



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

**ESTUDOS PARA O MONITORAMENTO DO PERCEVEJO
MARRON *Euschistus heros* EM LAVOURAS DE SOJA**

AUGUSTO SOUZA BATISTA
Eng. Agrônomo

URUTAÍ – GOIÁS
2021

AUGUSTO SOUZA BATISTA

**ESTUDOS PARA O MONITORAMENTO DO PERCEVEJO MARROM *Euschistus*
heros EM LAVOURAS DE SOJA**

Orientador: Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas para obtenção do título de MESTRE.

Urutaí – GO
2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

BB333e BATISTA, AUGUSTO
ESTUDOS PARA O MONITORAMENTO DO PERCEVEJO MARROM
Euschistus heros EM LAVOURAS DE SOJA / AUGUSTO
BATISTA; orientador Fláviop Gonçalves de Jesus; co-
orientador Edson Hirose. -- , 2021.
37 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação
Profissional em Proteção de Plantas) -- Instituto
Federal Goiano, Campus , 2021.

1. Heteroptera. 2. Comportamento. 3. Percevejo.
4. Atratividade. 5. Captura. I. Gonçalves de Jesus,
Fláviop, orient. II. Hirose, Edson, co-orient. III.
Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

<input type="checkbox"/> Tese (doutorado)	<input type="checkbox"/> Artigo científico
<input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado)	<input type="checkbox"/> Capítulo de livro
<input type="checkbox"/> Monografia (especialização)	<input type="checkbox"/> Livro
<input type="checkbox"/> TCC (graduação)	<input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento
Produto técnico e educacional - Tipo:	
Nome completo do autor: Augusto Souza Batista	Matrícula: 2019101330540037
Título do trabalho:	
Estudos para o monitoramento do percevejo marrom Euschistus heros em lavouras de soja	

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: **01/03/2022**

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

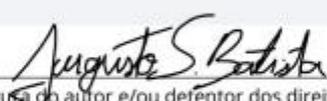
DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

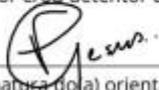
- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Anápolis GO
Local

25/10/2021
Data


Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO
FEDERALMINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO

FOLHA DE APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Título da dissertação: Estudos para o monitoramento do percevejo marrom *Euschistus heros* em lavouras de soja.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus

Coorientador: Edson Hirose

Autor: Augusto Souza Batista

Dissertação de Mestrado **APROVADA** em **25 de outubro de 2021**, como parte das exigências para obtenção do Título **MESTRE EM PROTEÇÃO DE PLANTAS**, pela Banca Examinadora especificada a seguir:

Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus - IF Goiano - Campus
Orientador

Urutaí

Profa. Dra. Klênia Rodrigues Pacheco Sa

UniEvangélica

Prof. Dr. Luciano Nogueira

IF Goiano -
Campus Posse

Documento assinado eletronicamente por:

- **Klenia Rodrigues Pacheco Sá**, Klenia Rodrigues Pacheco Sá - Membro externo - Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí (10651417000259), em 13/12/2021 14:41:37.
- **Luciano Nogueira**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/12/2021 09:24:20.
- **Flavio Goncalves de Jesus**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/12/2021 09:22:22.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 07/12/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 338682
Código de Autenticação: 6420fc90c5



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Urutaí
Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, Zona Rural, None, URUTAI / GO, CEP 75790-000
(64) 3465-1900



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO
FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 95/2021 - CREPG-UR/DPGPI-UR/CMPURT/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO ATA Nº78

BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e cinco dias do mês de outubro do ano de dois mil e vinte e um, às 14h, reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão pública realizada por videoconferência, para procederem a avaliação da defesa de dissertação em nível de mestrado, de autoria de **Augusto Souza Batista, discente do Programa de Pós- Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, com trabalho intitulado "ESTUDOS PARA O MONITORAMENTO DO PERCEVEJO MARROM *Euschistus heros* EM LAVOURAS DE SOJA"**. A sessão foi aberta pelo presidente da banca examinadora, **Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus**, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da dissertação para, em 30 minutos, proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, a dissertação foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM PROTEÇÃO DE PLANTAS**, na área de concentração em Fitossanidade, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até 60 (sessenta) dias da sua ocorrência. A banca examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa dissertação em periódicos após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da banca examinadora.

Membros da Banca Examinadora:

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof.Dr.FlávioGonçalvesdeJesus	IF Goiano -Campus Urutaí	Presidente
Prof. Dr.Luciano Nogueira	IF Goiano - Campus Urutaí	Membro interno
Profª. Drª. Klênia Rodrigues Pacheco Sa	UniEvangélica	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- Luciano Nogueira, PROFESSOR ENS **BÁSICO** TECN TECNOLÓGICO, em 20/12/2021 12:34:57.
- Klenia Rodriguez Pacheco Sâ, Klenia Rodriguez Pacheco Sâ - Membro externo - Instituto Federal Goiano - Campus Urutaf (10651417000259), em 02/12/2021 10:44:13.
- Flavio Goncalves de Jesus, PROFESSOR ENS **BÁSICO** TECN TECNOLÓGICO, em 02/12/2021 10:29:48.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 26/10/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 323461

Código de Autenticação: 8b537c 163e



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutaf Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, Zona Rural, None,
URUTAI / GO, CEP 75790-000
(64) 3465-1900

AGRADECIMENTOS

A Deus, por minha vida, pelos momentos de alegrias, e até mesmo pelos de tristezas e dificuldades, porque foram através destes que mais forte fiquei para lutar. Muito obrigado, Senhor, por esta conquista.

Aos meus pais, e minha esposa Karinne Fernandes dos Santos Batista pelo companheirismo e incentivo ao longo dessa jornada.

Ao professor Dr. Flávio Gonçalves de Jesus pela orientação, compreensão, amizade e por todos os ensinamentos transmitidos, a minha sincera gratidão.

Ao pesquisador Dr. Edson Hirose pela amizade, orientação e suporte, pelo companheirismo e contribuição para realização deste trabalho.

À todos os meus professores, pelos ensinamentos e conselhos profissionais que deles recebi, em especial a Prof^a. Dr^a. Klênia Rodrigues Pacheco Sá por todo incentivo.

A todos os meus familiares, pelo apoio, incentivo e contribuição durante toda a minha vida estudantil; Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para esta realização.

SUMÁRIO

RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS	4
Experimento 1 – Avaliação do estímulo luminoso na atração de <i>Euschistus heros</i> (Hemiptera: Pentatomidae)	5
MATERIAL E MÉTODOS	5
RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
Experimento 2 – Avaliação de diferentes armadilhas para atração e captura de <i>Euschistus heros</i> (Hemiptera: Pentatomidae)	11
MATERIAL E MÉTODOS	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
Experimento 3 – Avaliação da flutuação populacional de percevejo marrom <i>Euschistus heros</i> (Hemiptera: Pentatomidae) por imagens	18
MATERIAL E MÉTODOS	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
REFERÊNCIAS	32

RESUMO

O percevejo marrom é considerado uma praga de grande importância na cultura da soja, sua severidade é de caráter quantitativo e qualitativo. Diante do cenário atual de manejo desta praga observasse insucessos no controle, aliados a não aplicação das técnicas do MIP. O presente estudo visa desenvolver novas técnicas de monitoramento de percevejo marrom da soja aliados a estudos do comportamento e de levantamento da flutuação populacional. Para o estudo de comportamento testou-se luzes de diferentes cores na atratividade do percevejo, posteriores diferentes modelos de armadilhas foram desenvolvidas nas safras 2019/20 e 2020/21 para avaliações de capturas por atratividade, no último estudo na safra 2020/21 foram realizados amostragens de insetos por meio de imagens em todo o período de desenvolvimento da cultura da soja, para formar um banco de dados estágios de desenvolvimento da soja e as pragas que ocorrem durante a safra. Nos estudos comportamentais populações de campo foram mais atraídas a estímulo luminosos, a cor verde atraiu o maior número de insetos machos de campo. Armadilhas de tecidos capturam mais insetos em relação as confeccionadas de PVC. A população de *Euschistus heros* monitoradas por imagens teve a mesma representatividade do que a de pano de batida possibilitando um monitoramento eficaz.

Palavras Chaves: Heteroptera, percevejos de grãos, comportamento.

ABSTRACT

The brown stink bug is considered a pest of great importance in the soybean crop, its severity is quantitative and qualitative. Given the current management scenario of this pest, failures in control could be observed, coupled with the non-application of MIP techniques. The present study aims to develop new monitoring techniques combined with studies on the behavior of surveying population fluctuations. For the study of behavior, lights of different colors were tested on the attractiveness of the stink bug, different later models of traps were developed in the 2019/20 and 2020/21 harvests for evaluations of catches by attractiveness, in the last study in the 2020/21 harvest they were carried out insect sampling through imaging throughout the development period of the soybean crop, to form a database of soybean development stages and as pests that occur during the harvest. In behavioral studies, field families were more attracted to light stimuli, the green color attracted the greatest number of male field insects. Fabric traps capture more insects compared to those made from PVC. The population of *Euschistus heros* monitored by images had the same representation as a crash panorama, enabling effective monitoring.

Keywords: Heteroptera, soybean seed stink bugs, behavior.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é a leguminosa mais cultivada no mundo. No Brasil, na safra 2020/2021 a produção estimada foi de 134,409 milhões de toneladas, numa área de 38.5 milhões de hectares, sendo a principal região produtora, e o estado de Goiás, responsável por 13,7 milhões de toneladas em 3,7 milhões de hectares (CONAB, 2021).

Dentre os problemas fitossanitários da cultura da soja, a ocorrência de insetos pragas durante seu ciclo tem sido fator limitante de produção. Os percevejos da Ordem Hemiptera (Subordem Heteroptera, Família Pentatomidae) são os mais importantes para a cultura da soja por alimentarem de estruturas vegetativas e reprodutivas da planta (SOSA GÓMEZ et al., 2010; PANIZZI et al., 2012).

Das espécies de percevejos que ocorre na cultura da soja, *Euschistus heros* e *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae) são as mais importantes (PANIZZI et al., 2012). *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) já foi considerado praga importante da cultura da soja e atualmente é classificado como praga secundária (PANIZZI; LUCINI, 2016)

Outros percevejos pragas se desenvolvem na cultura de soja, e dependendo do clima, sistema de cultivo e região, podem atingir opatamar de praga e causar danos econômicos, sendo: *Dichelops furcatus*, *Dichelops melacanthus*, *Edessa meditabunda*, *Chinavia* spp., e *Thyanta perditor* (Hemiptera: Pentatomidae) (PANIZZI et al., 2012; PANIZZI et al., 2018; LUCINI et al., 2020; TOMACHESKI et al., 2019).

Milhões de toneladas de soja são perdidas, anualmente, pelo ataque desses insetos pragas, que ataca diretamente os grãos (PANIZZI, 2007). O aparelho bucal do percevejo é introduzido nas vagens, e ao atingirem as sementes, danificam diretamente os tecidos, levando a perdas significativas no rendimento, na qualidade e no potencial germinativo da soja (PANIZZI; SLANSKY, 1985; PANIZZI, 2000).

O método de controle mais utilizado para esse grupo de pragas é o uso de inseticidas, mas a limitação no número de moléculas inseticidas disponíveis dificulta a rotação de princípios ativos, e o uso inadequado, tanto na frequência como no momento de aplicação, aumentam o risco de surgimento de populações resistentes e de desequilíbrios nas populações de pragas, comprometendo ainda mais a sustentabilidade do sistema agrícola (SOSA-GÓMEZ; SILVA 2010, TUELHER et al. 2018).

Assim, para que o controle químico seja eficaz, além da escolha correta do inseticida, é necessário determinar o momento ideal de aplicação, que só pode ser alcançado através de

amostragens sistemáticas, mas o acompanhamento de percevejos em campo por amostragem direta é difícil, oneroso, e demorado (CULLEN E ZALOM 2000).

O percevejo-marrom, *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae), pouco comum na década de 1970, mas devido a sua capacidade competitiva interespecífica e a com a expansão da soja, tornou-se a espécie mais abundante nas principais regiões produtoras de soja do país (PANIZZI 2015, TUELHER et al. 2016). Diante desta situação do controle de percevejos no Brasil, observou-se que muitos dos princípios do MIP foram abandonados, preconizando o uso de inseticidas ao primeiro sinal do aparecimento dos insetos em campo, ou de forma calendarizada (MOSCARDI et al. 2009).

No Brasil o monitoramento de percevejos em soja é baseado no uso do pano de batida, que requer mão de obra qualificada, além de consumir muito tempo em razão da extensão das áreas em que a soja é cultivada, uma vez que é indicado realizar dez pontos a cada 100 ha (CORRÊA FERREIRA et al. 2009). Por apresentar essas limitações, a técnica do pano de batida não é sempre adotada ou aplicada da maneira correta pelos produtores (PIRES et al., 2006).

Para que esse cenário mude são necessárias técnicas de monitoramento de maior praticidade, mas com precisão suficiente para auxiliar o produtor na tomada de decisão. Diante desses fatos observa-se a importância do desenvolvimento de métodos alternativos para o monitoramento do percevejo marrom *E. heros*.

Efeitos das cores emitidas e refletidas no comportamento dos insetos

Muitos insetos têm dois tipos de órgãos fotorreceptores, os olhos compostos e ocelos. Os olhos compostos possuem conjuntos de estruturas chamadas omatídeos, que contém células fotorreceptoras cada uma sendo sensível a um determinado espectro de luz (CHAPMANN, 2012). Um olho composto típico contém três tipos de células fotorreceptoras sensibilizadas por luz ultravioleta, azul e verde (MENZEL E BLAKERS 1976), mas alguns insetos possuem receptores para a cor vermelha (PEITSCH et al. 1992). É bem conhecido que os insetos voam em direção às luzes artificiais noturnas, e este comportamento pode ser explorado para o desenvolvimento de armadilhas para o controle e monitoramento de pragas (COWAN E GRIES 2009, BAE et al. 2019)

As armadilhas associadas ao uso de diodos emissores de luz (LED) que permite a redução da necessidade de suprimento energético, permitindo artefatos com design mais compactos (COHNSTAEDT et al., 2008; KNABBEN, 2014). Outra vantagem é a possibilidade

de utilização da irradiação solar para carregar as baterias para suprir a demanda das lâmpadas, aumentando a autonomia do sistema, além disso a luz LED é emitida em um estreito comprimento de onda, diferente das lâmpadas convencionais, o que resulta no incremento da saturação de cor (SCHUBERT, 2006), o que pode causar respostas diferenciadas na atratividade dos insetos (HICKEL et al. 2018).

Uso de armadilhas para o monitoramento de percevejos

Vários trabalhos têm demonstrado a possibilidade de uso de feromônios como atrativos em armadilhas para percevejos (ADACHI et al. 2007, ALDRICH et al. 2010, LAUMANN et al. 2011, TILLMAN E COTTRELL 2016). Em cada trabalho o design da armadilha varia de acordo com os materiais disponíveis, deste muito simples como garrafas plásticas (PET) com aberturas laterais (LAUMANN et al. 2011), a armadilhas em forma de pirâmide (ADACHI et al. 2007). Apesar de alguns trabalhos se preocuparem em comparar diferentes tipos de armadilhas (TILLMAN E COTTRELL 2016), o foco dos trabalhos está na atratividade de feromônios, que apesar de eficaz, apresenta a necessidade de troca do dispensador do feromônio. Assim a possibilidade de utilizar outros elementos mais estáveis para atrair e capturar os percevejos pode ser mais interessante.

Estudos realizados *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) buscaram criar um modelo de armadilha que representasse sua população real em campo. Para atrair a espécie as armadilhas foram testadas com e sem luz, cores diferentes, distribuição em campo e formato, diante de tais estudos, chegou se a resultado de um material de baixo custo que monitora a densidade populacional da praga garantindo bons resultados na tomada de decisões (MORRISON et al., 2015).

No cenário atual da soja no Brasil observa-se insucessos no monitoramento de pragas seja por falta de mão de obra qualificada e/ou descrença na prática, por outro lado produtores cada vez mais são aliados à busca por ferramentas tecnológicas que permitam tomada de decisões que contribua para redução de custos e uso de insumos.

Com a crescente a adoção das plantas transgênicas Bt (*Bacillus thuringiensis*), o controle de lepidópteros se encontra menos preocupante e grande parte da atenção está voltada a perdas de produtividade causadas por percevejos. Assim, o uso de técnicas com menor uso de mão de obra e que entreguem maior precisão na lavoura é cada vez mais procuradas.

OBJETIVOS

Objetivo principal:

Desenvolver novas possibilidades de monitoramento de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) a campo.

Objetivos específicos:

- Avaliar a influência de cores emitidas por diodos emissores de luz (LED) na atratividade de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae);
- Desenvolver armadilhas com capacidade de monitorar *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae);
- Avaliar a distribuição da população de *Euschistus heros* a campo por meio de captura de imagens.

Experimento 1 – Avaliação do estímulo luminoso na atração de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae)

MATERIAL E MÉTODOS

O primeiro parâmetro avaliado foi a atratividade do percevejo *E. heros* por luz LED em diferentes comprimentos de onda. Este ensaio foi desenvolvido no Laboratório de Criação de Insetos da Embrapa Arroz e Feijão (Santo Antônio de Goiás - GO), e Laboratório de Biologia da Universidade Evangélica de Goiás (Anápolis - GO),

Procedência dos insetos

Adultos de *E. heros* utilizados nos ensaios comportamentais foram obtidos de duas origens. O grupo de laboratório foi proveniente da criação de percevejos mantida na Embrapa Arroz e Feijão (Santo Antônio de Goiás - GO). Os ensaios com populações de laboratório foram realizados duas vezes. Os insetos foram criados por todo o ciclo de desenvolvimento, mantidos sob condições controladas (T 25±2 °C, UR% 60±10%, fotofase 14h) e alimentados com vagens frescas de feijão e sementes secas de soja e amendoim.

O grupo proveniente do campo foi coletado na fase adulta em lavoura de soja na Fazenda Capivara (Lat 16°30'17" S Long 49°16'53" W, altitude de 820 metros), pertencente à Embrapa Arroz e Feijão no período fenológico da soja R1 (21 de janeiro de 2020), e estabilizados por no mínimo 24h em laboratório, antes de serem submetidos ao bioensaio.

Estudo comportamental

A execução da arena para avaliação comportamental foi desenvolvida com tubo de PVC (Ø 200 cm x 20 cm) pintados com tinta preta fosca na face interior e exterior (Colorgyn Preto Fosco 8711), vedado em ambas as extremidades com tampas de PVC. Na extremidade terminal do tubo foi instalada uma lâmpada - (LED 20W bivolt 6400K RGB), e no extremo proximal acoplou-se uma câmera digital (Logitech® modelo C270), ligado a um computador para a gravação da movimentação dos insetos (Figura 1.1). A lâmpada LED possui capacidade de combinação das cores vermelho, verde, azul e branco (Figura 1.2).

A arena foi dividida em três regiões (0,66 m cada) de acordo com a proximidade do local de liberação do percevejo, lado da câmera digital (Não Atrativo – terço proximal, Pouco Atrativo - terço médio e Atrativo – terço distal). Foram utilizados 40 insetos adultos coletados

a campo (20 fêmeas e 20 machos), e 40 insetos adultos de procedência laboratório (20 fêmeas e 20 machos) de 24 horas de idade para cada comprimento de onda (azul, branco, verde e vermelho) avaliado totalizando 320 insetos.

Banco de Imagens

Utilizou-se o programa ImageJ (SCHNEIDER et al. 2012) para monitorar por imagens o deslocamento do inseto. Para cada inseto avaliado foram capturadas 140 imagens a cada cinco segundos totalizando 40.800 imagens, as primeiras 20 imagens (100 segundos) foram descartadas para um período de reconhecimento do ambiente. As imagens restantes (n = 120) foram analisadas, contabilizou-se o tempo em que o percevejo permaneceu em cada terço do tubo..

Análise estatística

O tempo de percevejo/sexo/região em cada cor foi submetido ao teste de Qui-quadrado. As análises foram realizadas no software R, versão 3.4.1 (R CORE TEAM, 2017).

Figura 1.1. Arena de avaliação comportamental (\varnothing 200cm x 20cm) utilizada para avaliar a atratividade de percevejos a luz de diferentes comprimentos de onda.

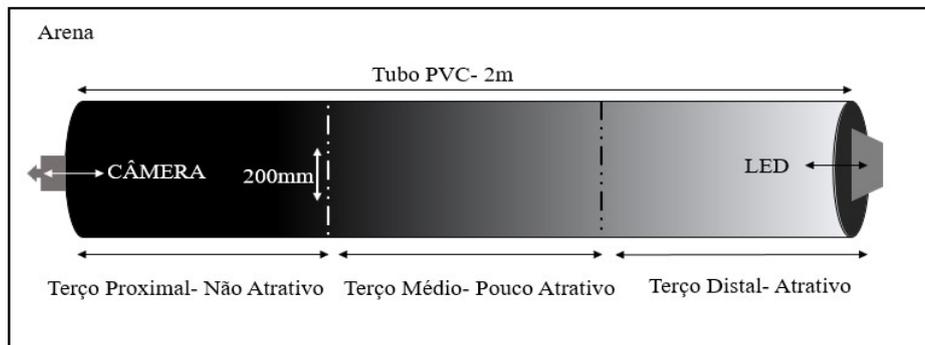
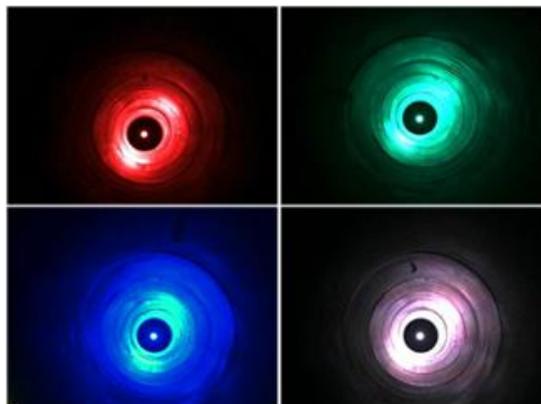


Figura 2.2. Imagens (cores vermelho, verde, azul e branco) obtidas da câmera instalada para observar o deslocamento de *Euschistus heros* nos terços (proximal, médio e distal).



RESULTADOS E DISCUSSÃO

E. heros provenientes da criação de laboratório foram menos responsivos ao testes de atratividade por luz LED, independente do comprimento de onda; sendo que 56,3% dos insetos testados provenientes da criação permaneceram no terço proximal (local de liberação do inseto), enquanto 31,9% dos insetos provenientes do campo se deslocaram para a o terço distal, próximo à fonte de luz, apenas 17,5% dos insetos de criação (Tabela 1.1). BOTHA et al (2017) observou que a luz artificial de laboratório inibe uma variedade de processos biológicos em insetos noturnos, é possível que *E. heros* mantidos durante todo o ciclo de vida a luz artificial, sejam menos sensíveis a estímulos luminosos, em comparação a insetos coletados no campo.

Comparando os sexos quanto à atratividade por luz, machos de *E. heros* foram mais responsivos ao estímulo luminoso ($p < 0,01$) (Tabela 1.2). VENTURA E PANIZZI (2004) ao testarem a atratividade de armadilhas com diferentes cores refletidas para *Neomegalotomus parvus* (Hemiptera: Alydidae) verificaram que mais de 90% de insetos capturados independente da cor da armadilha foram machos, os autores justificam este resultado ao comportamento exploratório dos machos de *N. parvus*. ALDRICH (1995) também observou que machos de *Dysdercus bimaculatus* (Hemiptera: Pyrrhocoridae) são os colonizadores primários de novos sítios de alimentação. CAMBRIDGE et al. (2017) testando a atratividade de estímulos luminosos em *Halyomorpha halis* (Hemiptera: Pentatomidae), também observaram que os machos foram significativamente mais atraídos pela luz, independente do comprimento de onda, em condições de laboratório.

Com relação a cor da luz emitida, machos *E. heros* de campo responderam a cor verde ($p < 0,1$), e os provenientes de laboratório responderam a luz azul ($p < 0,01$) (Tabela 1.2). Estes resultados são semelhantes a BAE et al. (2019) que ao avaliarem armadilhas luminosas observaram que armadilhas com lâmpadas LED azuis atraíram um número maior dos percevejos, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) e *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae), tanto a campo como em laboratório.

Figura 1.1. Média de tempo (minutos) em que percevejos de campo e laboratório se mantiveram no terço distal (\varnothing 200 mm/2m). ($T = 25 \pm 2$ °C, U.R. = $60 \pm 10\%$).

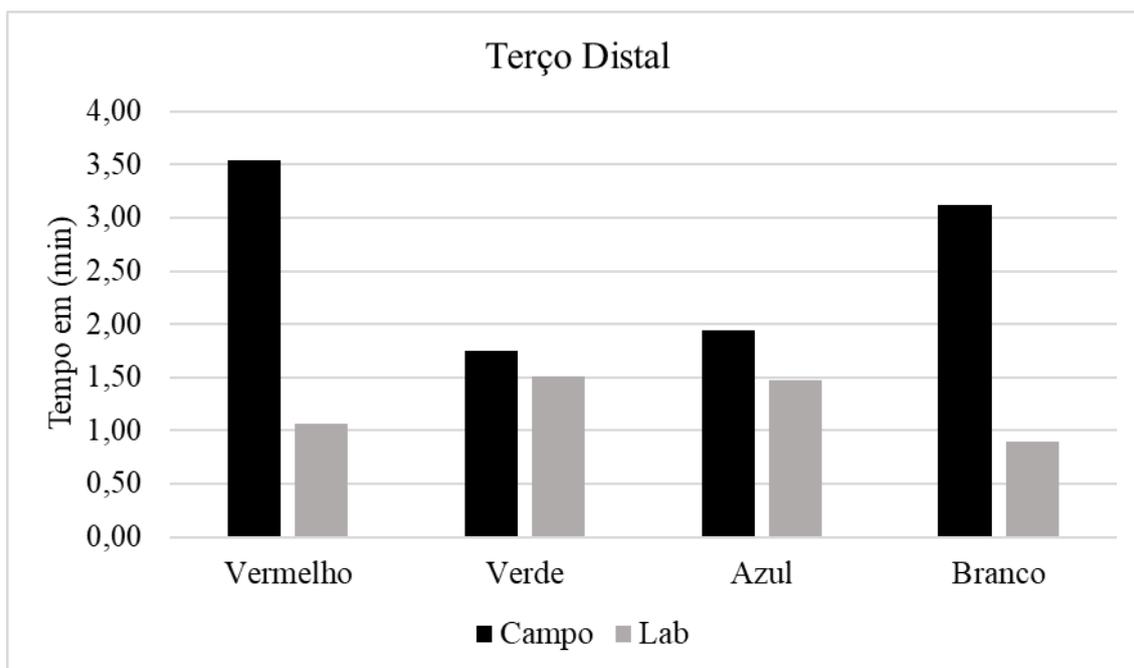


Tabela 1.1. Porcentagem de adultos de *Euschistus heros* em cada segmento submetidos a luz LED em uma arena de 2 metros de comprimento.

Sexo	Origem	Proximal	Médio	Distal
Todos	Campo	41,30%	26,90%	31,90%
	Laboratório	56,30%	26,30%	17,50%
Macho	Campo	48,80%	17,50%	33,80%
	Laboratório	63,80%	22,50%	13,80%
Fêmea	Campo	33,80%	36,30%	30,00%
	Laboratório	48,80%	30,00%	21,30%

Tabela 1.2. Teste de qui-quadrado comparando origem (campo ou laboratório) e sexo de adultos de *Euschistus heros* quanto a atratividade, de acordo com a posição dentro da arena de avaliação comportamental, a diferentes cores emitidas por Luz LED. (**p<0,01; * p<0,1).

Sexo	Origem	Cor	p-valor	Qui-quad
Todos	Laboratório x Campo	Todas	0,01**	10,4
Macho	Laboratório x Campo	Todas	0,01**	8,837
Fêmea	Laboratório x Campo	Todas	0,15	3,849
Macho x Fêmea	Campo	Vermelho	0,56	1,151
Macho x Fêmea	Campo	Verde	0,06*	5,782
Macho x Fêmea	Campo	Azul	0,11	4,348
Macho x Fêmea	Campo	Branco	0,4	1,834
Macho x Fêmea	Laboratório	Vermelho	0,46	1,563
Macho x Fêmea	Laboratório	Verde	0,14	3,96
Macho x Fêmea	Laboratório	Azul	0,01**	8,536
Macho x Fêmea	Laboratório	Branco	0,79	0,468

Experimento 2 – Avaliação de armadilhas desenvolvidas para atração e captura de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae)

MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar praticidade na confecção e montagem, eficiência na coleta e captura de percevejos, e durabilidade em condições de campo, diferentes modelos e cores de armadilhas foram confeccionadas, e distribuídas na Fazenda Capivara (Lat 16°30'17" S Long 49°16'53" W, altitude de 820 metros), pertencente à Embrapa, margeando campos de soja semeado em 14/12/2019 na safra 2019/20 e na safra 2020/21 a semeadura foi realizada em 19/12/2020. As armadilhas foram instaladas no período de floração, e avaliadas até a colheita.

Experimento Safra 2019/20

Foram desenvolvidas armadilhas em formato de pirâmide estruturado com quatro vergalhões de ferro (6,3 mm), com 40 cm na base de 54 cm de altura, cobertas com um tecido impermeável - Nylon 70, no topo da armadilha foi instalado um funil com 20 cm de diâmetro x 20 cm de altura, conectado a um pote plástico transparente de 500 mL, para conter os insetos capturados. Foram testadas seis variações da armadilha: na cor do tecido, verde, azul e branco; e na cor do funil, preto e branco (Figura 2.1).

As armadilhas (3 cores do tecido de cobertura x 2 cores do funil x 4 repetições) foram distribuídas a uma distância mínima de 20 metros entre si, margeando um campo de soja que se encontrava em período de pré-floração, fixadas sobre estacas de tubos de PVC (\varnothing 25 mm) com 1,2 metros de altura e avaliadas no período de 20/01/2020 a 26/03/2020. Semanalmente, as armadilhas foram vistoriadas, contando os insetos capturados e próximo as armadilhas foram realizadas amostragens utilizando um pano de batida largo (1m de comprimento x 1,4m de largura), cada amostra representou um metro linear de soja. As avaliações foram prejudicadas com a declaração de emergência da epidemia da COVID 19, que fechou todo o acesso às instalações da Embrapa para não funcionários. As armadilhas foram mantidas no campo até setembro de 2020 para avaliar a durabilidade do material do qual foram confeccionados.

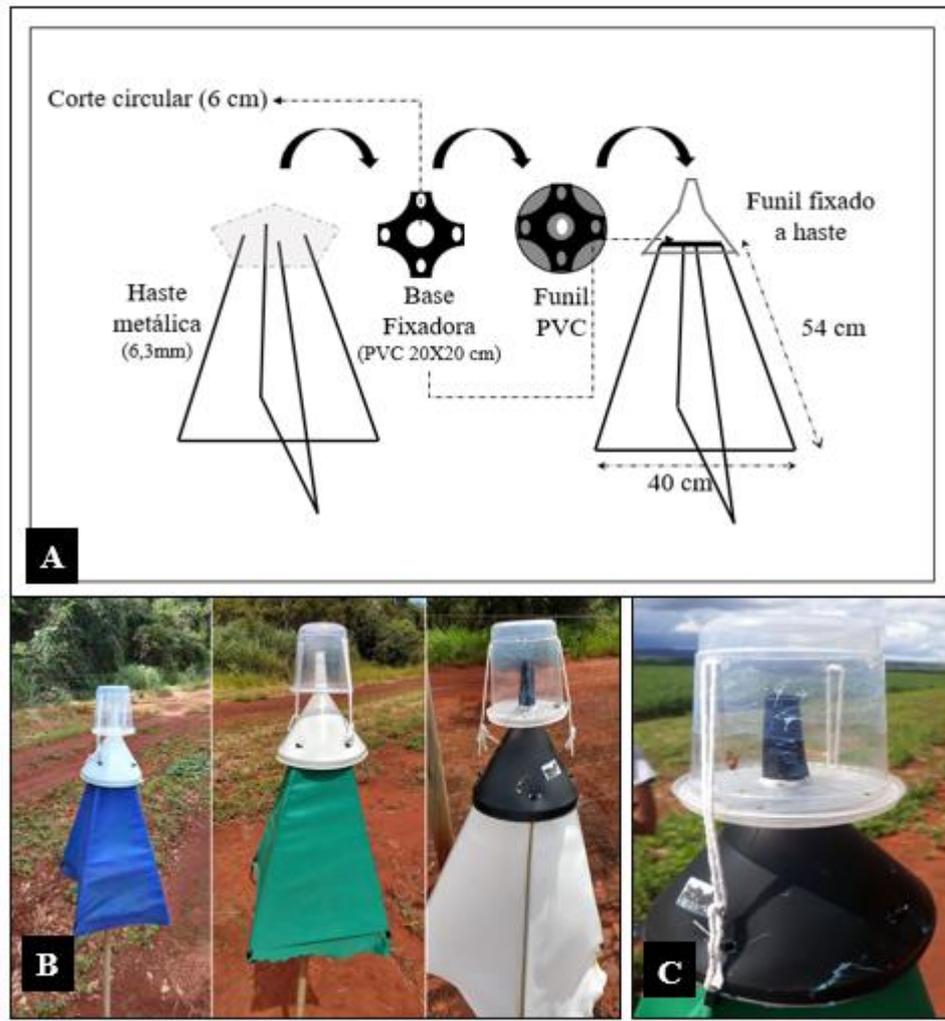


Figura 2.1. Armadilhas testadas na safra 2019-20 para coleta e captura de percevejos na cultura da soja: (A) Esquema com detalhes da armadilha - modelo 19.20, (B) cobertura da armadilha com tecido Nylon 70 de diferentes cores (azul, verde e branca) e funil em duas cores (preto e branco). (C) Detalhe do recipiente de captura.

Experimento Safra 20/21

Na safra 20/21 foram testados dois modelos de armadilhas: modelo 19.20 (Figura 2.1), com cores do tecido de cobertura branca e vermelha, e foi elaborado um novo modelo de armadilha (modelo 20.21) não disponível comercialmente com duas aletas de plástico do tipo PVC expandido, em duas cores branca e vermelha. Cada aleta com 37 cm de base e 43 cm de altura, encaixada no centro, formando quatro asas para direcionar a entrada dos insetos para cima. Na parte superior das asas foi colocado um funil plástico branco para direcionar a entrada no inseto para um pote plástico transparente (500 mL) para conter os insetos. A placa de PVC

expandido foi adquirida na cor branca, e posteriormente pintada com tinta spray (ChemiColor - Vermelha edition) (Figura 2.2).

As armadilhas (2 cores do tecido de cobertura x 2 cores de PVC x 4 repetições) foram fixadas sobre estacas de tubos de PVC (\varnothing 25 mm) com 1,2 metros de altura, e instaladas distantes no mínimo a 45 m entre si, colocadas entre dois campos de soja que se encontravam em período de floração, e avaliadas no período de 01/02 a 08/04/2021. Semanalmente, as armadilhas foram vistoriadas totalizando 16 avaliações, e próximo a elas foram realizadas amostragens utilizando um pano de batida largo (duas amostragem por armadilhas instaladas), (1m de comprimento x 1,4m de largura), cada amostra representou 1 metro linear de soja.

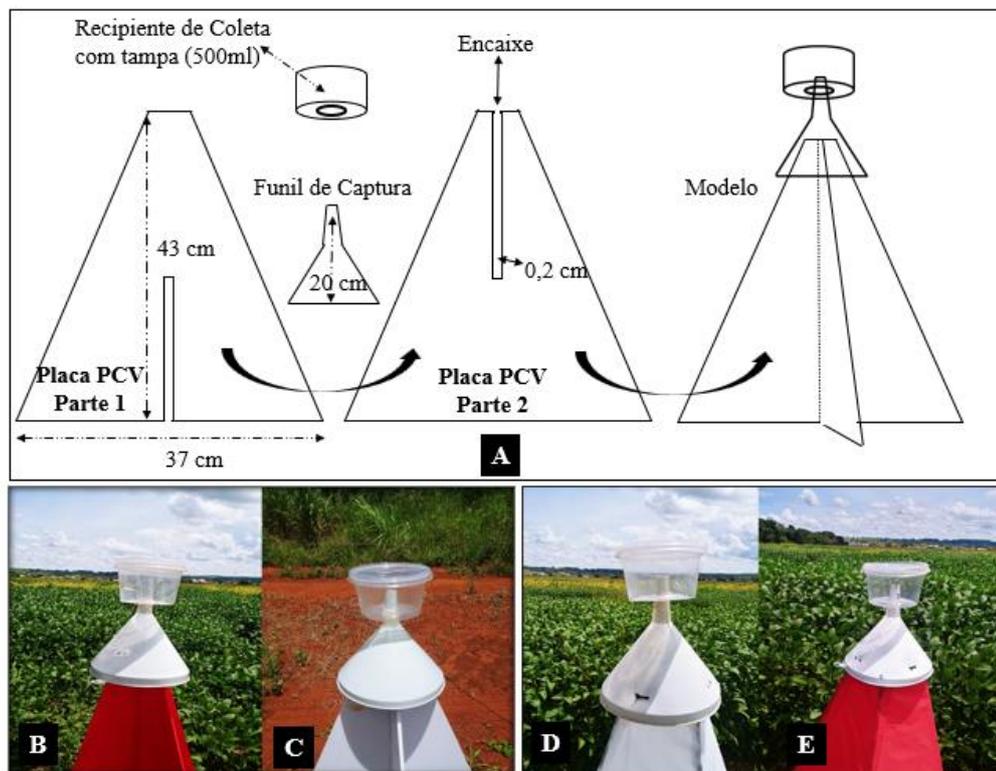


Figura 2.2. Armadilhas testadas na safra 2020-21 para coleta e captura de percevejos na cultura da soja: (A) Esquema de execução da armadilha - modelo 20.21, (B e C) armadilhas confeccionadas com placas de PVC (D e E) armadilhas com cobertura de tecido similar as armadilhas testadas na safra 19/20.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento Safra 2019/20

No modelo 19.20 192 observações foram realizadas, e apenas nove adultos de *E. heros* foram contidos no artefato (4,7% das observações). Outros grupos de insetos também foram apreendidos pelas armadilhas, sendo 18,2 % do total dos insetos capturados pertenciam à ordem Lepidoptera, seguido por Himenópteros, não houve diferença entre as cores de armadilhas e do funil (Tabela 2.1). É possível que as capturas de todos os insetos tenham sido acidentais, sem nenhuma influência de atratividade diferenciada.

O monitoramento com pano de batida, comprovou a presença de percevejos na proximidade das armadilhas, cujo pico da presença ocorreu aos 76 dias após a semeadura (DAS), com 1,96 percevejos.m⁻¹ (Figura 2.3). Assim, as armadilhas testadas não foram capazes de refletir a população de percevejos no campo. Não houve uma diferença significativa na captura de percevejos entre as variações de cores da armadilha, não foi possível verificar se houve falha na atratividade pelas cores, ou se o processo de captura (pouso e caminhar para o interior do recipiente de coleta) e/ou contenção (impedimento da fuga após a captura) não foram eficientes.

Vários estudos relatam a importância das cores na atratividade de determinados grupos de insetos (CHU et al. 2000, CHO et al. 2011, BAE et al 2019). VENTURA E PANIZZI (2014) observaram que armadilhas verdes capturaram mais *Neomegalotomus parvus* (Hemiptera Alydidae) que outras armadilhas (exceto amarelo).

Experimento Safra 2020/21

Apesar da armadilha de PVC - modelo 20.21 apresentar maior praticidade na confecção e maior resistência às intempéries climáticas, não necessitando de manutenções para fixação ou sinais de deterioração, a captura de insetos nessa armadilha foi menor quando comparada com o modelo 19.20, e as variações de cores não apresentaram diferenças na captura de insetos (Tabela 2.1). Na safra 2019/20 o maior grupo de insetos capturados pertenciam à ordem Lepidoptera. Apenas um percevejo *E. heros* foi capturado em uma armadilha modelo 19.20, apesar da população a campo, monitorada com o pano de batida, em seu pico (72 DAS) ter sido superior do que na safra 2019/20, 2,3 percevejos.m⁻¹ (Figura 2.3).

O monitoramento por pano de batida largo foi realizado para o acompanhamento da flutuação populacional de *E. heros* em soja, juntamente às armadilhas desenvolvidas nas safras

2019/20 e 2020/21. A metodologia do pano de batida em soja pode ser dividida em três tipos básicos, o pano-de-batida com 1 m de comprimento por 0,5 m de largura (BOYER e DUMAS, 1969), o pano de batida largo com 1 metro de comprimento por 1,4 metros de largura (CORRÊA-FERREIRA e PAVÃO, 2005) e o pano-de-batida vertical (DREES e RICE, 1985) com 1 metro de comprimento, e um tubo de PVC de 100 mm fixado em uma das laterais do pano, para coletar os insetos. STURMER et al (2012), avaliando os três métodos, concluiu que o pano de batida largo e o pano vertical foram os mais eficientes para a coleta de percevejos.

Diante dos estudos já realizados observa -se que diferentes espécies de percevejos possuem preferências específicas a um determinado tipo comprimento de luz, porém fatores como intensidade das cores podem influenciar na atratividade de determinada espécie, sendo observado que nas duas safras as cores das armadilhas (tecido/PVC) ao longo do tempo perderam sua cor inicial devido ao desgaste da luz e/ou solar e chuva, necessitando de mais estudos de intensidade de cor.

Com relação a estrutura, a armadilha de metal resistiu ao período de seis meses à campo, mas o tecido de cobertura se deteriorou nessas condições, e a fixação da armadilha na estaca de tubo PVC também precisou sofrer manutenções durante o período de teste, devido às intempéries.

Ainda são necessários mais estudos para avaliar a possibilidade de uso de armadilhas para o monitoramento de percevejos, como por exemplo a combinação atratividade passiva (cor refletida) e ativa (cor emitida), e uma melhor compreensão do processo de interceptação dos percevejos.

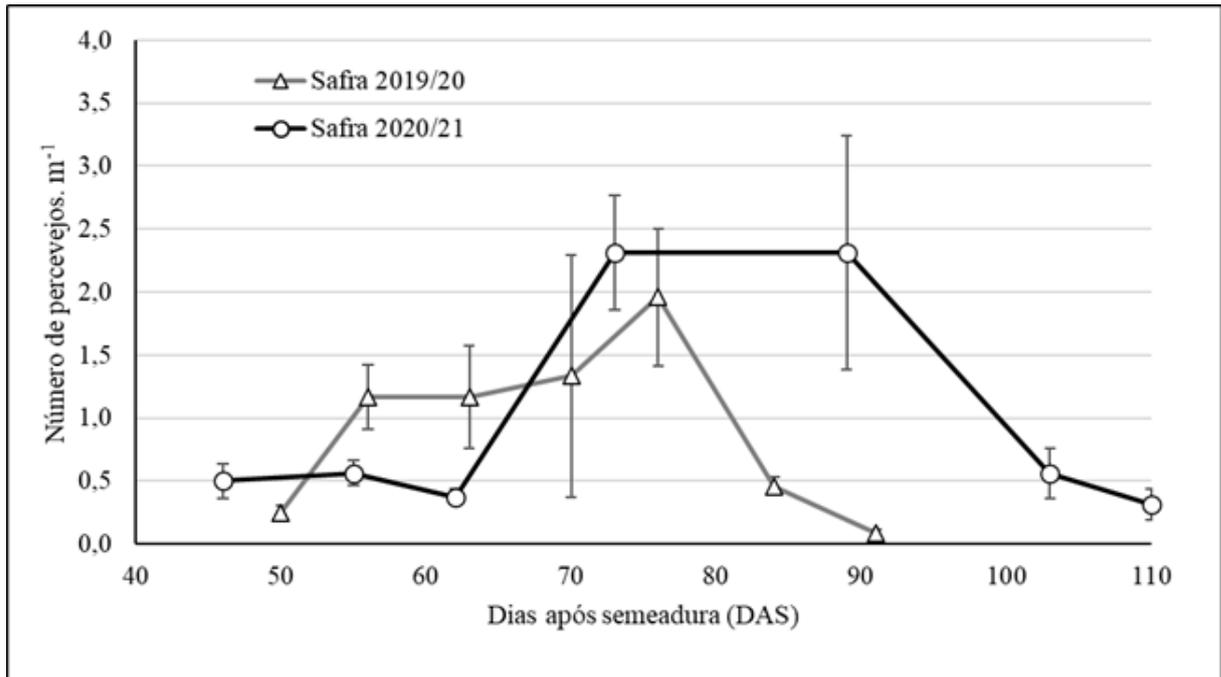


Figura 2.3. Flutuação populacional de *Euschistus heros* monitorado com pano batida (n=16), médias \pm erro padrão. Santo Antônio de Goiás - GO.

Tabela 2.1. Ordens de insetos capturados em armadilhas, distribuídas à margem de lavouras de soja, monitoradas no período reprodutivo da soja, nas safras 2019/20 e 2020/21. Santo Antônio de Goiás - GO.

Safr 2019/20			Ordem dos insetos capturados							
Modelo	Cor	Cor funil	Col	Ort	Lep	Dip	Hym	Hem	Total	%
19.20	Azul	Preto	0	2	6	0	0	0	8	4,2%
		Branco	0	1	6	1	2	1	11	5,7%
	Verde	Preto	3	0	7	0	1	3	14	7,3%
		Branco	1	0	4	1	1	2	9	4,7%
	Branco	Preto	0	2	6	1	3	2	14	7,3%
		Branco	2	0	6	1	5	1	15	7,8%
Total			6	5	35	4	12	9	71	
%			3,1%	2,6%	18,2%	2,1%	6,3%	4,7%	37,0%	
Safr 2020/21										
19.20	Vermelho	Branco	0	0	5	2	1	1	9	8,0%
	Branco	Branco	5	0	8	0	1	0	14	12,5%
Total			5	0	13	2	2	1	23	
%			4,5%	0,0%	11,6%	1,8%	1,8%	0,9%	20,5%	
20.21	Vermelho	Branco	1	4	4	0	0	0	9	8,0%
	Branco	Branco	1	0	2	0	0	0	3	2,7%
Total			2	4	6	0	0	0	12	
%			1,8%	3,6%	5,4%	0,0%	0,0%	0,0%	10,7%	

Col. = Coleoptera; Ort = Orthoptera; Lep = Lepidoptera; Dip = Diptera; Hym = Hymenoptera; Hem = Hemiptera, todos os Hemiptera capturados são da espécie *Euschistus heros*.

Experimento 3 – Avaliação da flutuação populacional de percevejo marrom *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) por imagens

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2020/21 no campo experimental da Embrapa Arroz e Feijão (Lat 16°30'17" S, Long 49°16'53" W, altitude de 820 metros).. Foram semeados 43 materiais de soja em 19/12/2020, entre cultivares e linhagens de diferentes tecnologias transgênicas e grupos de maturidade (Tabela 3.1), com oito repetições por material, perfazendo 344 parcelas de 4 linhas x 5 metros. Quatro repetições de cada material foram pulverizadas com inseticidas para o controle de percevejos em 26/02/2021.

Após 20 dias da emergência, cada parcela foi fotografada ao nadir (perpendicular ao solo) a uma altura de 1,20 m, utilizando uma câmera com resolução de 12 megapixels do smartphone modelo G6 - LG, em intervalos de 5 a 10 dias (Figura 3.1). As imagens foram utilizadas para acompanhar o desenvolvimento das cultivares de soja e avaliar a presença de insetos-pragas capturados espontaneamente nas imagens e para avaliar se a resolução de 12 megapixels a 1,20 m de altura permitiria a identificação das espécies-pragas.

Após tomada da imagem ao nadir, as parcelas foram visualizadas com atenção sem causar perturbação das plantas (visualização superficial), e ao se observar percevejos (ovos, ninfas ou adultos) foram tomadas imagens próximas para registrar a sua presença e facilitar a identificação dos insetos (Figura 3.2). No total foram coletadas 5.908 imagens no formato JPEG, no período de 29/12/2020 a 25/03/2021, sendo 4128 imagens das parcelas ao nadir, e o restante constituído de imagens próximas dos insetos observados. Posteriormente as imagens ao nadir foram agrupadas por parcelas, e os percevejos observados nas imagens próximas foram identificados e contados. Em paralelo, dentro do mesmo período foram realizadas amostragens com pano de batida em 16 parcelas escolhidas de forma aleatória.

Os arquivos EXIF (Exchangeable Image File Format) das imagens foram extraídos usando o programa ImageJ (SCHNEIDER et al. 2012) com uma macro programada (ver anexo). A identificação e a contagem dos insetos nas imagens foram correlacionada com a localização GPS da imagem extraída no arquivo EXIF. Um arquivo CSV foi gerado com a posição geográfica de cada imagem e o número de insetos (espécie e estágio) e utilizando o programa QGis versão 3.2, foram gerados mapas de interpolação por krigagem utilizando o número de *E. heros* adultos observados em cada parcela como parâmetro Z. Devido a distribuição das

parcelas em dois grupos (com e sem pulverização para insetos) em linha, onde cada grupo com 320 metros de comprimento por 12 metros de largura, foram construídos mapas apenas com as primeiras 60 parcelas de cada grupo, para facilitar a visualização.

Tabela 3.1. Cultivares e linhagens de soja semeadas na safra 2020/21 em Santo Antônio de Goiás – GO (* cultivares não registradas).

Cultivar 20/21	Grupo de Mat.	Tipo de crescimento	Transgenia	Flor
BRS 6680	6.6	Indeterminado	Conv.	Branca
BRS 6780	6.7	Indeterminado	Conv.	Branca
BRBMG12-10301	6.8	Indeterminado	RR+Bt	Roxa
BRS 5980 IPRO	6.9	Indeterminado	RR + Bt	Branca
BRS 6980	6.9	Indeterminado	Conv.	Roxa
BRASBT13-0033	6.9	*	RR + Bt	*
BRS 539	6.9	Indeterminado		Roxa
BRS 1061IPRO	6.9	Indeterminado	RR + Bt	Roxa
BRS 511	6.9	Indeterminado	NI	Roxa
BRS 543 RR	6.9	Indeterminado	RR	Branca
BRS 6180 IPRO	7.0	Indeterminado	RR + Bt	Branca
BRS 391	7.0	Determinado	Conv.	Branca
BRS 1003 IPRO	7.0	Indeterminado	RR + Bt	Roxa
BRS 7180 IPRO	7.1	Determinado	RR=Bt	Roxa
BRSMG 534	7.2	Indeterminado	Conv.	Roxa
BRS 7380 RR	7.3	Indeterminado	RR	Branca
BRS 531	7.3	Indeterminado	RR	Branca
BRS 7481	7.4	Indeterminado	Conv.	Branca
BRS 7482 RR	7.4	*	RR	*
BRS 1074IPRO	7.4	Indeterminado	RR + Bt	Roxa
BRS 7581 RR	7.4	Indeterminado	RR	Branca
BRS 7680 RR	7.6	Semi-determinado	RR	Roxa

BRSGO 7654 RR	7.6	Indeterminado	RR	Branca
BRS 7780 IPRO	7.7	Semi-determinado	RR + Bt	Roxa
BRSGO 7755 RR	7.7	Indeterminado	RR	Roxa
BRS 7880 RR	7.8	Indeterminado	RR	Roxa
BRBY18-18.864	7.8	*	*	*
BRSGO 7858 RR	7.8	Indeterminado	RR	Branca
BRS 7980	7.9	Determinado	Conv.	Branca
BRS 7981 IPRO	7.9	*	RR + Bt	*
BRS 8280 RR	8.2	Determinado	RR	Roxa
BRS 8381	8.3	Semi-determinado	Conv.	Roxa
BRS 8382 RR	8.3	Indeterminado	RR	Roxa
BRS 8383 IPRO	8.3	*	RR + Bt	*
BRS 8481	8.4	Determinado	Conv.	Branca
BRS 8581	8.5	Semi-determinado	Conv.	Roxa
BRS 8680 IPRO	8.6	*	RR + Bt	*
BRS 8780	8.7	Determinado	Conv.	Roxa
BRS 8781 RR	8.7	Determinado	RR	Roxa
BRS 8980 IPRO	8.9	Determinado	RR + Bt	Branca
BRS 9180 IPRO	9.1	Determinado	RR + Bt	Roxa
BRS 9280 RR	9.2	Determinado	RR	Roxa
BRS 9383 IPRO	9.3	Determinado	RR + Bt	Branca



Figura 3.1. Imagens periódicas da parcela 120 (Cultivar BRS 523) capturadas ao nadir utilizando a câmera traseira do smartphone LG - G6, com resolução de 12 megapixels. Santo Antônio de Goiás - GO.



Figura 3.2. Imagens próximas de percevejos observados na superfície do dossel da soja utilizadas para contabilizar a população de insetos em cada parcela. Santo Antônio de Goiás - GO.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

É possível identificar a presença espontânea de adultos de *E. heros* na superfície dossel da soja utilizando imagens em formato JPEG com resolução de 12 megapixel tiradas ao nadir a uma altura de 1,20 m (Figura 3.3). Este resultado abre a possibilidade de correlacionar a população de percevejos presentes na soja utilizando imagens padronizadas em resolução; distância do solo e ângulo da câmera. Atualmente, câmeras embarcadas em VANTs (Veículos aéreos não tripulados) apresentam sensores de maior resolução espacial e espectral e sem compressão dos arquivos de imagem (arquivos RAW), o que pode melhorar a precisão na identificação de insetos visíveis.

Assim, são necessários maiores estudos visando confirmar o uso desse aparato para avaliar a população de percevejos por imagens, e correlacionar com amostragens manuais com o uso de pano de batida. VANTs são cada vez mais utilizados na agricultura para o sensoriamento remoto das lavouras, devido a possibilidade de obtenção de dados de maneira rápida e segura mesmo em situações adversas, com possibilidades de trabalhar grandes quantidades de dados em curto período de tempo.

Os sensores acoplados em VANTs possuem infinidade de aplicações avaliando fatores através da reflectância emitida e quantifica por exemplo, identificação de biomassa, índice foliar, doenças causadas por fitopatógenos, pragas, estresse hídrico, previsão de rendimento, monitoramento das propriedades físico-químicas do solo e mapeamento, análises químicas nas folhas, controle e gerenciamento de pragas e plantas daninhas, propriedades superficiais do solo, condições biológicas, parâmetros de clorofila, concentração de nitrogênio na folha, cobertura vegetativa, dentre outros fatores (ZHAN et al, 2012), mas estes sensores precisam ser previamente escolhidos e calibrados para cada uma dessas funções.



Figura 3.3. Imagens da parcela 120 (Cultivar BRS 523) ao nadir em 02/03/2021, onde é possível identificar a presença de percevejos. Santo Antônio de Goiás - GO.

A fenologia da soja influencia a dinâmica populacional dos percevejos, principalmente após a floração e no desenvolvimento das vagens (DEFENSOR et al, 2020). Tanto o monitoramento por pano de batida como o número de insetos observados na superfície do dossel e registrados com imagens próximas (Figura 3.2) foram capazes de mostrar a flutuação populacional de adultos de *E. heros* ao longo do desenvolvimento da cultura (Figura 3.4).

O monitoramento através de observação superficial inclusive foi mais sensível na detecção da presença de percevejos, mas provavelmente seja devido ao número de amostras em cada metodologia, pano de batida (n=16), e visualização superficial (n=344). O tempo para coleta das imagens nesse experimento em 344 parcelas variou de 1:30h à 3:00 h por data de coleta, considerando o tempo de caminhar entre parcelas, obtenção da imagem ao nadir, observação superficial e obtenção de imagens dos insetos, somado a isso foi necessário mais 1:30h à 3:00 h por data de coleta, para a curadoria das imagens que foi realizada manualmente, mas este tempo pode ser significativamente reduzido adotando-se melhorias no processo de coleta e separação das imagens.

Assim, uma etapa subsequente a este trabalho pode ser avaliar a possibilidade o uso de processos automatizados para localização e identificação de percevejos nas imagens capturadas, através do uso de inteligência artificial, o que livraria o operador do tedioso processo de busca e contar os percevejos em cada imagem, e permitiria uma maior cobertura amostral, tanto em resolução (número de pontos amostrais por área) como em área amostrada por tempo.

A extração das posição geográfica das imagens próximas permitiu a determinação da distribuição espaço-temporal dos percevejos em soja (Figura 3.5), onde é possível observar o efeito da aplicação de inseticida para percevejo realizada no dia 26/02/2021, refletida na amostragem no dia 02/03/2021, onde a metade direita do mapa tem menos de 0,36 percevejos.ponto de amostra-1.

Apesar das limitações experimentais e da baixa precisão do receptor GPS contido no smartphone, quando comparados a receptores GPS diferenciais, como prova de conceito se demonstrou a possibilidade de usar imagens geotiquetadas, para mapear espacialmente a presença de percevejos no campo. Atualmente a maioria dos smartphones possuem por padrão a funcionalidade de capturar imagens digitais e georeferenciamento, mas esta capacidade é ainda pouco explorada no monitoramento de pragas.

SUZUKI-OHNO et al. (2017) utilizaram fotografias digitais geotiquetadas capturadas por cidadãos para coletar dados de distribuição de *Bombus* spp. (Hymenoptera: Apidae) no Japão. Fotografias geotiquetadas podem ser usadas para determinar a distribuição de espécies, se for possível identificar corretamente a espécie através das imagens, e extrair os dados GPS mantidos em arquivos EXIF. Atualmente muitos programas de ciência que contam com a colaboração de voluntários não cientistas para o mapeamento de diferentes grupos de insetos, como por exemplo iSpot (<http://www.ispotnature.org>), iNaturalist (<http://www.inaturalist.org>), iRecord (<http://www.brc.ac.uk/irecord>), Lost Ladybug Project (Losey et al 2012) (<http://www.lostladybug.org>), and Bumble Bee Watch (<http://bumblebeewatch.org>).

Estas iniciativas trabalham em uma escala espacial de dezenas a centenas de quilômetros, mas a precisão dos atuais GPS embarcados em smartphones, permitem fazer inferências ao nível de metros. TOMAŠTÍK et al 2016 avaliando a acurácia de posicionamento horizontal de três smartphones (ZTE Blade, LG G2, and Sony M4 Aqua), e um tablet (Lenovo Yoga 8), testados em condições com e sem cobertura florestal encontrou erros de posicionamento que variaram de 6,7 a 11,5 m e 1,9 a 2,4 m, respectivamente.

Em comparação,a recomendação de monitoramento com pano de batida são de no mínimo 10 pontos amostrais a cada 100 hectares ((REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 2010), onde cada ponto amostral representa até 10 hectares ou uma área circular com diâmetro de 354 m. Se for possível estabelecer uma correlação estatisticamente significativa entre percevejos observados na superfície do dossel, e a amostragem por pano de batida, será possível melhorar a eficiência nas coletas dos dados, com a vantagem de permitir

o georreferenciamento das amostragens agregando dados para uma modelagem de ocupação desta importante praga na soja.

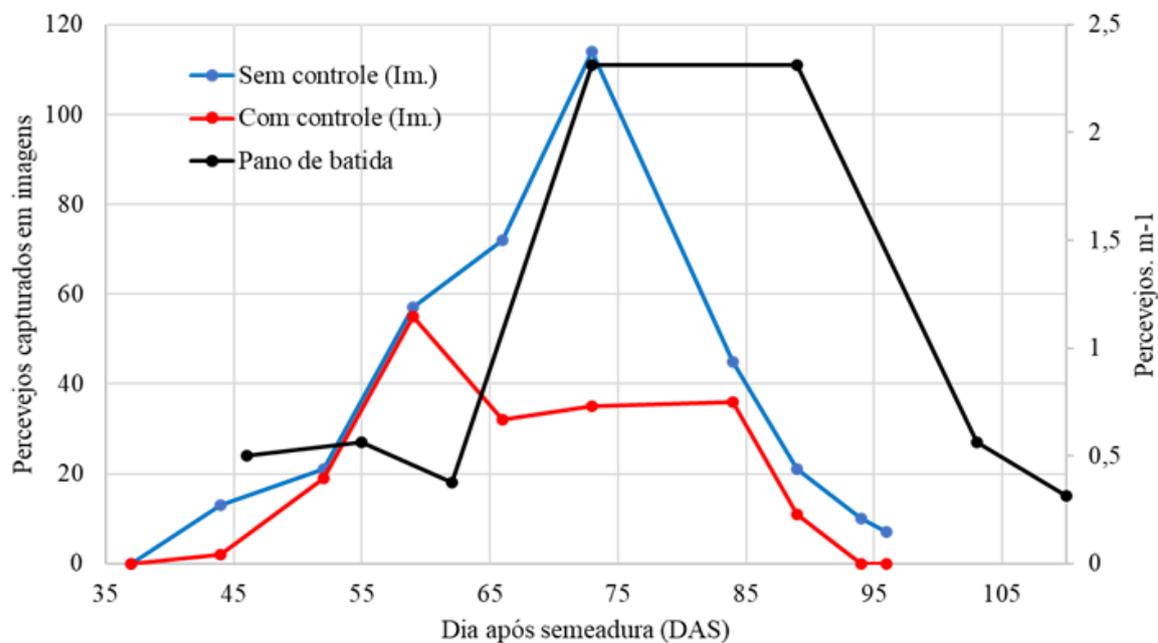


Figura 3.4. Números total de percevejos observados na superfície do dossel e capturados em imagens (Im.) em 344 parcelas com variedades de soja de diferentes grupos de maturidade com e sem aplicação de inseticidas e comparados com amostragem com pano de batida (n=16). Santo Antônio de Goiás - GO - safra 2020/21.

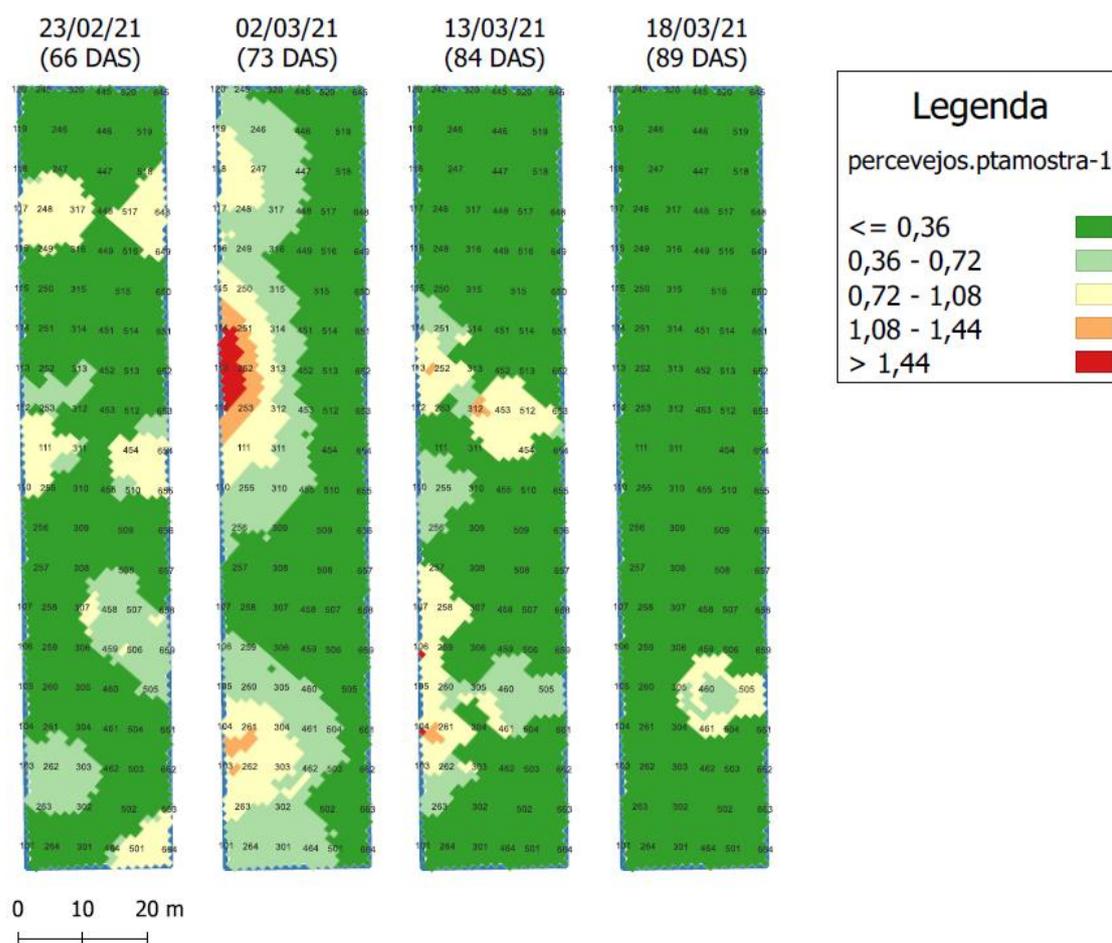


Figura 3.5. Distribuição de percevejos adultos (*Euschistus heros*) em 15 variedades de soja (grupo de maturidade 6.6 a 7.2) em dois grupos [60 parcelas sem aplicação de inseticidas (esquerda de cada mapa) para percevejos e 60 com aplicação (direita de cada mapa)]. Santo Antônio de Goiás - GO - safra 2020-21.

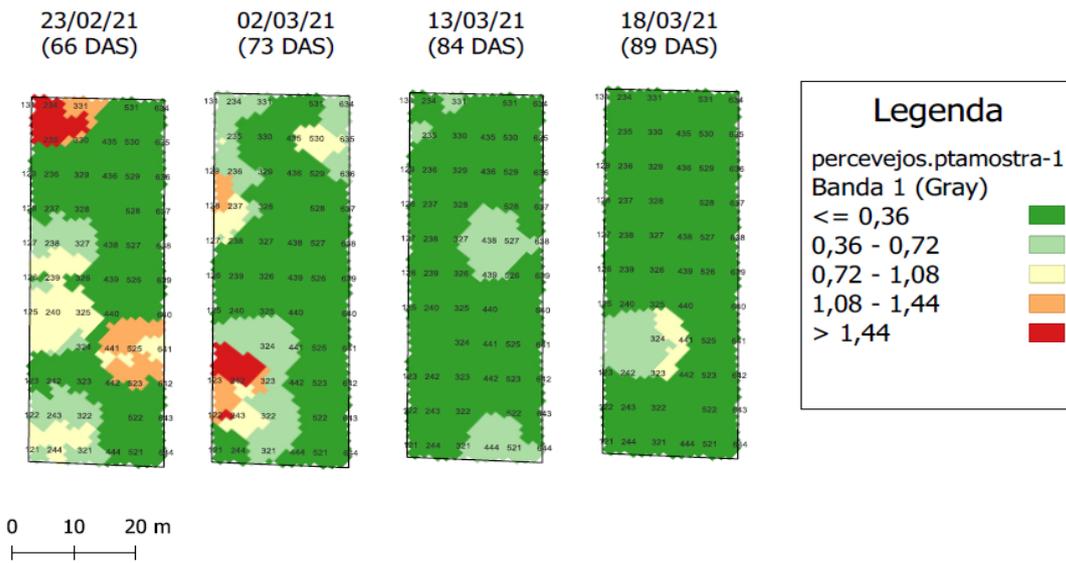


Figura 3.6. Distribuição de percevejos adultos (*Euschistus heros*) em 8 variedades de soja (grupo de maturidade 7.3 a 7.6) em dois grupos [32 parcelas sem aplicação de inseticidas (esquerda de cada mapa) para percevejos e 32 com aplicação (direita de cada mapa)]. Santo Antônio de Goiás - GO.

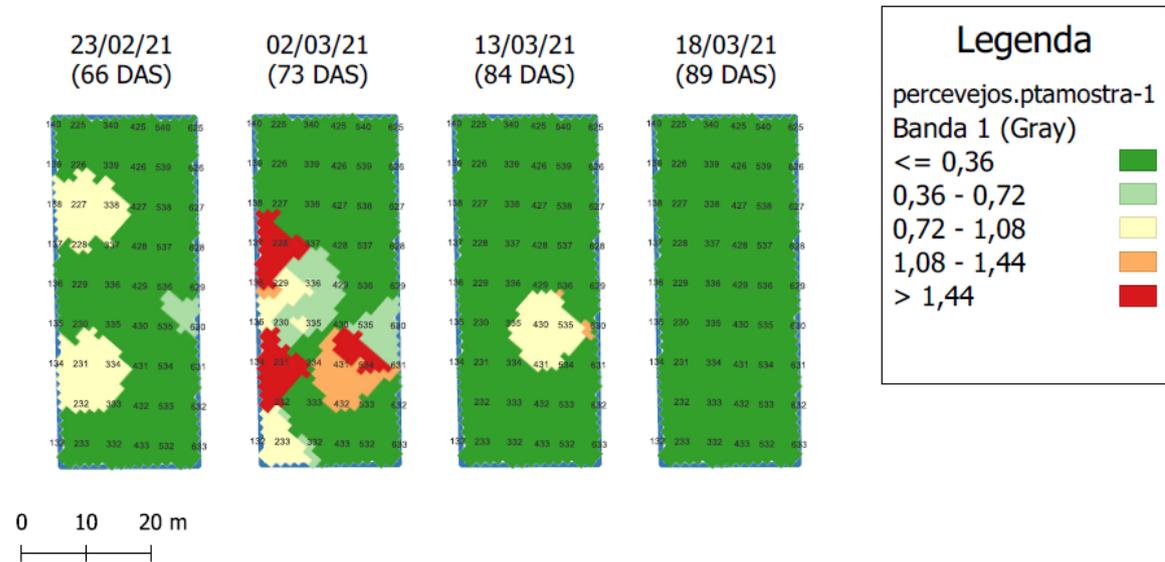


Figura 3.7. Distribuição de percevejos adultos (*Euschistus heros*) em 7 variedades de soja (grupo de maturidade 7.7 a 7.9) em dois grupos [28 parcelas sem aplicação de inseticidas (esquerda de cada mapa) para percevejos e 28 com aplicação (direita de cada mapa)]. Santo Antônio de Goiás - GO.

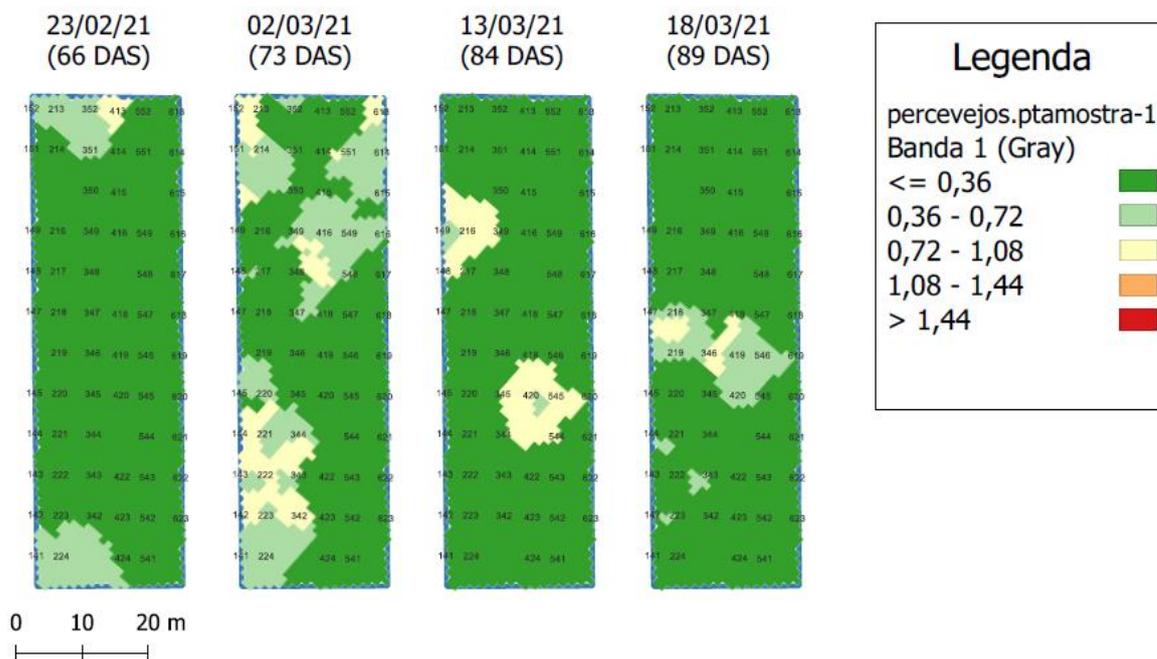


Figura 3.8 Distribuição de percevejos adultos (*Euschistus heros*) em 9 variedades de soja (grupo de maturidade 8.2 a 8.7) em dois grupos [36 parcelas sem aplicação de inseticidas (esquerda de cada mapa) para percevejos e 36 com aplicação (direita de cada mapa)]. Santo Antônio de Goiás - GO.

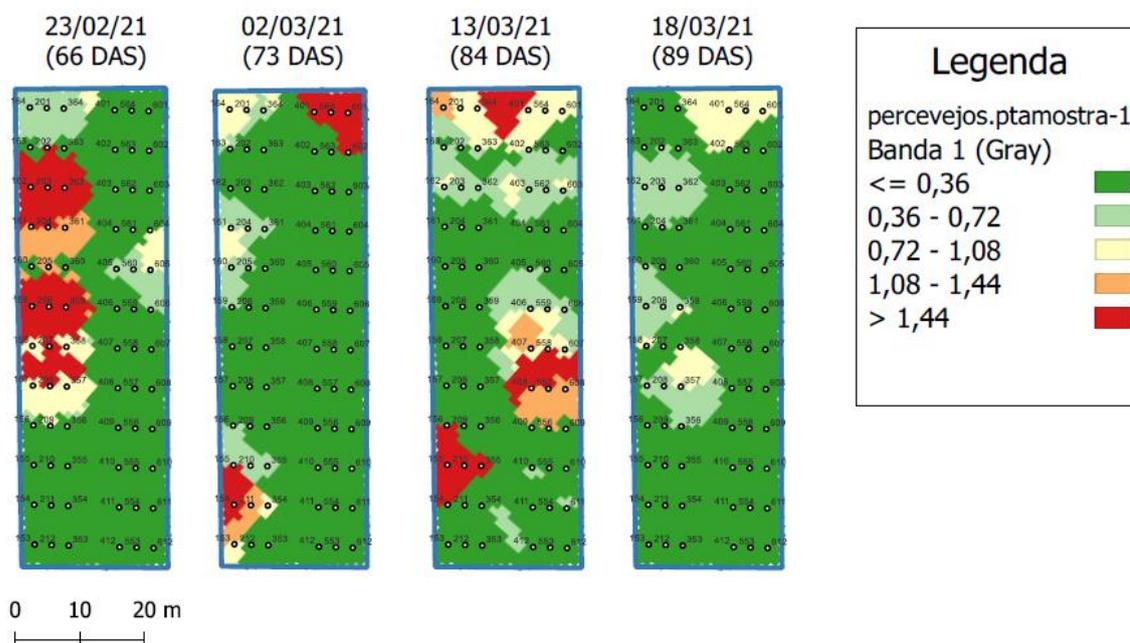


Figura 3.9 Distribuição de percevejos adultos (*Euschistus heros*) em 4 variedades de soja (grupo de maturidade 8.9 a 9.3) em dois grupos [60 parcelas sem aplicação de inseticidas (esquerda de cada mapa) para percevejos e 60 com aplicação (direita de cada mapa)]. Santo Antônio de Goiás - GO.

CONCLUSÕES

No capítulo 1 estímulos luminosos emitidos por LED influenciou o comportamento de *Euschistus heros* a maior atratividade de insetos coletados a campo, por serem mais responsivos. Nos testes realizados populações de campo machos foram mais atrativos a cor verde, e os machos de laboratório a cor azul, com os resultados obtidos observa que o tamanho de ondas de luz possui proximidade, porem a mais faixas de ondas neste intervalo devem ser avaliadas. Estudos com sistemas ativos de atração baseados em emissores LEDs ainda precisam ser testados a campo.

No capítulo 2 a confecção de diferentes armadilhas para monitoramento representou com baixa porcentagem a população de campo não sendo possível a observação da flutuação populacional de *Euschistus heros*, este estudos demostram um grande potencial no desenvolvimento de um artefato de captura de maior representação do número de percevejos a campo.

No capítulo 3 o uso de imagens da superfície do dossel da soja associada a suas respectivas geoetiquetas, se mostraram promissoras para o monitoramento do percevejo *Euschistus heros*. Nas condições experimentais do trabalho, o monitoramento por imagens foi comparativamente similar ao monitoramento por pano de batida, mas um melhor desenho experimental com materiais e equipamentos mais adequados são necessários para comprovar a possibilidade de uso dessa técnica de forma prática.

Um grande desafio para o monitoramento remoto de percevejos na soja é como capturar algum tipo de sinal de sua presença no interior do dossel da soja fora do alcance da visão, por isso o pano de batida é considera atualmente o único meio confiável de monitoramento, mas a presença dos percevejos na superfície do dossel captadas em imagens, abre a possibilidade de gerar estimativas populacionais baseados nesses parâmetros. Além disso, mesmo que a estimativa seja de baixa correlação, talvez seja possível criar um sistema de ampla cobertura espaço-temporal (VANTs + sensores + reconhecimento automático), para otimizar o trabalho de monitoramento local.

REFERÊNCIAS

- ADACHI, I.; UCHINO, K.; MOCHIZUKI, F. Development of a pyramidal trap for monitoring fruit-piercing stink bugs baited with *Plautia crossota stali* (Hemiptera: Pentatomidae) aggregation pheromone. **Appl. Entomol. Zool** 42:425-431, 2007.
- ALDRICH J.R.; KHRIMIAN A.; CHEN, X.; CAMP, M. Semiochemically based monitoring of the invasion of the brown marmorated stink bug and unexpected attraction of the native green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) in Maryland. **Florida Entomologist** 92:483–491, 2009.
- ALDRICH, J.R., Chemical communication in the true bugs and parasitoid exploitation. In: Cardé, R. T. and Bell, W. J. (eds.). **Chemical Ecology of insects II**. New York : Chapman and Hall. pp. 318-363, 1995.
- BAE, S.; YI, H.; YOON, Y.; JANG, Y.; KIM, Y.; MAHARJAN, R. Attraction of stink bugs to rocket traps with different combinations of wing and landing board color. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, 22(1): 243–249. 2019.
- BOYER, W.P.; DUMAS, B.A. Plant shaking methods for soybean insect survey in Arkansas. In: Survey methods for some economic insects. United State: **Department of Agriculture, Agricultural Research Service**, p. 92-94, 1969.
- BOTHA, L.M.; JONES, T.M.; HOPKINS, G.R. Effects of lifetime exposure to artificial light at night on cricket (*Teleogryllus commodus*) courtship and mating behaviour. **Animal Behaviour**, 129: 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2017.05.020>, 2017.
- CAMBRIDGE, J.E.; FRANCOEUR, L.; HAMILTON, G.C. Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae) Attraction to Various Light Stimuli. **Florida Entomologist**, 100(3): 583-588, 2017.
- CHAPMAN, R.F. The insects: structure and function. **Cambridge, Mass, Harvard University Press**, 1982.
- CHO, K.; ECKEL C.S.; WALGENBACH, J.F.; KENNEDY, G.G. Comparison of colored sticky traps for monitoring thrips populations (Thysanoptera; Thripidae) in staked tomato fields. **Journal Entomological Science** 30:176–190, 2011.
- CHU, C.C.; PINTER, P.J.; HENNEBERRY, T.J.; UMEDA, K.; NATWICK, E.T.; WEI, Y.A.; REDDY, V.R.; SHREPATIS. M. Use of CC traps with different trap base colors for silverleaf whiteflies (Homoptera : Aleyrodidae), thrips (Thysanoptera : Thripidae), and leafhoppers (Homoptera : Cicadellidae). **Journal Economic Entomology** 93:1329–1337, 2000.

COHNSTAEDT, L.; GILLEN, J.I.; MUNSTERMANN, L.E. Light-emitting diode technology improves insect trapping. **Journal of American Mosquito Control Association**, 24(2): 331-334. 2008.

CONAB, **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Safra 2020/21, 2021.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; PAVÃO, A. L. Monitoramento de percevejos da soja: maior eficiência no uso do pano-de-batida. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., Londrina, 2005. **Anais... Londrina, EMBRAPA/CNPSo**, 2005. p. 152-153.

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; KRZYZANOWSKI, F.C.; MINAMI, C.A. Percevejos e a qualidade da semente de soja - série sementes. Londrina: Embrapa Soja. 15p. (**Embrapa Soja. Circular técnica, 67**). 2009.

COWAN, T., GRIES, G. Ultraviolet and violet light: attractive orientation cues for the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*. **Entomol Exp Appl** 131:148–158. 2009.

CULLEN, E.M.; ZALOM, F.G. Phenology-based field monitoring for consperse stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in processing tomatoes. **Environmental Entomology**, v.29:.560-567, 2000.

DEFENSOR, M.O.; GONRING, A.H.R.; BORGES, L.F.; PLATA-RUEDA, A.; MARTINEZ, L.C.; FERNANDES, F.L. Population dynamics of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) associated at various soybean phenological stages. **Journal of Plant Diseases and Protection** 127: 719–723. <https://doi.org/10.1007/s41348-019-00298-6>. 2020.

DREES, B. M.; RICE, M. E. The vertical beat sheet: a new device for sampling soybean insects. **Journal of Economic Entomology**, 78(6):1507- 1510, 1985.

HICKEL, E. R.; KNABBEN, G. C.; ZOTTO, D.D.; CARVALHO, M.W.M.; BERTOTTI, B. NOVAES, R.Y. Attractiveness of light-emitting diodes (LEDs) of different wavelengths to the South American rice water weevil. **Arquivos do Instituto Biológico** [online], 85: e0382016. 2018.

LUCINI, T.; PANIZZI, A.R.; SILVA, M.A.; MARSARO JUNIOR, A.L. Performance and Preference of *Chinavia erythrocnemis* (Berg) (Heteroptera: Pentatomidae) on reproductive structures of cultivated plants. **Neotropical Entomology**, 49:163-170. 2020.

HØYE, T.T., ÄRJE, J., BJERGE, K., OSKAR L. P. HANSEN, IOSIFIDIS, A., LEESE, F., MANN, H.M.R., MEISSNER, K., MELVAD, C., RAITOHARJU. J. Deep learning and computer vision will transform entomology. **Proceedings of the National Academy of**

Sciences Jan 2021, 118 (2): e2002545117; DOI: 10.1073/pnas.2002545117. 2021.

KNABBEN, G.C. Sonne - sistema de gerenciamento, conversão e armazenamento de energia solar fotovoltaica para aplicação em armadilha luminosa com LEDs. 169f. **Monografia (Graduação)** – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville. 2014.

LAUMANN, R.; BLASSIOLI, M.; KHRIMIAN, A.; BORGES, M. Field capture of *Thyanta perditor* with pheromone-baited traps and cross-attraction to other pentatomids. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 46(2):113-119. 2011.

LOSEY, J.; ALLEE, L.; SMYTH, R. The lost ladybug project: Citizen spotting surpasses scientist's surveys. **American Entomologist** **58**: 22–24. 2012.

MAZZONI, V. & TRONA, FEDERICA & IORIATTI, CLAUDIO & ANDREA, LUCCHI & ERIKSSON, ANNA & ANFORA, G. Attractiveness of different colours to *Scaphoideus titanus* Ball (Hemiptera: Cicadellidae) adults. **IOBC/wprs Bulletin**. 67. 281-284. 2021.

MENZEL R.; BLAKERS, M. Colour receptors in bee eye-morphology and spectral sensitivity. **J Comp Physiol A** 108:11–33. 1976.

MORRISON, W.R.I.I.I.; CULLUM, J.P.; LESKEY, T.C., Evaluation of trap designs and deployment strategies for capturing *Halyomorpha halys* (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae). **Journal Economic Entomology** 108: 1683–1692, 2015.

PANIZZI, A.R.; DUO, L.J.S., BORTOLATO, N.M., SIQUEIRA, F. Nymph developmental time and survivorship, adult longevity, reproduction and body weight of *Dichelops melacanthus* (Dallas) feeding on natural and artificial diets. **Revista Brasileira de Entomologia**. 51:484-488, 2007.

PANIZZI, A.R.; BUENO, A.F.; SILVA, F.A.C. Insetos que atacam vagens e grãos. In HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes pragas**. Brasília, Embrapa, 859 p. 2012.

PANIZZI, A.R.; LUCINI, T. What Happened to *Nezara viridula* (L.) in the Americas? possible reasons to explain populations decline. **Neotropical Entomology**, 45: 619-628, 2016.

PANIZZI, A.R.; LUCINI, T.; POSSEBOM, T. Development of *Dichelops furcatus* (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) Reared on Spring Cereals Versus soybean. **Journal of Insect Science**, 18: 1-7, 2018.

PANIZZI, A.R.; SLANKY JR., F. Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. **Florida Entomology** 68:184- 203,

1985.

PANIZZI, A.R., Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): species invasive to the U.S. and potential Neotropical invaders. *American Entomology* 61: 223–233, 2015.

PEITSCH, D.; FIETZ, A.; HERTEL, H.; SOUZA, J.; VENTURA, D.F., MENZEL, R. The spectral input systems of hymenopteran insects and their receptor-based colour vision. *J. Comp. Physiol. A* 170:23–40, 1992.

PIRES, C.S.S.; SUJII, E.R.; SCHMIDT, F.G.V.; ZARBIN, P.H.G.; ALMEIDA, J.R.M. de; BORGES, M. Potencial de uso de armadilhas iscadas com o feromônio sexual do percevejo marrom, *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae), para o monitoramento populacional de percevejos praga da soja. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 77: 70-77, 2006.

QGIS.org, QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>. 2021.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 38, Cruz Alta. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2010/2011 e 2011/2012. Cruz Alta: Fundacep Fecotrigo, 2010. 168p, 2010.

SCHNEIDER, C.A.; RASBAND, W.S.; ELICEIRI, K.W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis". *Nature Methods* 9: 671-675. 2012.

SCHUBERT, E.F. Light-emitting diodes. New York: **Cambridge University Press**, 422p. 2006.

SOSA-GÓMEZ, D.R., e MOSCARDI, F. Retenção foliar diferencial em soja provocada por percevejos (Heteroptera: Pentatomidae). *Anais Sociedade Entomológica do Brasil* 24: 401-404, 1995.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; SILVA, J.J. Neotropical brown stink bug (*Euschistus heros*) resistance to methamidophos in Paraná, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45: 767-769, 2010.

STÜRMER, G.R.; FILHO, A.C; STEFANELO L.S.; GUEDES, J.V.C. Eficiência de métodos de amostragem de lagartas e de percevejos na cultura da soja. *Ciência Rural [online]*. 42(12):2105-2111. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000145>>. Epub 27 Nov 2012. ISSN 1678-4596. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000145>.

SUZUKI-OHNO, Y.; YOKOYAMA, J.; NAKASHIZUKA, T.; MASAKADO, K. Utilization of photographs taken by citizens for estimating bumblebee distributions. *Scientific Report* 7:

11215. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10581-x>, 2017.

TOMACHESKI, J.F.; PANIZZI, A.R.; LUCINI, T. Nymphal and adult biology of the red-shouldered stink bug, *Thyanta perditor* (F.), on cultivated and on wild plants. **Arthropod Plant Interactions**, 13: 91-98. 2019.

TOMAŠTIK, J. JR, TOMAŠTIK, J. Sr, SALOŇ, Š, PIROH, R. Horizontal accuracy and applicability of smartphone GNSS positioning in forests. **Forestry**. 90: 187–198, 2016.

TUELHER, E.S.; SILVA, É. H.; RODRIGUES, H. S.; HIROSE, E.; GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, E.E. Area-wide spatial survey of the likelihood of insecticide control failure in the neotropical brown stink bug *Euschistus heros*. **Journal Pest Science**, 91: 849–859, 2018.

TUELHER, E.S., SILVA É.H., HIROSE E., GUEDES R.N., OLIVEIRA E.E. Competition between the phytophagous stink bugs *Euschistus heros* and *Piezodorus guildinii* in soybeans. **Pest Management Science** (10):1837-43, 2016.

VENTURA, M. U., PANIZZI, A. R. Responses of *Neomegalotomus parvus* (Hemiptera: Alydidae) to color and male-lured traps. **Brazilian Archives of Biology and Technology**[online]., 47(4): 531-535, 2004.

ZHANG, C.; KOVACS, J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. **Precision Agriculture**, 13(6): 693-712, 2012. Disponível em: < <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11119-012-9274-5> >.

ANEXOS

Macro no ImageJ para extração de metadados (arquivo EXIF) das imagens:

```
dir = getDirectory("Choose a Directory ");
list = getFileList(dir);
for (i=0; i<list.length; i++) {
path = dir+list[i];
if (indexOf(path, '.jpg')<0 && indexOf(path, '.JPG')<0)
print("Not JPEG: "+path);
else {
run("Exif Data...", "open=["+path+"]");
selectWindow("EXIF Metadata for "+list[i]);
saveAs("Text", path);
run("Close");
}
}
```