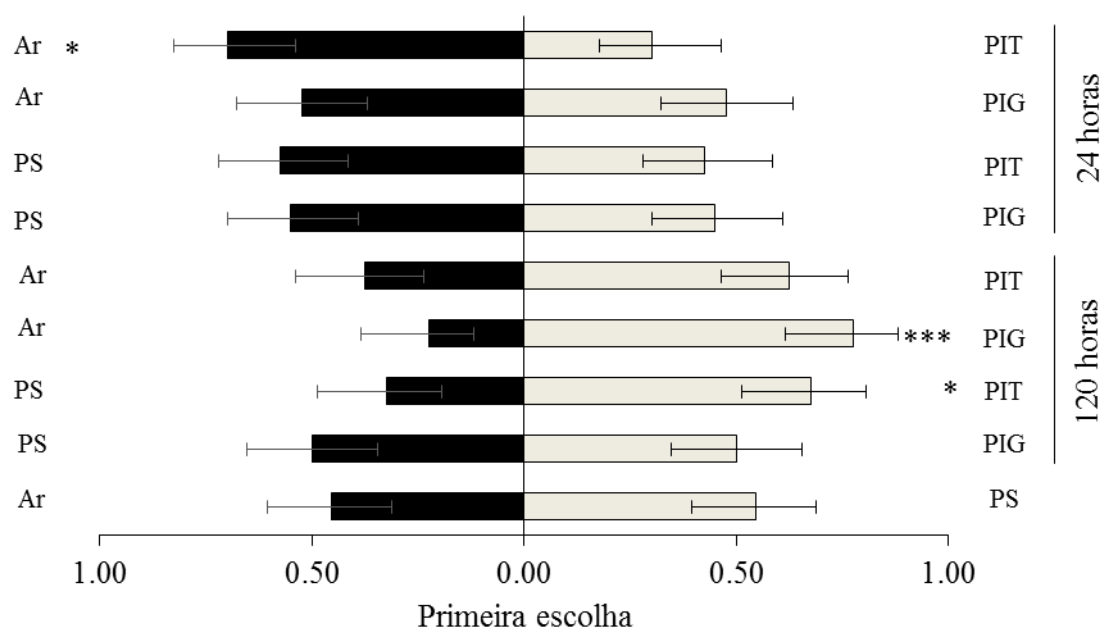


Figura 36. Primeira escolha de fêmeas acasaladas de *T. podisi* em bioensaios em olfatômetro na forma de “Y”. PS = Planta sadia; PIG = Planta injurizada por *G. spinosa*; PIT = Planta injurizada por *T. limbiventris*. Os dados foram analisados pelo teste de qui-quadrado de Wald. * $0,05 > P > 0,01$; ** $0,01 > p > 0,001$; *** $P < 0,001$.

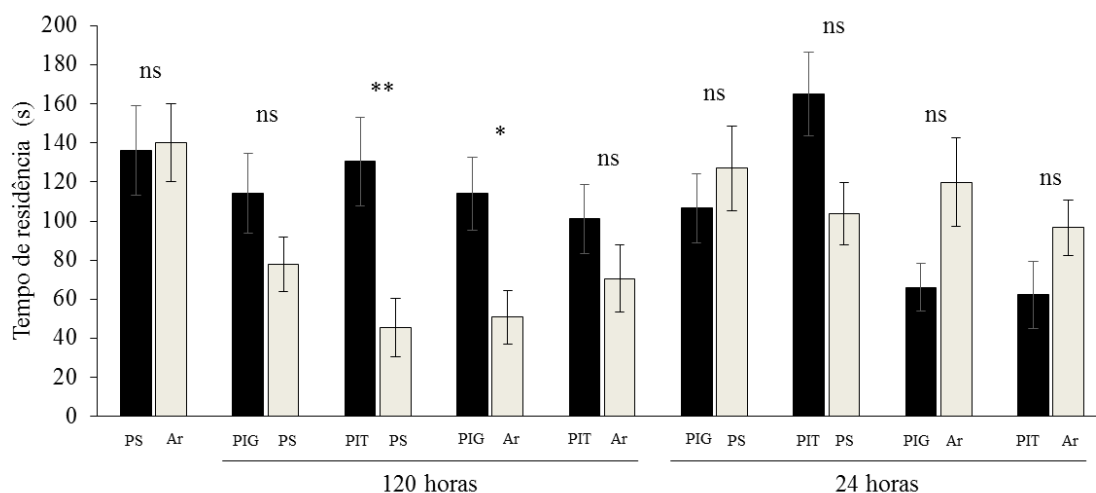


Figura 37. Tempo de residência em segundos (s) de fêmeas acasaladas de *T. podisi* em bioensaios em olfatômetro na forma de “Y”. PS = Planta sadia; PIG = Planta injuriada por *G. spinosa*; PIT = Planta injuriada por *T. limbativentris*. Os dados foram analisados pelo teste *t* pareado. *0,05>P>0,01; **0,01>p>0,001; ***P<0,001.

Tabela 10. Primeira escolha e tempo de residência de *T. podisi*. PS = Planta sadia; PIG = Planta injuriada por *G. spinosa*; PIT = Planta injuriada por *T. limbativentris*. NS = Número de insetos não responsivos. Os dados de primeira escolha foram analisados pelo teste de qui-quadrado de Wald. Os dados de tempo de residência foram analisados pelo teste *t* pareado.

Tratamentos	Primeira escolha	Tempo de residência	NS
PS x Ar	$\chi^2 = 0,36$; gl = 39; p = 0,55	$t = - 0,11$; gl = 39; p = 0,91	9
PIT x Ar (0-24 h)	$\chi^2 = 6,03$; gl = 39; p = 0,007	$t = - 1,4$; gl = 39; p = 0,17	7
PIG x Ar (0-24 h)	$\chi^2 = 0,1$; gl = 39; p = 1,2	$t = - 1,84$; gl = 39; p = 0,07	0
PIT x PS (0-24 h)	$\chi^2 = 0,89$; gl = 39; p = 0,27	$t = 1,97$; gl = 39; p = 0,055	3
PIG x PS (0-24 h)	$\chi^2 = 0,4$; gl = 39; p = 0,52	$t = - 0,63$; gl = 39; p = 0,53	2
PIT x Ar (96-120 h)	$\chi^2 = 2,45$; gl = 39; p = 0,07	$t = 1,06$; gl = 39; p = 0,29	18
PIG x Ar (96-120 h)	$\chi^2 = 10,67$; gl = 39; p = 0,0005	$t = 2,55$; gl = 39; p = 0,015	21
PIT x PS (96-120 h)	$\chi^2 = 4,69$; gl = 39; p = 0,018	$t = 2,89$; gl = 39; p = 0,006	12
PIG x PS (96-120 h)	$\chi^2 = 8,9^{-35}$; gl = 39; p = 4,23 ¹⁶	$t = 1,34$; gl = 39; p = 0,19	3

No presente estudo, as fêmeas de *T. podisi* responderam aos voláteis de plantas que sofreram herbivoria por *T. limbativentris* e *G. spinosa*. Possivelmente, estes voláteis atuam como indicadores da presença do herbívoro-hospedeiro, evidenciando a interação tritrófica no sistema arroz - percevejos pentatomídeos - *T. podisi*.

Interações tritróficas mediadas por voláteis de plantas envolvendo percevejos pentatomídeos e o parasitoide de ovos *T. podisi* foram constatadas em sistemas como feijão guandu / soja - *Euschistus heros* - *T. podisi* (Moraes et al., 2005); soja - *E. heros* - *T. podisi* (Moraes et al., 2008; Michereff et al., 2011); arroz - *T. limbativentris* - *T. podisi*; (Machado et al., 2014); feijão guandu / milho / girassol - *E. heros* - *T. podisi* (Dias et al., 2016).

Estudos demonstraram que plantas de feijão guandu e de soja injuriadas por *E. heros* liberam voláteis que são atrativos ao parasitoide de ovos *T. podisi* (Moraes et al., 2005; Moraes et al., 2008; Michereff et al., 2011). No estudo de Moraes et al (2005) plantas de soja injuriadas por *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) (não hospedeiro) mostraram uma mistura diferente de voláteis das plantas injuriadas por *E. heros* e esses voláteis não foram atrativos ao *T. podisi*, indicando que o percevejo *E. heros* induz a planta a imitar voláteis específicos que são atrativos ao inimigo natural, e que tal indução é possivelmente causada pela saliva da praga.

Moraes et al (2008) constataram que *T. podisi* não responde aos voláteis induzidos por oviposição, sugerindo que esse parasitoide usa somente os voláteis de plantas injuriadas pelo hospedeiro como sinal. Isso pode ser uma estratégia do *T. podisi* para estar presente quando o percevejo iniciar a oviposição, e assim assegurar que os ovos estejam nas condições adequadas para o parasitismo. *T. podisi* não foi atraído por voláteis emitidos por três cultivares diferentes de soja com oviposição de *E. heros* (Michereff et al., 2011). O parasitoide de ovos *T. podisi* foi atraído por plantas de feijão guandu e milho quando houve injúria e oviposição conjuntamente e somente injúria de *E. heros*. Também foi atraído por plantas de girassol injuriadas por *E. heros* e não foi atraído quando testou as três culturas somente com oviposição de *E. heros* (Dias et al., 2016).

Machado et al (2014) demonstraram que *T. podisi* foi significativamente atraído por voláteis de plantas de arroz injuriadas por fêmeas de *T. limbativentris*, em relação a plantas sadias. Nenhuma preferência foi observada para as plantas de arroz injuriadas pelo macho de *T. limbativentris* (Machado et al., 2014). No estudo de Machado et al (2014) os seguintes compostos foram liberados em maior quantidade pelas plantas de arroz injuriadas por *T. limbativentris*: (E)-2-hexenal, octanal, decanal, 6-metil-5-hepten-2-ona, (E,E)-3,5-octadien-2-ona, β -sesquifelandreno, α -muuroleno, linalol, α -zingibereno, β -bisaboleno, β -cubebeno, α -curcumeno, (E) -2-octeno1-ol, benzotiazol, nonanal, salicilato de metila e geranilacetona.

No presente estudo os compostos α -curcumeno, β -bisabolenos, β -sesquifelandreno, α -zingibereno, 6-metil-5-hepten-2-ona, linalol, β -cubebeno e benzotiazol também foram liberados em maior quantidade pelas plantas de arroz injuriadas pelos percevejos. Isto sugere que estes compostos podem ser usados pelo parasitoide de ovos *T. podisi* para localizar seus hospedeiros *T. limbativentris* e *G. spinosa*.

A seleção do hospedeiro pelo parasitoide de ovos envolve os comportamentos de localização e de reconhecimento antes mesmo da oviposição pelo herbívoro (Vinson, 1984). Em cada fase desse processo, estímulos físicos e químicos podem atuar como importantes pistas na alteração do comportamento de busca (Fatouros et al., 2008). Os estímulos químicos podem ser de feromônios de espécies hospedeiras (Borges et al., 1999, 2003; Laumann et al., 2009) ou de substâncias indicadoras da presença do hospedeiro, tais como compostos orgânicos voláteis emitidos pela planta injuriada (Nordlund & Lewis, 1981; Moraes et al., 2005, 2009). Os parasitoides podem utilizar esses voláteis de planta atacada mais do que aqueles liberados pelo próprio hospedeiro, porque os primeiros são liberados em maior quantidade e seriam mais facilmente detectados (Vet e Dicke, 1992).

O estudo da influência dos voláteis liberados pelas plantas no comportamento dos inimigos naturais (predadores ou parasitoides) vem sendo priorizado. O conhecimento aprofundado sobre a interação entre planta e o terceiro nível trófico é relevante para a manipulação de inimigos naturais no campo. Pode ser um método alternativo aos inseticidas, que pode ser aplicado no manejo integrado de pragas do arroz.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste trabalho permitem inferir que as variedades de arroz BRS Pampa, BRS Pampeira, BR - IRGA 409 e BR - IRGA 424, produziram um perfil químico de voláteis semelhantes. Entretanto, a BRS Pampa apresentou uma produção de sesquiterpenos mais consistente do que as outras variedades. As plantas de arroz responderam a injúria dos percevejos *Tibraca limbativentris* e *Glypheidon spinosa*, através de um aumento na produção de voláteis. A injúria provocada por herbivoria modificou o perfil de voláteis liberados ao longo do tempo. Alguns compostos aumentaram ou diminuíram a quantidade liberada em comparação com o perfil constitutivo do arroz. A quantidade média total dos voláteis liberados em plantas injuriadas foi maior em relação a plantas sadias. Fêmeas virgens de *T. limbativentris* tiveram preferência por voláteis de plantas sadias e o ar (ausência de plantas) do que plantas injuriadas por 120 horas por coespecíficos. Fêmeas virgens de *G. spinosa* tiveram preferência pelo ar (ausência de plantas) do que plantas injuriadas por 120 horas por coespecíficos. O parasitoide de ovos *Telenomus podisi* teve preferência por voláteis de plantas injuriadas por *T. limbativentris* por 120 horas do que plantas sadias. *T. podisi* teve preferência por voláteis de plantas injuriadas por *G. spinosa* por 120 horas do que ar (ausência de plantas). Plantas sadias e plantas injuriadas por 24 horas apresentaram um perfil de voláteis liberados parecidos.

O estudo mais aprofundado da relação tritrófica (plantas, insetos herbívoros e inimigos naturais), como o realizado neste trabalho, pode gerar subsídios para aprimorar as alternativas mais sustentáveis para controle de pragas nas lavouras de arroz. A aplicação desses compostos envolvidos na atração de parasitoides possui potencial para aumentar o recrutamento dos inimigos naturais. Essa aplicação pode atrair diretamente os inimigos naturais e/ou induzir as plantas a produzirem mais voláteis, que atuariam também na atração dos inimigos naturais. Outra possibilidade de utilização seria a seleção e a manipulação de genes para desenvolver cultivares que sejam ao mesmo tempo resistentes a herbívoros e a patógenos e atrativas aos inimigos naturais.

Para se utilizar semioquímicos com eficácia nas lavouras de arroz, estudos adicionais ainda são necessários para se desvendar todos os aspectos da comunicação

química entre *Oryza sativa*, *T. limbativentris*, *G. spinosa* e *T. podisi*. Tais como, bioensaios com voláteis sintéticos para avaliar qual ou quais compostos poderiam atuar na atração dos insetos. Estudos comportamentais e de eletroantenografia com voláteis individualizados e combinados, e avaliar diferentes concentrações desses compostos. Finalmente conduzir experimentos no campo aplicando os voláteis sintéticos em lavouras de arroz para avaliar a eficácia no manejo dos percevejos e seus inimigos naturais. Adicionalmente, com resultados positivos no campo para estes compostos pode-se iniciar estudos como o melhoramento genético de plantas, para desenvolver variedades de arroz que liberam voláteis que são repelentes aos percevejos *T. limbativentris* e *G. spinosa* e atrativos ao inimigo natural *T. podisi*.

6 REFERÊNCIAS

AGRAWAL, A. A.; RUTTER, M.T. Dynamic anti-herbivore defense in ant-plants: the role of induced responses. **Oikos**, v. 83, p. 227–236, 1998.

ALI, J.A.; AGRAWAL, A.A. Specialist versus generalist insect herbivores and plant defense. **Trends in Plant Science**, v. 17, n. 5, p. 1360-1385, mai. 2012.

ALVES, T. M.; BARRIGOSI, J. A. F.; QUINTELA, E. D. Life Cycle of *Glypheidemia* *spinosa* Campos & Grazia (Hemiptera: Pentatomidae): a New Pest of Rice in Brazil. **Neotropical Entomology**, 2012.

ARIMURA, G.; MATSUI, K.; TAKABAYASHI, J. Chemical and Molecular Ecology of Herbivore-Induced Plant Volatiles: Proximate Factors and Their Ultimate Functions. **Plant & Cell Physiology**, Oxford.v.50, n.5, p.911–923, 2009.

BALARDIN, R.S.; BORIN, R.C. **Doenças na cultura do arroz irrigado**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2001. 48p.

BARRIGOSI, J. A. F.; MARTINS, J. F. S. Pragas e Método de Controle. In: MACHADO, P.L.O.A. & BIAVA, M. **Cultivo do arroz de terras altas no estado de Mato Grosso**. Embrapa Arroz e Feijão, 2006. v.7. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltasMatoGrosso/pragas_metodos_controle.htm. Acesso em: 17 de fevereiro de 2018.

BENEDETTI, D.; NUNESA, E.; SARMENTO, M.; PORTO, C.; SANTOS, C. E. I.; DIAS, J.F.; SILVA, J. Genetic damage in soybean workers exposed to pesticides: Evaluation with the comet and buccal micronucleus cytome assays. **Mutation Research**, Guelph, v.752, p.28–33, 2013.

BLACKMER, J.L.; RODRIGUEZ-SAONA, C.; BYERS, J.A.; SHOPE, K.L.; SMITH, J.P. Behavioral response of *Lygus hesperus* to conspecifics and headspace volatiles of alfalfa in a y-tube olfactometer. **Journal of Chemical Ecology**, New York. v.30, n.8, p.1547-1564, 2004.

BONAVENTURE, G. Perception of insect feeding by plants. **Plant biology**, 2012.

BORGES, M.; COSTA, M. L. M.; SUJII, E. R.; CAVALCANTI, M. DAS G.; REDÍGOLO, G. F.; RESCK, I. S. & VILELA, E. F. Semiochemical and physical stimuli involved in host recognition by *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae) toward *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). **Physiological Entomology**, v. 24, p. 227-233, 1999.

BORGES, M.; BIRKETT, M.; ALDRICH, J.R.; OLIVER, J.E.; CHIBA, M.; MURATA, Y.; LAUMANN, R.A.; BARRIGOSI, J.A.; PICKETT, J.A.; MORAES, M.C. Sex attractant pheromone from the rice stalk stink bug, *Tibraca limbativentris* Stal. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.32, p.2749-2761, 2006.

BORGES, M.; COLAZZA, S.; RAMIREZ-LUCAS, P.; CHAUHAN, K. R.; MORAES, M. C. B.; ALDRICH, J. R. Kairomonal effect of walking traces from *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) on two strains of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae). **Physiological Entomology**, v. 28, p. 349–355, 2003.

BOTTON, M.; MARTINS, J.F. da S.; LOECK, A.E.; ROSENTHAL, M.d'Á. Biologia de *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 em plantas de arroz. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, São Paulo, v. 25, p. 21-26, 1996.

BRUCE, T.J.; MATTHES, M.C.; CHAMBERLAIN, K.; WOODCOCK, C.M.; MOHIB, A.; WEBSTER, B.; SMART, L.E.; BIRKETT, M.A.; PICKETT, J.A.; NAPIER, J.A. Cis-jasmone induces *Arabidopsis* genes that affect the chemical ecology of multitrophic interactions with aphids and their parasitoids. **PNAS**, v. 105, p. 4553-4558, 2008.

BUENO, A.F.; CARVALHO, G.A.; SANTOS, A.C.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; SILVA, D.M. Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n.6, 2017.

CAMPOS, L. A.; GRAZIA, J. Revisão de *Glyphepomis* Berg, 1891 (Heteroptera, Pentatomidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.41, p. 203–212, 1998.

CHENG, A.X.; XIANG, C.Y.; LI, J.X.; YANG C.Q.; HU, W.L.; WANG, L.J.; LOU, Y.G.; CHEN, X.Y. The rice (E) β -caryophyllene synthase (OsTPS3) accounts for the major inducible volatile sesquiterpenes. **Phytochemistry**, Oxford. v.68, p.1632-1641, 2007.

COLAZZA, S.; MCELFFRESH, J.S.; MILLAR, J.G. Identification of volatile synomones, induced by *Nezara viridula* feeding and oviposition on bean spp., that attracts the egg parasitoid *Trissolcus basalis*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, n. 5, p. 945-964, 2004a.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - safra 2016/17**. Brasília: CONAB, 2017. 171 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_07_12_11_17_01_boletim_graos_julho_2017.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2018.

CORRÊA-FERREIRA, B.S. Ocorrência natural do complexo de parasitóides de ovos de percevejos da soja no Paraná. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, São Paulo, v.15, p.189-199, 1986.

COSTA, E. C.; LINK, D. Avaliação de danos de *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae) em arroz irrigado. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, São Paulo, v. 21, p. 187-195, 1992a.

DE MORAES, C.M.; LEWIS, W.J.; PARÉ, P.W.; ALBORN, H.T.; TUMLINSON, J.H. Herbivore-Infested plants selectively attract parasitoids. **Nature**, v.393, p.570-573, 1998.

DEL-CLARO, K. **Comportamento Animal - Uma introdução à ecologia comportamental**, São Paulo: Conceição, 2004. 132 p.

DIAS, A.M.; PAREJA, M.; LAIA, M.; BLASSIOLI-MORAES, M.C.; BORGES, M.; LAUMANN, R.A. Attraction of *Telenomus podisi* to volatiles induced by *Euschistus heros* in three different plant species. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 1, p. 1-10, 2016.

DICKE, M. Local and systemic production of volatile herbivore-induced terpenoids: their role in plant-carnivore mutualism. **Journal of Plant Physiology**, v. 43, p. 465-472, 1994.

DICKE, M.; GOLS, R.; LUDEKING, D.; POSTHUMUS MAARTEN, A. Jasmonic acid and herbivory differentially induce carnivore-attracting plant volatiles in lima bean plants. **Journal of Chemical Ecology**, v. 25, p. 1907-1922, 1999.

DICKE, M. & VAN LOON, J.J.A. Multitrophic effects of herbivore-induced plant volatiles in an evolutionary context. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 97, p.237-249, 2000.

DICKE, M. Are herbivore-induced plant volatiles reliable indicators of herbivore identity to foraging carnivorous arthropods? **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 91, p.131-142, 1999.

DUDAREVA, N.; NEGRE, F.; NADEGOWDA, D.A.; ORLAVA, I. Plant volatiles: recent advances and future perspectives. **Critical Reviews in Plant Science**, v. 25, p. 417-440, 2006.

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 póscolheita ao consumo**. Pelotas: Ed. Universidade da UFPEL, 2012. cap. 4, p.43-55.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Panorama mundial do arroz**. Embrapa, 2013. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fe7457q102wx5eo07qw4xezy8czjj.html>> Acesso em: 10 fev. 2018.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. **Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil**. Sistemas de Produção. Embrapa, 2005. v. 3. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/ca p01.htm>> Acesso em: 25 fev. 2018.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados de conjuntura da produção de arroz (*Oryza sativa* L.) no Brasil (1986-2016)**. Embrapa, 2016. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 21 fev. 2018.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Importância econômica e social do arroz**. Embrapa, 2014. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fe7457q102wx5eo07qw4xeynhsp7i.html>>. Acesso em: 21 fev. 2018.

FARIAS, P. M.; SANT'ANA, J.; REDAELLI, L. R.; NIHEI, S. S. Tachinid flies associated with *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Florida Entomologist**, Lutz, v.95, n. 1, p. 221-223, 2012.

FATOUROS, N. E.; DICKE, M.; MUMM, R.; MEINERS, T.; HILKER, M. Foraging behavior of egg parasitoids exploiting chemical informations. **Behavioral Ecology**, v.19, p.677-689, 2008.

FEARNSIDE, P. M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, Cambridge, v.28, n.1, p.23-38, 2001.

FERREIRA, E. 1998. **Manual de identificação de pragas do arroz**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, p 110.

FERREIRA, E.; ZIMMERMANN, F. J. P.; SANTOS, A. B.; NEVES, B. P. **O percevejo-do-colmo na cultura do arroz**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1997. 43 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 75).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Dados de Cultivo de Arroz no Mundo**. FAOSTAT, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 17 fev. 2018.

FRATI, F.; SALERNO, G.; CONTI, E.; BIN, F. Role of the plant – conspecific complex in host location and intra- specific communication of *Lygus rugulipennis*. **Physiological Entomology**, Oxford. v.33, p.129–137, 2008.

FUJII, T.; HORI, M.; MATSUDA, K. Attractants for rice leaf bug, *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy), are emitted from flowering rice panicles. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.36, p.999-1005, 2010.

FÜRSTENBERG-HÄGG, F.J.; ZAGROBELNY, M.; BAK, S. Plant Defense against Insect Herbivores. **International Journal of Molecular Sciences**, v.14, n. 5, p. 10242–10297, mai. 2013.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; FILHO, E. B.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**, Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GODOY, K.B.; Galli, J.C.; Ávila, C.J. Parasitismo em ovos de percevejos da soja *Euschistus heros* (Fabricius) e *Piezodorus guildinii* (Westwood) (Hemiptera: Pentatomidae) em São Gabriel do Oeste, MS. **Ciência Rural**, v.35, p.455-458, 2005.

HARE, J.D. Ecological role of volatiles produced by plants in response to damage by herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**, v. 56, p.161-180, 2011.

HEIL, M. Indirect defense via tritrophic interactions. **New Phytologist**, v. 178, p. 6-41, 2008.

HEIL, M.; KARBAN, R. Explaining evolution of plant communication by airborne signals. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 25, p. 137–144, 2010.

HEIRICHS, E.A.; DOMINGO, L.T.; CASTILLO, E.H. Resistance and yield responses to rice cultivars to the black bug *Scotinophara coarctata* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Tropical Plant Protection**, v. 4, p.55–64, 1987.

HOBALLAH, M.E.F.; TURLINGS, T.C.J. Experimental evidence that plants under caterpillar attack may benefit from attracting parasitoids. **Evolutionary Ecology Research**, v. 3, p.553–565, 2001a.

IDALGO, T.D.N.; SANT'ANA, J.; REDAELLI, L.R.; PIRES, P.D.S. Parasitismo de ovos de *Tibraca limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) em lavoura de arroz irrigado, Eldorado do Sul, RS. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.80, n.4, p. 453-456, 2013.

KEFELI, V. I.; KALEVITCH, M. V.; BORSARI, B. Phenolic cycle in plants and environment. **Journal of Molecular Cell Biology**, v. 2, p. 13-18, 2007.

KESSLER A.; BALDWIN, I.T. Defensive function of herbivore-induced plant volatile emissions in nature. **Science**, v. 291, p. 2141-2144, 2001.

KESSLER, A.; BALDWIN, I.T. Plant responses to insect herbivory: the emerging molecular analysis. **Annual Review of Plant Biology**, v. 53, p. 299–328, 2002.

KNUDSEN, J. T.; ERIKSSON, R.; GERSHENZON, J.; STÅHL, B. Diversity and Distribution of Floral Scent. **The Botanical Review**, New York, v.72, n.1, p. 1–120, 2006.

KOIWA, H.; BRESSAN, R.A.; HASEGAWA, P.M. Regulation of protease inhibitors and plant defense. *Trends in Plant Science*, v.2, p. 379-84, 1997.

LAGOÃ, A.C.G. **Respostas comportamentais dos parasitoides de ovos *Telenomus podisi* e *Trissolcus basal* (Hymenoptera: Platygasteridae) a rastros químicos de percevejos (Hemiptera: Pentatomidae)**. 2016. 98f. Dissertação (Mestrado em Zoologia), Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016.

LANDOLT, P. J.; PHILLIPS, T. W. Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto. v.42, p.371– 91, 1997.

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

LAUMANN, R. A.; AQUINO, M. F. S.; MORAES, M. C. B.; PAREJA, M.; BORGES, M. Response of the Egg Parasitoids *Trissolcus basal* and *Telenomus podisi* to Compounds from Defensive Secretions of Stink Bugs. **Journal of Chemical Ecology**, v.35, p.8-19, 2009.

LAUMANN, R. A.; MORAES, M. C. B.; SILVA, J. P.; VIEIRA, A. M. C.; SILVEIRA, S.; BORGES, M. Egg parasitoid wasps as natural enemies of the neotropical stink bug *Dichelops melacanthus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Goiânia, v.45, n.5, p.442–449, 2010.

LUCAS, P. W.; TURNER, I. M.; DOMINY, N. J.; YAMASHITA, N. Mechanical Defences to Herbivory. **Annals of Botany**, v. 86, p. 913-920, 2000.

MACHADO, R. D. C. D. M. **Voláteis liberados por *Oryza sativa* L. e suas implicações no comportamento quimiotático de *Tibraca limbativentris* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) e parasitoides de ovos.** 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)– Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MACHADO, R. D. C. D. M.; SANT'ANA, J.; MORAES, M.C.B.; LAUMANN, R.A.; BORGES, M. Herbivory-induced plant volatiles from *Oryza sativa* and their influence on chemotaxis behaviour of *Tibraca limbativentris* Stal. (Hemiptera: Pentatomidae) and egg parasitoids. **Bulletin of Entomological Research**, v.104, n.3, p.347–356, 2014.

MACIEL, A. A. S.; LEMOS, R. N. S.; SOUZA, J. R.; COSTA, V. A.; BARRIGOSI, J. A. F.; CHAGAS, E. F. Parasitismo de ovos de *Tibraca limbativentris* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) na cultura do arroz no Maranhão. **Neotropical Entomology**, v. 36, n.4, p.616-618. 2007.

MAGALHÃES, D.M. **Influência dos voláteis do algodoeiro induzidos por herbivoria na quimiotaxia de *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae).** 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MAGALHÃES, D.M.; BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; SUJII, E. R.; MAYON, P.; CAULFIELD, J. C.; MIDEGA, C. A. O.; KHAN Z. R.; PICKETT J. A.; BIRKETT M. A.; MORAES, M.C.B. Semiochemicals from herbivory induced cotton plants enhance the foraging behaviour of the cotton boll weevil, *Anthonomus grandis* . **Journal of Chemical Ecology**, v.38, p.1528–1538, 2012.

MARTINS, J.F. da S.; GRÜTZMACHER, A.D.; CUNHA, U.S. Descrição e manejo integrado de insetos-pragas em arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JR., A.M. (Ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2004. p.635-675.

MARTINS, J. F. D. 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.

MARTINS, J. F. da S.; BARRIGOSI, J.A.F.; OLIVEIRA, J.V.; CUNHA, U.S. **Situação do Manejo Integrado de Insetos-praga na Cultura do Arroz no Brasil**. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 2009. 40p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 290).

MAZID, M.; KHAN, T.A.; MOHAMMAD, F. Cytokinins, a classical multifaceted hormone in plant system. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, v.7, n.4, p.347-368, 2011a.

MAZID, M.; KHAN, T.A.; MOHAMMAD, F. Response of crop plants under sulphur stress tolerance: A holistic approach. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, v.7, n.3, p.23-57, 2011b.

MEDEIROS, M. A.; SCHIMIDT, F. V. G.; LOIÁCONO, M. S.; CARVALHO, V. F. & BORGES, M. Parasitismo e predação em ovos de *Euschistus heros* (Fab.) (Heteroptera: Pentatomidae) no Distrito Federal, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 397-401, 1997.

MICHEREFF, M.F.F.; LAUMANN, R.A.; BORGES, M.; MICHEREFF-FILHO, M.; DINIZ, I.R.; FARIAS-NETO, A.L.; MORAES, M.C.B. Volatiles mediating a plant-herbivore-natural enemy interaction in resistant and susceptible soybean cultivars. **Journal of Chemical Ecology**, v. 37, p.273-285, 2011.

MICHEREFF, M.F.F.; BORGES, M.; SANTOS, M.A.; LAUMANN, R.A.; GOMES, A.C.M.M.; MORAES, M.C.B. In press. The influence of volatile semiochemicals from stink bug eggs and oviposition-damaged plants on the foraging behavior of the egg parasitoid *Telenomus podisi*. **Bulletin of Entomological Research**, 2016.

MICHEREFF, M.F.F. **Interações Químicas no Sistema Soja – Percevejo *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae)-Parasitóide de Ovos *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae)**. 2011. 165 f. Tese (Doutorado em Biologia Animal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

MOAYERI, H. R. S.; ASHOURI, A.; POLL, L.; ENKEGAARD, A. Olfactory response of a predatory mirid to herbivore induced plant volatiles: multiple herbivory vs. single herbivory. **Journal of Applied Entomology**, London, v.131, n.5, p.326-332, 2007.

MORAES, M.C.B.; LAUMANN R.A.; SUJII, E.R.; PIRES, C.; BORGES, M. Induced volatiles in soybean and pigeon pea plants artificially infested with the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*, and their effect on the egg parasitoid, *Telenomus podisi*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.115, p.227-237, 2005.

MORAES, M. C. B.; PAREJA, M. F.; LAUMANN, R. A.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MIGUEL, B. Response of the parasitoid *Telenomus podisi* to induced volatiles from soybean damaged by stink bug herbivory and oviposition. **Journal of Plant Interactions**, v. 3, p.1742-1756, 2008.

MORAES, M.C.B.; LAUMANN, R.A.; PAREJA, M.; SERENO, F.T.P.S.; MICHEREFF, M.F.F.; BIRKETT, M.A.; PICKETT, J.A.; BORGES, M. Attraction of the stink bug egg

parasitoid *Telenomus podisi* to defense signals from soybean activated by treatment with *cis*-jasmone. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.131, p.178-188, 2009.

MORRILL, W.L.; SHEPARD, B.M.; RIDA, G.S.; PARDUCHO, M. Damage by the Malayan black bug (Heteroptera: Pentatomidae) in rice. **Journal of economic entomology**, v.88, p.1466–1468, 1995.

NORDLUND, D. A.; LEWIS, W.J. Semiochemicals: a review of the terminology. In: NORDLUND, D. A.; JONES, R.L.; LEWIS, W. J. (Ed.). **Semiochemicals: Their role in pest control**. New York: J. Wiley, 1981. p.13-23.

NUSSENBAUM, A. L.; LECUONA, R. E. Selection of *Beauveria bassiana sensu lato* and *Metarhizium anisopliae sensu lato* isolates as microbial control agents against the boll weevil (*Anthonomus grandis*) in Argentina. **Journal of Invertebrate Pathology**, Riverside, v. 110, n. 1, p. 1-7, 2012.

PACHECO, D. J. P.; CORRÊA-FERREIRA, B.S. Potencial reprodutivo e longevidade do parasitóide *Telenomus podisi* Ashmead, em ovos de diferentes espécies de percevejos. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, São Paulo, v.27, n. 4, p. 585-591, 1998.

PACHECO, D. J. P.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. Parasitismo de *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae) em Populações de Percevejos Pragas da Soja. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 295-302, 2000.

PARRA, J.R.P. Criação massal de inimigos naturais. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S (Ed.). **Controle Biológico no Brasil – Parasitóides e Predadores**. São Paulo: Editora Manole, 2002, p.143–161.

PARÉ, P.W.; TUMLINSON, J.H. Cotton volatiles synthesized and released distal to the site of insect damage. **Phytochemistry**, v.47, p.521-526, 1998.

PAZINI, J. D. B.; BOTTA, R. A.; SILVA, F. F. Mortalidade de percevejo-do-colmo do arroz no preparo do solo para cultivo mínimo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, p. 1022-1024, 2012.

PERES W. A. A.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. Metodologia de multiplicação massal de *Telenomus podisi* Ash. e *Trissolcus basal* (Woll.) (Hymenoptera: Scelionidae) em ovos de *Euschistus heros* (Fab.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n.4, p. 457-462, 2004.

POMPERMAYER, P.; LOPES, A. R.; TERRA, W. R.; PARRA, J. R. P.; FALCO, M. C.; SILVA-FILHO, M. C. Effects of soybean proteinase inhibitor on development, survival and reproductive potential of sugarcane borer, *Diatraea saccharalis*. **Entomologia Experimentalis Applicata**, v. 99, p. 79- 85, 2001.

PRANDO, H. F.; KALVELAGE, H.; FERREIRA, R. A. Ciclo de vida de *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae) em condições de laboratório. **Revista Brasileira de Entomologia**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 335-339, 1993.

PRICE, P.W.; BOUTON, C.E.; GROSS, P.; MCPHERON, B.A.; THOMPNDON, J.N.; WEIS, A.E. Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.11, p.41-65, 1980.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2009. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

RIFFEL, C. T.; PRANDO, H. F.; BOFF, M. I. C. Primeiro relato de ocorrência de *Telenomus podisi* (Ashmead) e *Trissolcus urichi* (Crawford) (Hymenoptera: Scelionidae) como parasitóides de ovos do percevejo-do-colmo-do-arroz, *Tibraca limbativentris* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae), em Santa Catarina. **Neotropical Entomology**, v.39, p.447-448, 2010.

RÖSE U.R.S.; TUMLINSON, J.H. Systemic induction of volatile release in cotton: how specific is the signal to herbivory? **Planta**, v.222, p.237-335, 2005.

RUNDLÖF, M.; ANDERSSON, G.K.S.; BOMMARCO, R.; FRIES, I.; HEDERSTRÖM, V.; HERBERTSSON, L.; JONSSON, O.; KLATT, B.K.; PEDERSEN, T.R.; YOURSTONE, J.; SMITH, H.G. Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. **Nature**, Londres, v.521, p. 77–80, 2015.

SEINO, Y.; SUZUKI, Y.; SOGAWA, K. Na ovicidal substance produced by rice plants in response to oviposition by the whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Horvath)(Homoptera: Delphacidae). **Applied Entomology and Zoology**, v.31, p. 467-473, 1996.

SHINYA, T.; HOJO, Y.; DESAKI, Y.; CHRISTELLER, J.T.; OKADA. K.; SHIBUYA, N.; GALIS, I. Modulation of plant defense responses to herbivores by simultaneous recognition of different herbivore – associated elicitors in rice. **Scientific Reports**, 13 p, set. 2016.

SILVA, C.C.A.; D.M. CORDEIRO.; R. LAUMANN.; M.C.B. MORAES.; J.A. BARRIGOSSI.; M. BORGES. Ciclo de vida e metodologia de criação de *Tibraca*

limbativentris Stal, 1860 (Heteroptera: Pentatomidae) para estudos de ecologia química. Brasília, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 16p. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. 2004.

SMITH, C.M.; BOYKO, E.V. The molecular bases of plant resistance and defense responses to aphid feeding: current status. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.122, p.1-16, 2007.

SOSA-GOMÉZ, D.R.; SILVA, J.J. Neotropical brown stink bug (*Euschistus heros*) resistance to methamidophos in Paraná, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.7, p.767–769, 2010.

SOUZA, L. A. **Relações mutualísticas e antagônicas entre insetos e *Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich (Malpighiaceae) em área de cerrado**. 2015. 81 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

SOUZA, J. R.; FERREIRA, E.; BOIÇA JUNIOR, A. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CHAGAS, E. F.; MONDEGO, J. M. Avaliação de resistência em cultivares de arroz ao ataque do percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris* Stål, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 75, n. 4, p. 449-454, 2008.

SPARKS, T. C., NAUEN, R. IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.121, p.122–128, 2015.

STAHL, E.; HILFIKER, O.; REYMOND, P. Plant–arthropod interactions: who is the winner?. **The Plant Journal**, v. 93, p. 703–728, 2018.

STÅL, C. Bidrag till Rio Janeiro-Traktens: Hemipter-Fauna. **Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar**, Cambridge, v. 2, n. 7, p. 1-84, 1860.

STORCK, C.R. **Variação na composição química em grãos de arroz submetidos a diferentes beneficiamentos**. 2004.108f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

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

TAMAYO, M.C.; RUFAT, M.; BRAVO, J.M.; SAN, S.B. Accumulation of a maize proteinase inhibitor in response to wounding and insect feeding, and characterization of its activity toward digestive proteinases of *Spodoptera littoralis* larvae. **Planta**, v. 211, p.62-71, 2000.

TOGNON, R.; SANT'ANA, J.; JAHNKE, S.M. Aprendizagem e memória de *Telenomus podisi* (Hymenoptera, Platygastridae). **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v.103, n.3, p.266-271, Set. 2013.

TURLINGS, T.C.J.; LENGWILER, U.B.; BERNASCONI, M.L.; WECHSLER, D. Timing of induced volatile emissions in maize seedlings. **Planta**, v.207, p.146-152, 1998a.

TURLINGS, T.C.J.; BENREY, B. Effects of plant metabolites on the behavior and development of parasitic wasps. v.5, p. 321-333, 1998.

TURLINGS, T.C.J.; BERNASCONI, M.; BERTOSSA, R.; BIGLER, F.; CALOZ, G.; DORN, S. The induction of volatile emissions in maize by three herbivore species with different feeding habits: possible consequences for their natural enemies. **Biological Control**, v.11, p.122-129, 1998b.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Foreign Agricultural Service**. Production, Supply and Distribution Online: Custon Query. USDA, 2017. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>>. Acesso em: 17 fev. 2018.

VET, L. E. M.; DICKE, M. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. **Annual review of entomology**, Stanford, v. 37, n. 1, p.141-172, 1992.

VILELA, E.F.; PALLINI, A. Uso de semioquímico no controle biológico de pragas. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S (Ed.). **Controle biológico no Brasil - predadores e parasitoides**. São Paulo: Editora Manole, 2002.

VINSON, S.B.E.; IWANTSCH, G.F. Host suitability for insect parasitoids. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.25, p.397-419, 1980.

VINSON, S.B. How parasitoids locate their hosts. In: LEWIS, T (Ed.). **Insect Communication**, Londres: Academic Press, p.325-348, 1984.

WEISSBECKER, B.; VAN LOON, J.J.A., POSTHUMUS, M.A.; BOUWMEESTER, H.J.; DICKE, M. Identification of volatile potato sesquiterpenoids and their olfactory detection by the two spotted stink bug *Perillus bioculatus*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.26, n.6, p.1433-1445, 2000.