



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

JULIANNA RUEDIGER

**SELEÇÃO DE ESPECTROS ELETROMAGNÉTICOS
ATRATIVOS PARA *DALBULUS MAIDIS* (DELONG &
WOLCOTT, 1923)**

Londrina
2022

JULIANNA RUEDIGER

**SELEÇÃO DE ESPECTROS ELETROMAGNÉTICOS
ATRATIVOS PARA *DALBULUS MAIDIS* (DELONG &
WOLCOTT, 1923)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Entomologia.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Ursi Ventura
Coorientador: Dr. Humberto Godoy Androcioli

Londrina
2022

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

R861 Ruediger, Julianna.
SELEÇÃO DE ESPECTROS ELETROMAGNÉTICOS ATRATIVOS PARA
Dalbulus maidis (DeLong & Wolcott, 1923) / Julianna Ruediger. - Londrina,
2022.
41 f.

Orientador: Mauricio Ursi Ventura.
Coorientador: Humberto Godoy Androcioni.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina,
Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2022.
Inclui bibliografia.

1. Cigarrinha-do-milho - Tese. 2. Comprimento de onda - Tese. 3. Atratividade
luminosa - Tese. 4. Fototaxia - Tese. I. Ursi Ventura, Mauricio. II. Godoy Androcioni,
Humberto. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 63

JULIANNA RUEDIGER

**SELEÇÃO DE ESPECTROS ELETROMAGNÉTICOS
ATRATIVOS PARA *DALBULUS MAIDIS* (DELONG &
WOLCOTT, 1923)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Entomologia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientador: Dr. Maurício Ursi Ventura
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Adriano Thibes Hoshino
Universidade Filadélfia de Londrina - UniFil
Instituto de desenvolvimento Rural do Paraná –
IDR-PR

Profa. Dra. Aline Pomari Fernandes
Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS

Londrina, 24 de fevereiro de 2022.

*Em memória a minha querida mãe Analina Cristina Scoczynski
Ruediger que fez do céu a sua morada.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Á Deus por ser inexplicável.

Á minha família pelo apoio e amor especialmente meu pai Marcos e meu grande irmão Arthur;

Á minha amiga e parceira Bruna Baixo por dividir todos os momentos comigo;

Ao meu orientador Prof. Mauricio por ser incrível e a toda equipe da UEL;

Ao meu coorientador Humberto pela confiança e a toda equipe IAPAR/IDR-PR por toda ajuda.

RUEDIGER, Julianna. **Seleção de Espectros Eletromagnéticos Atrativos para *Dalbulus maidis* (Delong & Wolcott, 1923)**. 2022. 40 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

RESUMO

O milho é atacado por diversas pragas que causam danos a produção. A cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) é uma praga da cultura que causa injúria direta e indireta pela transmissão de Mollicutes e o vírus do rayado fino, que podem causar perda de 100% da produção. O uso de inseticidas nem sempre é eficiente, levando, dessa forma, ao aumento de custos de produção, desequilíbrio ambiental e seleção de populações resistentes. A utilização de outras formas de controle como o uso de armadilhas luminosas é uma estratégia com baixo custo e eficiente em conjunto com outras práticas de manejo. O objetivo desse trabalho foi determinar quais espectros luminosos específicos tem potencial para atrair *D.maidis*, uma vez que podem existir espectros mais efetivos na atração do inseto em relação aos disponíveis no mercado. O estudo foi conduzido de Junho a Novembro de 2021 em instalações do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná) no município de Londrina-PR, em câmaras com condições controladas de temperatura. As cigarrinhas utilizadas neste estudo foram obtidas da criação mantida no IDR-Paraná. Os ensaios foram conduzidos em três etapas; I) Determinação de um padrão entre quatro lâmpadas: UV (365 nm), luzes brancas (3000K e 6000K) e de “full espectro” (400-840nm) II) *Screening* de 19 espectros luminosos com o padrão estabelecido e III) A partir de quatro lâmpadas mais atrativas, realizados testes de atração em comparação ao sexo. Foram realizadas avaliações de insetos atraídos por cada lâmpada, sendo no teste de *Screening* comparado a lâmpada padrão selecionada com cada uma das lâmpadas dos 19 espectros luminoso, totalizando seis repetições por espectro com 10 avaliações em cada repetição. Cada avaliação foi liberada 10 indivíduos de *D. maidis*. As estruturas utilizadas foram canos PVC com 95 cm de diâmetro externo e 50 cm de comprimento, em uma altura de 1,20 m encapadas com pano TNT preto. O delineamento utilizado foi em bloco ao acaso e foi realizado testes não-paramétrico de Wilcoxon para o padrão, abordagem do modelo linear generalizado com testes de contraste para o *Screening* com a mesma abordagem para os testes de macho/fêmea utilizando a família quasipoisson. A luz UV 365 nm foi estabelecida como padrão atraindo mais cigarrinhas que as demais. Nos resultados de *Screening* os espectros no comprimento da luz violeta e azul (410-430 nm) foram os mais atrativos para a praga, espectros no infravermelho e vermelho possuem baixa atratividade e os demais espectros possuem captura variada. Apenas o espectro 420-430 nm teve diferença, capturando mais machos.

Palavras-chave: cigarrinha-do-milho; comprimento de onda; atratividade luminosa; fototaxia.

RUEDIGER, Julianna. **Electromagnetic Spectrum Selection Attractive to *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923)**. 2022. 40 p. Dissertation (Master in Agronomy) – Universidade de Londrina, Londrina, 2022.

ABSTRACT

Maize is attacked by several pests that damage production. The corn leafhopper (*Dalbulus maidis*) is a crop pest causes direct and indirect damage through the transmission of Mollicutes and the rayado fino virus, which can cause 100% loss production. Use insecticides is not always efficient, thus leading to increased production costs, environmental imbalance and selection resistant populations. The use of other forms of control such as the use of light traps is a low-cost and efficient strategy in conjunction with other management practices. The objective of this work was to determine which specific light spectra have the potential to attract *D.maidis*, since there may be more effective spectra in attracting the insect in relation to those available on the market. This study was conducted from June to November 2021 in facilities of the Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná) in the municipality of Londrina-PR, in chambers with controlled temperature conditions. The corn leafhoppers used were obtained from the breeding kept in the IDR-Paraná. The tests were carried out in three stages; I) Determination of a pattern among four lamps: UV (365 nm), white lights (3000K and 6000K) and “full spectrum” (400-840nm) II) Screening of 19 light spectra with the established pattern and III) From of four more attractive lamps, tests of attraction were carried out in comparison to sex. Evaluations of insects attracted by each lamp were carried out, being in the Screening test compared the standard lamp selected with each of the lamps of the 19 light spectrums, totaling six repetitions per spectrum with 10 evaluations in each repetition. Each assessment was released 10 *D. maidis* individuals. The structures used were PVC pipes with 95 cm of external diameter and 50 cm of length, at a height of 1.20 m covered with black TNT cloth. The design used was a randomized block and non-parametric Wilcoxon tests were performed for the pattern, generalized linear model approach with contrast tests for Screening with the same approach for the male/female tests using the quasipoisson family. Light UV 365 nm was established as a standard attracting more leafhoppers than the others. In the Screening results, violet and blue light spectra (410-430 nm) were the most attractive to the pest, infrared and red spectra have low attractiveness and the other spectra have varied capture. Only the 420-430 nm spectrum had a difference, capturing more males

Key words: corn leafhopper; wave length; luminous attractiveness; phototaxis.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Espectros utilizados e suas respectivas cores emitidas de acordo com o comprimento de onda. Julho-Novembro/2021, IDR Paraná, Londrina-PR20
- Figura 2** - Estrutura utilizada para atrair as cigarrinhas, com espectros eletromagnéticos específicos. A luz mostrada na imagem é emitida pelo LED “full espectro” (400-840nm). Em A Estrutura de frente, B LED ligado e C duas estruturas na câmara. Julho-Novembro/2021, IDR Paraná, Londrina-PR 21
- Figura 3** - Croqui da câmara utilizada nos testes para a seleção dos espectros eletromagnéticos específicos mais atrativos à *D. maidis*. Câmara com 2,90 m de comprimento e 2,62 cm de largura, distância de 80 cm entre estruturas PVC e 1,80 m entre a estrutura e o vaso. Entre vasos com planta de milho 80 cm de distância. Julho-Setembro/2021, IDR Paraná, Londrina-PR 22
- Figura 4** - Vista ventral e posterior do abdômen de *D. maidis* macho (A) e fêmea (B). Sendo possível observar nas fêmeas a presença de ovipositor e diferença de tamanho entre os sexos. Julho-Setembro/2021, IDR Paraná, Londrina-PR 24
- Figura 5** - Médias de captura de insetos por repetição de espectros em teste para determinação de padrão. Julho-Novembro/2021, Londrina-PR 25
- Figura 6** - Avaliação da determinação do espectro padrão., comparando-se duas lâmpadas diferentes de cada vez. Janeiro/2022, UEL, Londrina-PR 26
- Figura 7** - Médias de captura de número de insetos por repetição, em *Screening* de espectros variados abrangendo do 365 ao 850 nm. Julho-Novembro/2021, Londrina-PR 27
- Figura 8** - Proporções médias de capturas de cigarrinhas em *Screening*, realizando teste GML por contraste em programa estatístico R. Janeiro/2022, UEL, Londrina-PR..... 28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Adultos de <i>D. maidis</i> machos e fêmeas atraídos por quatro espectros luminosos mais atrativos	29
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	ALGUNS ASPECTOS DA CULTURA DO MILHO	12
2.2	CIGARRINHA-DO-MILHO	13
2.3	IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO DE PRAGAS	14
2.3.1	Armadilhas Luminosas	15
2.4	ATRAÇÃO DO INSETO POR LUMINOSIDADE	16
2.5	PATÓGENOS ASSOCIADOS A CIGARRINHA-DO-MILHO	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	CRIAÇÃO DA CIGARRINHA-DO-MILHO	19
3.2	SCREENING DE ESPECTROS ELETROMAGNÉTICOS EM CÂMARA CLIMATIZADA	19
3.3	DETERMINAÇÃO DO ESPECTRO LUMINOSO PADRÃO	22
3.4	DETERMINAÇÃO DO ESPECTRO LUMINOSO MAIS ATRATIVO	23
3.5	DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO SEXO NA ATRATIVIDADE AO ESPECTRO LUMINOSO	23
3.6	DELINEAMENTO E TESTES ESTATÍSTICOS	24
4	RESULTADOS	25
5	DISCUSSÃO	30
6	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de milho (*Zea mays L.*). O estado do Paraná é o segundo maior produtor do país, com duas safras ao ano. A estimativa de produção nas safras 2021/22 é de mais de 18 milhões de toneladas segundo dados do SEAB (2022). A cultura é produzida por todo o território nacional em pequenas e grandes propriedades e em diferentes tipos de cultivo. O grão também faz parte das rações animais, além de ser uma das maiores *commodities* junto com a soja, arroz e trigo.

A cultura do milho durante o seu desenvolvimento pode sofrer ataques de insetos pragas causando injúrias diretas e indiretas ao produto final. Estes insetos pragas podem atacar várias partes da planta em diferentes épocas do seu crescimento. Dentre as pragas de parte aérea, destaca-se a cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cicadellidae) que causa injúria direta pelo excesso de sucção da seiva, e danos indiretos pela transmissão dos patógenos Marafivirus e Mollicutes, responsáveis por ocasionar doenças viróticas e enfezamentos no milho que podem causar a perda de 100% da produção.

Os enfezamentos no milho levam a perdas severas em todas as regiões produtoras. O inseto transmite a doença de forma sistêmica leva a redução de desenvolvimento e crescimento da planta, resultando em espigas mal formadas ou improdutivas, além de ser uma porta de entrada para outros patógenos como os fungos. Após a infecção da doença não há formas de controle e os inseticidas químicos apesar de serem os mais utilizados atualmente no tratamento de sementes ou pulverizações, não estão alcançando a eficiência desejada para o controle da praga além do curto efeito residual. O manejo das pragas envolve várias estratégias como os métodos culturais, controle biológico e monitoramento para melhor eficiência no uso de inseticidas, seguindo as recomendações do Manejo Integrado de Pragas (MIP).

O monitoramento das cigarrinhas do milho é realizado pela constatação do inseto na lavoura ou sintomas das doenças associadas aos patógenos que elas transmitem. Este pode ser realizado por observação direta sobre as plantas ou com o uso de armadilhas com diferentes atrativos colorimétricos, alimentares ou luminosos.

A utilização de luz na atração de insetos, auxilia no monitoramento, o que possibilita verificar a presença e população da praga na lavoura no início da infestação, o que otimiza o uso dos métodos de controle sendo mais eficazes quando aplicados no momento e dosagem correta.

O comprimento de onda mais atrativo varia conforme a espécie de inseto e esse deve ser estudado visando o sucesso na sua atração e captura em armadilhas luminosas. O uso de lâmpadas LED's em armadilhas luminosas é uma alternativa com baixo custo e acessível. O uso de lâmpadas com faixas específicas de comprimentos de ondas no espectro UV e infravermelho poderia maximizar a atratividade para que ocorra as capturas podendo exercer maior atratividade a cigarrinha do milho, os trabalhos específicos para esse inseto ainda são escassos na literatura e há necessidade do estudo específico para a espécie.

O objetivo desse trabalho foi determinar quais espectros eletromagnéticos específicos são mais atrativos aos adultos de *D. maidis*, para que possam ser utilizados no monitoramento desta cigarrinha.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ALGUNS ASPECTOS DA CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie anual da família Poaceae, pertencente ao grupo de plantas com metabolismo C4, com grande adaptação a diversos ambientes. O seu ciclo de desenvolvimento é dividido em vegetativo e reprodutivo, cada um desses subdivididos em três subperíodos. O período vegetativo se subdivide em: I) semeadura-emergência, II) emergência-diferenciação dos primórdios florais e III) diferenciação dos primórdios florais-florescimento. E o reprodutivo se subdivide em: I) florescimento-polinização, II) polinização-maturação fisiológica e III) maturação fisiológica-maturação de colheita (EICHOLZ, *et al.*, 2020).

Existem vários modelos de descrição dos estádios da planta e um deles é a escada de Ritchie *et al.* (1993), entretanto, as plantas de uma área não estarão no mesmo estágio ao mesmo tempo (EICHOLZ, *et al.*, 2020). O sistema de identificação de fases de crescimento da planta se divide em vegetativo (VE) de V1 até Vn, última folha emitida antes do pendoamento Vt e reprodutivo (R) de R1 até R6 atingindo a maturação fisiológica (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

Esse grão é cultivado em todo o território do Brasil, em mais de dois milhões de propriedades. A produção ocorre em diferentes épocas nas diferentes condições climáticas. O cultivo de verão, chamado de primeira safra, é conduzido durante o período de primavera/verão. Entretanto, para o cultivo realizado após a colheita da soja com semeadura no verão/outono é denominado como milho safrinha ou milho de segunda safra além do milho terceira safra, cultivado na região Nordeste (CONTINI, *et al.*, 2019).

Considerado uma cultura estratégica dentro dos alicerces da produção nacional, compõe diferentes sistemas de cultivo, como consórcio com gramíneas forrageiras, após a colheita da soja e dentro do sistema de rotações de cultivo no sistema de plantio direto. Além disso, pode ser utilizado em diferentes formas na exportação como produtos para silagem, utilização dos grãos na indústria e produção de etanol (CONTINI, *et al.*, 2019).

O milho é o principal componente das rações destinado à alimentação animal, com destaque nas cadeias produtivas de bovinos de corte e de leite, suínos e aves, além disso, nos últimos anos tem uma alta contribuição na exportação para

inúmeros países do mundo, portanto qualquer fator que coloque em risco a viabilidade desse grão resulta em grandes prejuízos econômicos para o país (COTA, *et al.*, 2020).

Na região Sul do Brasil o milho é cultivado em épocas com climas propícios ao desenvolvimento de patógenos e insetos pragas. Inúmeras espécies de artrópodes podem atacar a planta, causando danos econômicos. As pragas atacam nas fases vegetativas, reprodutivas e na pós-colheita, onde cuidados devem ser tomados com pragas de grãos armazenados que podem causar injúrias ao produto estocado (EICHOLZ, *et al.*, 2020).

2.2 CIGARRINHA-DO-MILHO

A cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis*, alimenta-se na fase adulta preferencialmente no cartucho da planta. Nessa fase os insetos medem cerca de 4 mm de comprimento e 1 mm de largura, a coloração predominante é cor palha, possui duas manchas escuras na cabeça com o dobro do diâmetro dos ocelos. A presença de duas fileiras de espinhos nas tíbias posteriores é característica chave para a identificação a nível de família ao qual o inseto pertence (WAQUIL, 2004).

As posturas são endofíticas, os ovos são translúcidos e alongados, tornando-se leitosos após 7-10 dias, cada fêmea deposita em torno de 14 ovos/dia podendo ovipositar até 611 ovos durante 45 dias de vida em condições favoráveis de temperatura entre 26 e 32 °C, uma vez que são muito sensíveis a temperatura. As ninfas eclodem após nove dias e levam 15 dias até chegarem à fase adulta, só se movem quando são incomodadas e passam por cinco mudas, possuem manchas escuras no abdome, olhos negros e coloração palha (WAQUIL, 2004). O ciclo de ovo a adulto pode levar em torno de 30 dias e os adultos podem viver até dois meses (MOREIRA; ARAGÃO, 2009).

O inseto pousa nas plantas principalmente nos estádios de V3 e V4, migrando de outras plantações. O milho tiguera garante a sobrevivência do inseto, entretanto nem todos os insetos são portadores dos patógenos (SABATO, 2018). Os hospedeiros são plantas de milho, sorgo, capim-guatemala e capim-dente-de-burro (teosinto). No milho a praga infesta preferencialmente o cartucho da planta e os maiores níveis populacionais acontecem geralmente nas lavouras de milho safrinha (WORDELL FILHO, *et al.*, 2016).

2.3 IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO DE PRAGAS

Métodos alternativos de controle de pragas menos danosos a entomofauna torna indispensável à utilização de estratégias baseadas no Manejo Integrado de Pragas (MIP). Nesse sistema devem-se levar em consideração as práticas de identificação das pragas-chaves, estabelecimento de nível de controle, integração de vários métodos de controle, aplicação de agrotóxicos apenas quando necessário, uso de produtos registrados pelo MAPA, observando sua forma de aplicação e o monitoramento de pragas e seus inimigos naturais com amostragens frequentes (BECKER, *et al.*, 2016).

A prática de monitoramento permite acompanhar o aumento e diminuição das populações no cultivo, épocas de ocorrências e possíveis picos de população, tornando a tomada de decisão sobre a época mais adequada para realização do controle (BECKER, *et al.*, 2016). Na cultura do milho o monitoramento deve ser feito para todos os insetos durante todas as fases de desenvolvimento, desde insetos que atacam as primeiras fases até a espiga (VALICENTE, 2015).

Dentro do MIP, uma das formas de monitoramento é a amostragem sistemática, com a utilização de armadilhas ou contagem direta do número de insetos nas plantas estimando o nível de infestação da praga. O ideal no monitoramento de pragas do milho é avaliar a quantidade de insetos em seis pontos (áreas de 1-9 ha), oito pontos (10-28 ha), 10 pontos (30-99 ha) e acima de 100 ha realizar a divisão em talhões (100 ha) caminhando em zigue-zague assim o monitoramento será realizado nesses pontos para amostragem (SENAR, 2018).

Os preceitos do MIP na cultura do milho devem ser seguidos no intermédio do manejo de pragas levando em consideração os custos, benefícios, impactos sociais e ambientais. O MIP não recomenda erradicação da praga no campo, mas que esta esteja em equilíbrio não causando danos econômicos. A técnica ainda recomenda que as populações das pragas sejam monitoradas por amostragens e as medidas de controle sejam tomadas evitando que o inseto atinja o nível de dano, portanto a identificação das espécies-pragas é de grande importância (WORDELL FILHO, *et al.*, 2016).

A amostragem para a cigarrinha-do-milho pode ser realizada através da verificação de insetos no cartucho do milho. O nível de controle dessa praga ainda não foi estabelecido, portando o histórico de incidência da doença transmitida é

importante indicando a necessidade de aplicação do método de controle (WORDELL FILHO, *et al.*, 2016).

2.3.1 Armadilhas Luminosas

A captura de insetos por meio da luminosidade, em particular a luz ultravioleta, explora a atração de insetos voadores noturnos pela luz (GULLAN; CRANSTON, 2017). A utilização de armadilhas luminosas no controle de insetos praga é uma alternativa viável que, reduz custos de produção e a diminuição de populações de insetos que causam danos econômicos. Uma armadilha luminosa pode utilizar um ou vários espectros de luz para atrair os insetos e possibilitam estudos de flutuação populacional e distribuição de pragas. O modelo mais utilizado é a armadilha “Luiz de Queiroz” desenvolvida por Silveira Neto e Silveira (1969), sendo ao longo do tempo estudada, comparada e modificada, apresentando um satisfatório desempenho na captura de insetos (OLIVEIRA, *et al.*, 2008).

O uso do controle químico com inseticidas em muitos países é o método primário de controle (LEE; LEE, 2016). Contudo o uso repetitivo pode aumentar a resistência da praga ao produto, além de ter efeitos negativos ao meio ambiente e a insetos benéficos (LEE; LEE, 2015). Sendo assim, há o desenvolvimento de medidas ecológicas como o uso de armadilhas luminosas, inseticidas naturais e armadilhas alimentares (LEE; LEE, 2016, YUN; KIM; KOH, 2016).

Armadilhas com o uso de LED pode ser uma alternativa e estão sendo usados para o monitoramento e captura massal de pragas (BISHOP; WORRALL; MCKENZIE; BARCHI, 2004, NAKAMOTO; KUBA, 2004). O comportamento do inseto na atração ou repulsão a uma fonte de luz pode ser usado na agricultura, em estufas, florestas e celeiros (KIM; LEE, 2014, PARK, LEE, LEE; 2014).

Em testes a campo realizados em 2014/15 com armadilhas de diferentes espectros luminosos, Pan *et al.* (2021) observaram captura de insetos pragas pertencentes às ordens Lepidoptera, Hemiptera e Coleoptera, bem como a captura de inimigos naturais pertencentes a Coleoptera, Neuroptera, Diptera e Hymenoptera.

2.4 ATRAÇÃO DO INSETO POR LUMINOSIDADE

A maioria dos insetos apresentam dois tipos de órgãos fotorreceptores, ocelos e olhos compostos. Nos olhos compostos há uma grande quantidade de unidades que são sensíveis à luz, conhecidas como omatídios. Cada unidade de omatídio contém células fotorreceptoras de feixe alongado com sensibilidades a espectros luminosos específicos. As sensibilidades de espectro dos fotorreceptores determinam o comprimento de onda da luz visível para os insetos, se expandindo na região ultravioleta (UV) (SHIMODA; HONDA, 2013). Os olhos compostos são os órgãos visuais mais evidentes, porém, o inseto possui outros três órgãos que tem percepção a luz: derme, estemas e os ocelos. (GULLAN; CRANSTON, 2017).

O sistema visual superior da maioria dos insetos possui cinco funções; discriminação da intensidade, detecção de movimento, visão em cores, detecção de luz polarizada e reconhecimento de padrões (YAMAGUCHI; HEISENBERG, 2011). Algumas espécies de insetos podem ser atraídas ou repelidas por uma fonte de luz e algumas apresentam uma resposta direcional a fontes emissoras de luz com alta ou baixa intensidade (TURLINGS; DAVISON; TAMO, 2004). O uso de fontes artificiais de luz no MIP vem aumentando globalmente (GARSTANG, 2004).

A atração em relação à luz artificial é influenciada também pelo ambiente, intensidade da luz, tempo de exposição, clima e condições fisiológicas como acasalamento, sexo do inseto, idade e adaptação ao escuro (KIM, *et al.*, 2018).

A maioria dos insetos pragas apresentam fototaxia positiva na faixa do UV (280-400nm) e na faixa visual (400-700 nm) (KIM; HUANG; LEI, 2019). No geral a atração varia de acordo com a luz específica e a família do inseto, os hemípteros tem preferência para espectros de comprimento de onda azul e verde (WERNET; PERRY; DESPLAN, 2015).

De modo geral, a luz afeta os insetos de duas maneiras, quando o inseto se movimenta em direção a uma fonte de luz (fototaxia positiva), ou quando se movimenta em direção oposta a fonte de luz (fototaxia negativa) (JANDER, 1963). A utilização de comprimentos e intensidades de luz que repelem insetos pode ser usada para impedir entrada de pragas em cultivos (SHIMODA; HONDA, 2013).

A resposta do inseto em relação à luz está relacionada com sua adaptação em relação a luz, fotoperiodismo e toxicidade luminosa (VAN GRUNSVEN, *et al.*, 2014). O fotoperiodismo (proporção claro/escuro) também pode

afetar o desenvolvimento do inseto, interferindo no seu ciclo biológico. (SAUNDERS, 2013). A hipótese de orientação é que os insetos entendem a luz natural como coordenadas de voo e movimento. Os olhos sempre associam a luz em certo ângulo para manter o voo e podem confundir as luzes naturais com luzes artificiais, e quando muito próximas, eles são incapazes de manter uma relação reta em direção à luz, correndo o risco de ficar voando em círculo em volta dessa fonte luminosa (BAKER; SADOVY, 1978).

Os insetos se aproximam da área brilhante, entorno de uma fonte de luz e vão nessa direção uma vez que, são incapazes de se adaptar prontamente ao ambiente claro (ROBINSON, 1952). Alguns estudos sugerem que esse comportamento ocorre porque os olhos compostos adaptados abaixo níveis de luz são estimulados pela fonte luminosa forte (ROBINSON, 1952).

Sharma *et al.* (2013) avaliando diferentes culturas entre leguminosas, cereais, oleaginosas e outras, observaram dentro das ordens de insetos capturadas, 14 espécies Hemipteras, incluindo *Nephotettix sp* (Hemiptera: Cicadellidae). Em estudo avaliando o comportamento da cigarrinha *Empoasca onukii* (Hemiptera: Cicadellidae) em relação a luz, Shi *et al.* (2017), observaram que tanto fotoperíodo quanto comprimento de onda luminosa tiveram efeitos significativos na locomoção, comportamento de limpeza e busca nos adultos desse inseto.

2.5 PATÓGENOS ASSOCIADOS A CIGARRINHA-DO-MILHO

A cigarrinha-do-milho é um inseto vetor dos seguintes Mollicutes: Espiroplasma (*Spiroplasma kunkelli*) e fitoplasma (*Maize bushy stunt phytoplasma - MBSP*) agentes causais do enfezamento pálido e enfezamento vermelho, respectivamente. Essas doenças resultam da infecção dos tecidos do floema da planta que pode estar infectada com um ou os dois patógenos. Os enfezamentos podem causar redução na produção da planta superior a 70% (SABATO, 2018).

Os enfezamentos se destacam como as doenças mais preocupantes do milho nas últimas safras causando perdas severas por todo o território nacional (SILVA, *et al.*, 2017). Plantas infectadas com essas doenças apresentam redução no crescimento e desenvolvimento, (encurtamento de entrenós), malformação de espigas, espigas improdutivas, enfraquecimento e favorecimento de outras doenças como as causadas por fungos que podem causar o tombamento das plantas (COTA,

et al., 2020).

Características de plantas infectadas com o enfezamento vermelho são plantas amareladas ou avermelhadas nas folhas podendo apresentar os dois sintomas geralmente iniciando pela borda, perfilhamento e proliferação de espigas por planta. O enfezamento pálido é caracterizado por estrias cloróticas, com bordas delimitadas que se iniciam na base das folhas, altura reduzida de plantas (encurtamento de entrenós), brotos nas axilas e coloração avermelhada nas folhas além de apresentarem enfraquecimento de colmos e proliferação de espigas (SHURTLEFF, 1986).

Ao entrar no corpo do inseto, os fitopatógenos circulam e multiplicam-se por órgãos e tecidos do intestino médio, túbulos de Malpighi, tecidos musculares e adiposo, glândulas salivares, traqueia e órgãos reprodutivos e podem permanecer estabelecidos até a morte do inseto (AMMAR; HOGENHOUT, 2005; ÖZBEK, *et al.*, 2003).

Depois do estabelecimento dos fitopatógenos nas glândulas salivares, levando em média 20 dias segundo Nault (1980), são juntos com a saliva transportados para a planta por meio da alimentação do floema ocorrendo a inoculação nos primeiros 60 minutos de nutrição do inseto (ALIVIZATOS; MARKHAM, 1986; NAULT, 1997; BOVÉ, *et al.*, 2003).

Além dos Mollicutes a cigarrinha também transmite o *Maize rayado fino vírus* (MRFV) conhecido como virose da risca que pode acontecer simultaneamente com os enfezamentos na mesma planta (SABATO, 2018). O vírus da risca, é causado por marafivírus, suas partículas podem ser observadas em glândulas salivares, tubo digestivo e corpo gorduroso da cigarrinha. Os sintomas da doença aparecem após 7-10 dias da infecção, na forma de pequenos pontos cloróticos alinhados, que ao expandirem coalescem e forma-se uma risca fina. A infecção precoce pode reduzir o crescimento e causar aborto das gemas florais (WAQUIL, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no laboratório de entomologia do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná), na cidade de Londrina-PR, em câmaras de criação de inseto com condições de temperatura e luz controladas (descritas adiante).

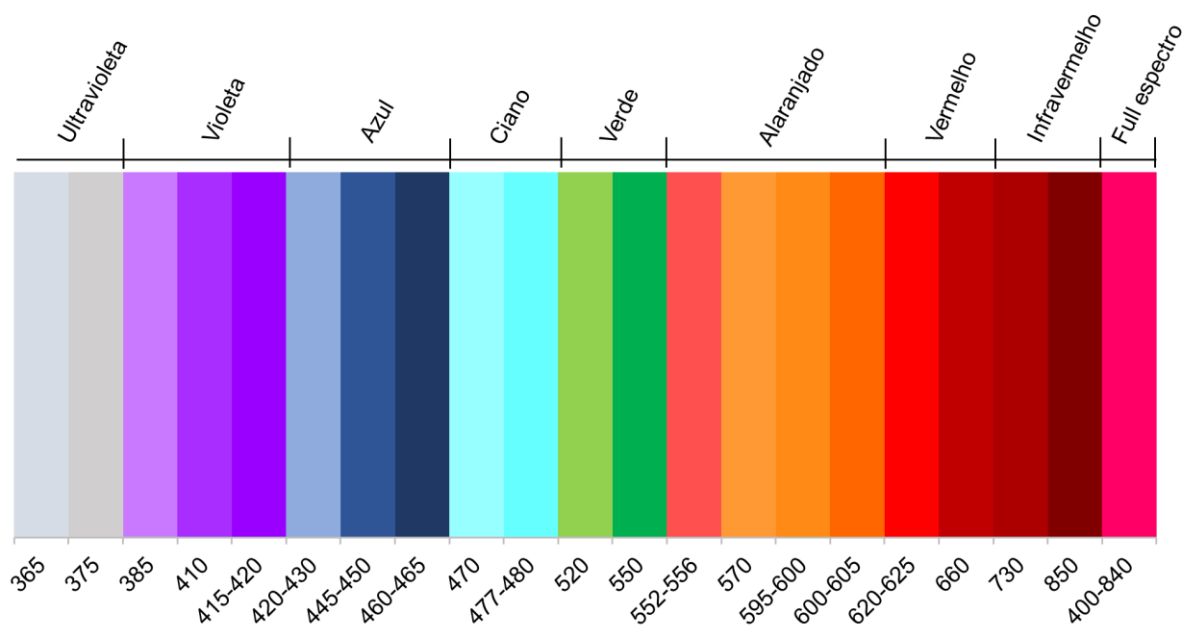
3.1 CRIAÇÃO DA CIGARRINHA-DO-MILHO

Os indivíduos adultos de *D. maidis* utilizados, foram obtidos da criação estoque mantida no laboratório de entomologia e em casa de vegetação do IDR-Paraná exclusivas para criação da cigarrinha. Para o estabelecimento da criação, insetos adultos foram coletados em lavouras comerciais da região Norte Central Paranaense. Os insetos foram mantidos em plantas de milho em diferentes estágios fenológicos, cultivadas em vasos de 4, 5, 8 e 10 litros, com 5 plantas por vaso, as cultivares de milho utilizadas foram IPR 164 e IPR 127. Eram semeados 100 vasos de plantas semanalmente em composto de substrato Carolina Soil® (30 kg), 100 kg de areia, cama de frango (20 kg), calcário (200 g) e fertilizante osmocote® na formulação 15-09-12 de N-P₂O₅-K₂O (150 g) misturados em betoneira por 5 minutos.

3.2 SCREENING DE ESPECTROS ELETROMAGNÉTICOS EM CÂMARA CLIMATIZADA

Foram utilizadas 23 luminárias de LED's com 3W de potência que emitem os seguintes espectros luminosos: 365 nm, 375 nm, 385 nm, 410 nm, 415-420 nm, 420-430 nm, 445-450 nm, 460-465 nm, 470 nm, 477-480 nm, 520 nm, 550 nm, 552-556 nm, 570 nm, 595-600 nm, 600-605 nm, 620-625 nm, 660 nm, 730 nm, 850 nm, 400-840 nm ("full espectro"), "branco quente" (temperatura de cor 3.000-3.500 K) e "branco frio" (temperatura de cor 6.000-6.500 K) conforme ilustração das cores na Figura 1.

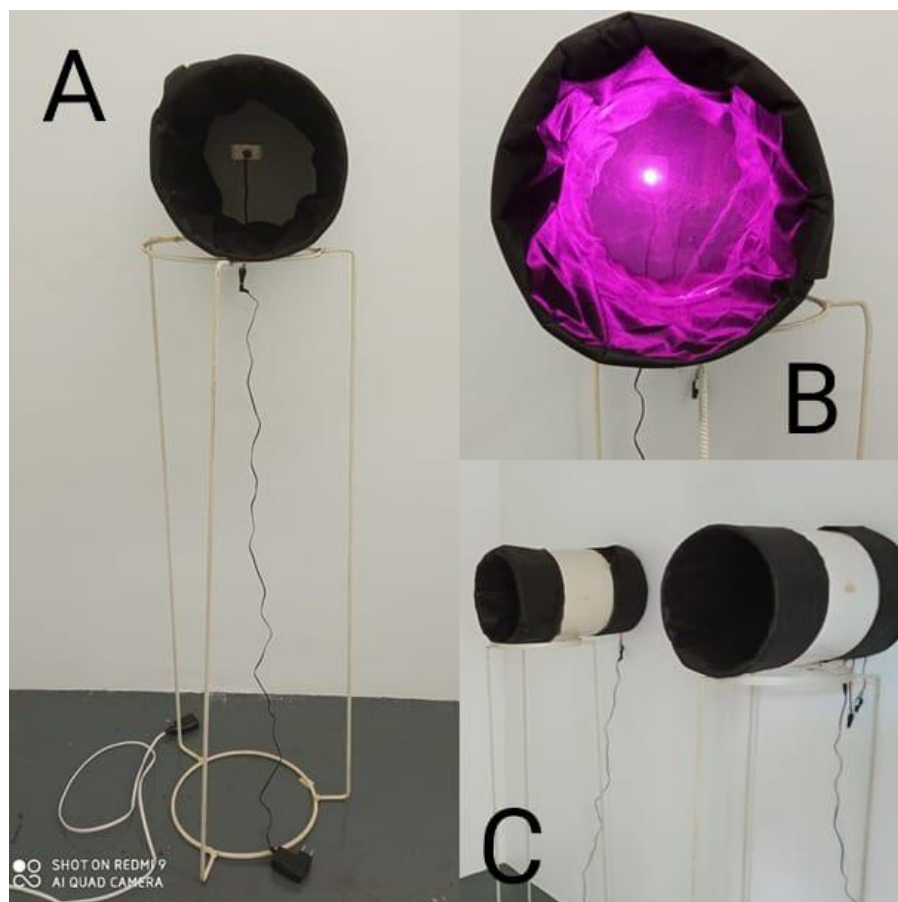
Figura 1. Espectros utilizados e suas respectivas cores emitidas de acordo com o comprimento de onda. Julho-Novembro/2021, IDR Paraná, Londrina-PR.



Fonte: Própria autora

As lâmpadas de LED's foram presas na parede da câmara climatizada com o auxílio de uma fita adesiva e à frente foi colocado um cilindro de PVC, com 95 cm de diâmetro externo e 50 cm de comprimento, revestido internamente com tecido de TNT preto, dispostos a 10 cm das lâmpadas de LED havia uma tela de *voil* fina e transparente, fixada na parede interna com o auxílio de um anel de acrílico, impedindo a passagem dos insetos até a fonte de luz e possibilitando sua contagem e posterior remoção. Os cilindros de PVC foram suspensos por um suporte ferro a 1,20 m de altura (Figura 2).

Figura 2. Estrutura utilizada para atrair as cigarrinhas, com espectros eletromagnéticos específicos. A luz mostrada na imagem é emitida pelo LED “full espectro” (400-840nm). Em (A) Estrutura de frente, (B) LED ligado e (C) duas estruturas na câmara. Julho-Novembro/2021, IDR Paraná, Londrina-PR.

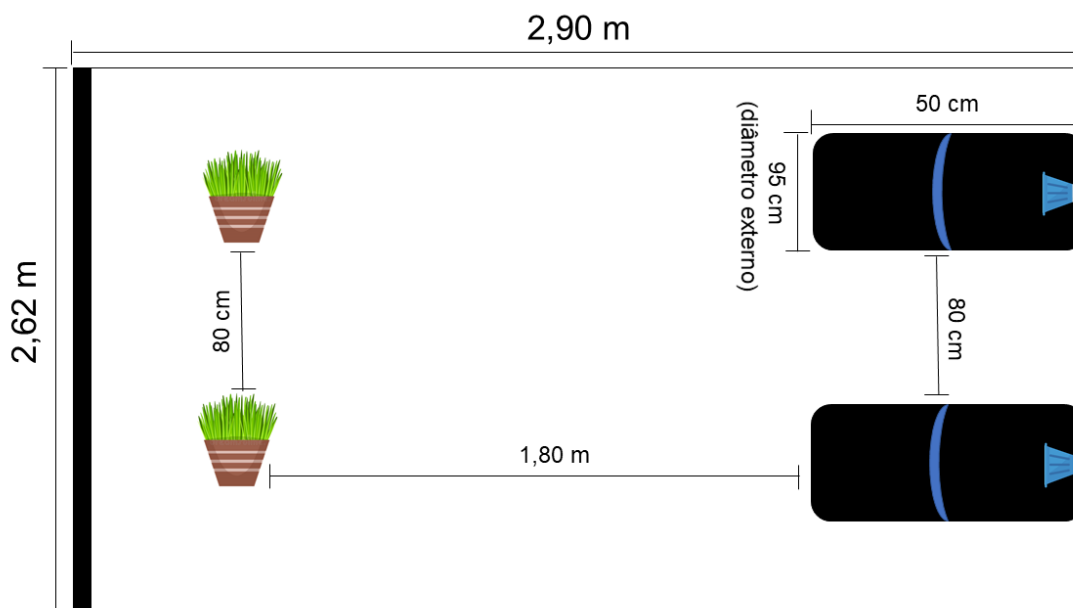


Fonte: Própria autora

Os testes de preferência de espectro luminoso com chance de escolha pelos adultos de *D. maidis*, foram realizados em câmara de criação de insetos, situada no laboratório de entomologia do IDR-Paraná. A câmara possuía 2,90 x 2,62 x 2,60 metros de comprimento, largura e altura, respectivamente. Durante os testes, as câmaras foram mantidas em pleno escuro com exceção das luzes emitidas pelos LED's e temperatura ambiente de 25 ± 1 °C. Os espectros luminosos foram comparados dois a dois, onde cada espectro luminoso foi comparado a um mesmo “espectro luminoso padrão”. Os LED's foram distanciados entre si em 80 cm entre a parte externa dos cilindros de PVC. Na parede oposta às lâmpadas foi instalado um pano TNT preto evitando interferência por reflexão de luz, foram dispostos dois vasos (1,5 L de volume) contendo milho das cultivares IPR 127 e IPR 164 em

estádio de V2/V3 sobre o chão da câmara a uma distância de 1,80 cm dos tubos de PVC e de 80 cm entre vasos conforme Figura 3.

Figura 3. Croqui da câmara utilizada nos testes para a seleção dos espectros eletromagnéticos específicos mais atrativos à *D. maidis*. Câmara com 2,90 m de comprimento e 2,62 m de largura, distância de 80 cm entre estruturas PVC e 1,80 m entre a estrutura e o vaso. Entre vasos com planta de milho 80 cm de distância. Julho-Setembro/2021, IDR Paraná, Londrina-PR.



Fonte: Própria autora

3.3 DETERMINAÇÃO DO ESPECTRO LUMINOSO PADRÃO

Na determinação do espectro luminoso padrão foi comparado aos pares a luz “branca fria” (6.000-6.500 K), “branca quente” (3.000-3.500 K), “full espectro” (400-840nm) e o ultravioleta (365nm), realizando todas as combinações possíveis. Para cada comparação entre dois espectros luminosos, foi realizada seis repetições. Em cada repetição foi liberado 10 cigarrinhas adultas dentro da câmara, após 30 minutos contabilizou-se os insetos presentes no interior de cada tubo de PVC, este procedimento foi repetido 10 vezes. Os adultos atraídos foram retirados e repostos com novos adultos da criação, mantendo sempre a população na câmara com 10 cigarrinhas. O espectro luminoso que mais atraiu os adultos para o interior do cilindro de PVC foi considerado o espectro luminoso padrão para ser comparado com os outros 19 LED's.

3.4 DETERMINAÇÃO DO ESPECTRO LUMINOSO MAIS ATRATIVO

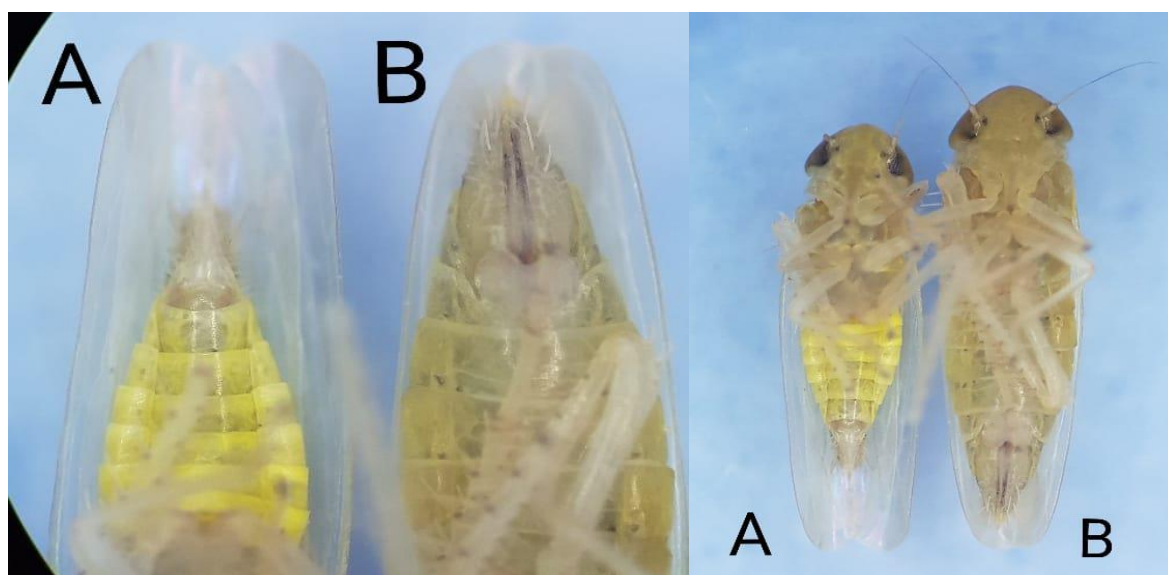
As avaliações de preferência da cigarrinha se iniciaram em Julho de 2021, comparando diariamente um espectro luminoso específico com o espectro padrão. As avaliações aconteceram no período da tarde e noite, totalizando 10 avaliações diárias com intervalo de 30 minutos cada, realizadas em duas câmaras climatizadas. O número de repetições e procedimentos adotados nas comparações foram os mesmos descritos para a seleção do espectro luminoso padrão. Nos estudos realizados não foi feita a razão sexual nos insetos liberados nos dois primeiros experimentos, nem controle de idade ou estado físico e sim feito de forma aleatória.

3.5 DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO SEXO NA ATRATIVIDADE AO ESPECTRO LUMINOSO

Para verificar se o sexo do inseto influencia sua atratividade ao espectro luminoso, foram selecionados quatro dos espectros mais atrativos nos *Screenings*: 365, 410, 415-420 e 420-430 nm. Nas câmaras de criação foi realizada liberação controlada de 10 fêmeas e 10 machos separados por câmara, sendo repostos sempre que atraídos. As avaliações seguiram o mesmo procedimento supracitado, com 10 avaliações por repetição, totalizando seis repetições para cada sexo em cada espectro luminoso testado. Foi utilizado apenas uma estrutura por câmara sendo exposto apenas a lâmpada selecionada ao inseto sem opção de escolha.

A sexagem dos insetos foi realizada por meio da observação da genitália, com auxílio de um Microscópio Estereoscópio Binocular com aumento de 8-50x, (Figura 4). Para facilitar a observação os insetos foram colocados individualmente em tubos de vidro de 5 cm de comprimento, tampados com papel filme e colocados na geladeira por aproximadamente cinco minutos possibilitando a identificação.

Figura 4. Vista ventral e posterior do abdômen de *D. maidis* macho (A) e fêmea (B). Sendo possível observar nas fêmeas a presença de ovipositor e diferença de tamanho entre os sexos. Julho-Setembro/2021, IDR Paraná, Londrina-PR.



Fonte: Própria autora

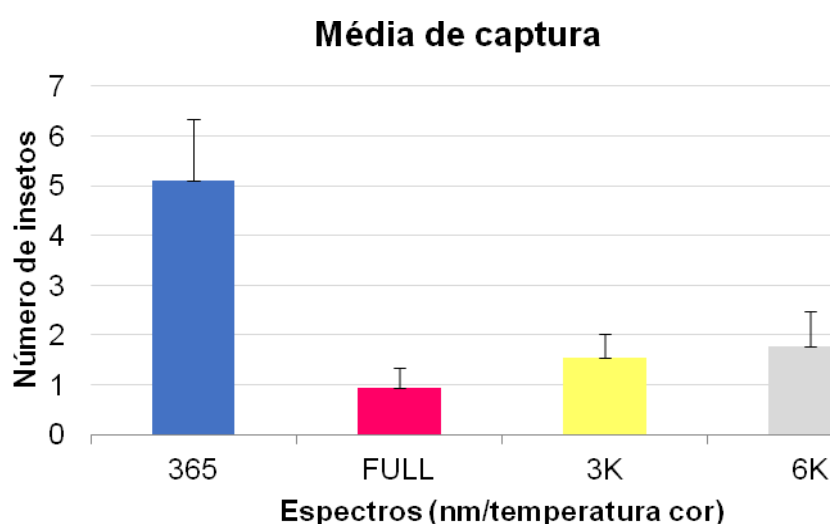
3.6 DELINEAMENTO E TESTES ESTATÍSTICOS

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso. Os dados para determinar o padrão foram submetidos ao teste não-paramétrico de Wilcoxon pareado com correção de continuidade a 5% de significância. Para a avaliação do *Screening* foi utilizado a abordagem do modelo linear generalizado considerando a família quasibinomial, sendo os efeitos testados pelo teste qui-quadrado usando a Anova do tipo III do pacote car (FOX; WEISBERG, 2019). Se significativo, as médias foram comparadas por meio de contrastes usando o pacote emmeans (LENTH, 2022) e multcomp (HOTHORN, 2022). O mesmo procedimento foi usado para análise de machos e fêmeas, contudo, nesses casos foi usado a família quasipoisson. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software R (R Core Team, 2021).

4 RESULTADOS

Na determinação do espectro luminoso padrão, verificou-se maior atração de adultos da cigarrinha para a luz UV 365 nm sendo, portanto, escolhido como espectro padrão para ser comparado com os outros comprimentos de onda. Para o espectro 365 observou-se média de 5,1 insetos por repetição; FULL, média de 0,9; espectro brancos de 3000-3.500 K, média de 1,5 insetos e 6.000-6.500 K com média de 1,7 insetos (Figura 5). O espectro padrão atraiu cigarrinhas em todas as avaliações, inclusive na comparação com espectros que não atraíram o inseto.

Figura 5. Médias de captura de insetos por repetição de espectros em teste para determinação de padrão. Julho-Novembro/2021, Londrina-PR.

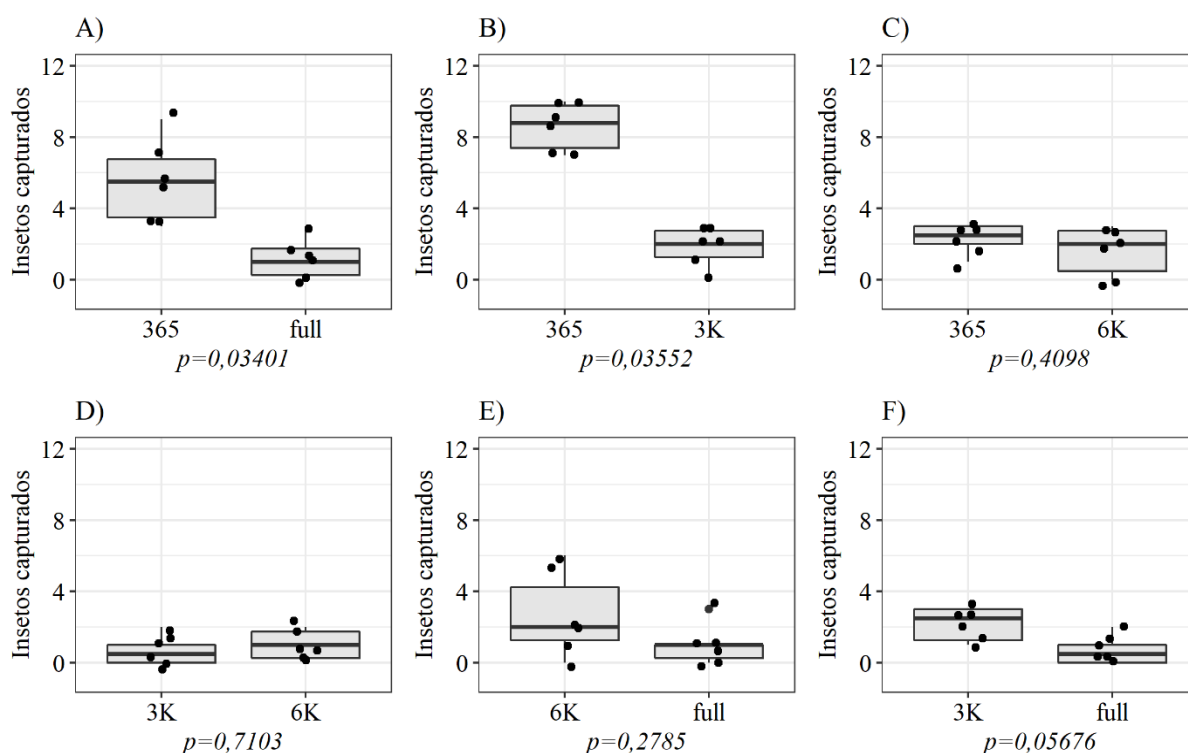


* Linhas sobre as barras representam erro padrão.

Fonte: Própria autora

Observou-se nos dados das avaliações pareadas, das lâmpadas testadas onde; C, D e E apresentam “*p* valor” elevado o que representa ausência de homogeneidades (Figura 6).

Figura 6. Avaliação da determinação do espectro padrão, comparando-se duas lâmpadas diferentes de cada vez. Janeiro/2022, UEL, Londrina-PR.

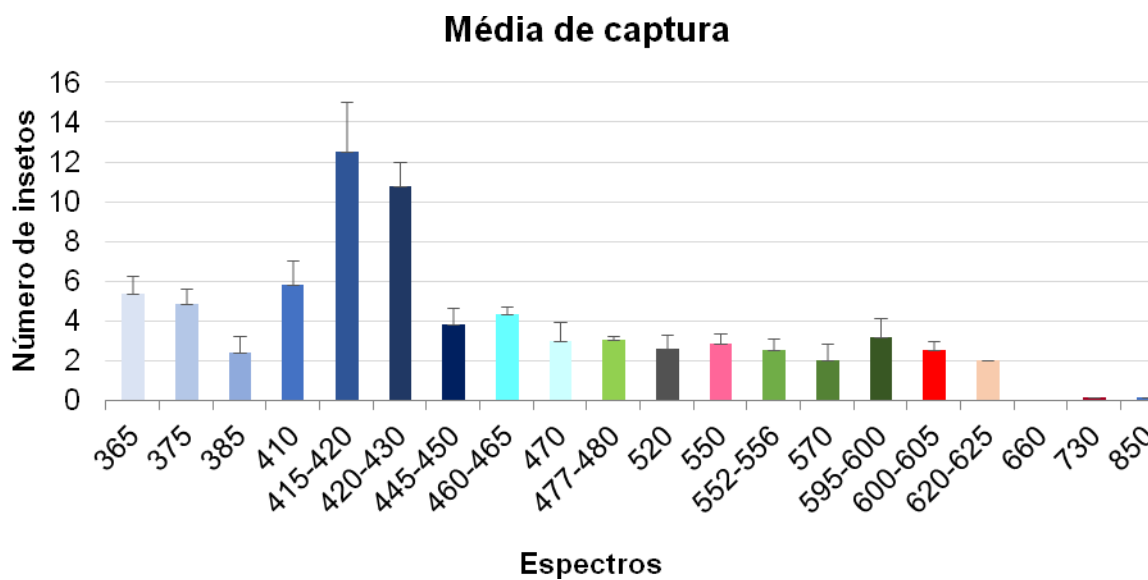


Fonte: Própria autora

Os resultados dos *Screenings* indicam que, de forma geral, as luzes no espectro do UV e azul, compreendendo os seguintes comprimentos de onda: 375, 410, 415-420 e 420-430 nm possuem maior atração de adultos da cigarrinha (4,8; 5,8; 12,5 e 10,7 insetos por repetição). Nos tratamentos com maior captura, também observou-se que os insetos ficavam mais ativos quando expostos à luz.

Nos outros espectros UV e azuis, verificaram-se capturas que variaram de dois a quatro insetos; com espectros verdes (520- 550 nm), dois insetos; espectro alaranjado (552 – 605 nm), de dois a três e vermelho (620-625 nm) de dois insetos médios por repetição. As lâmpadas nos comprimentos de 660 nm não capturaram nenhum inseto e, no infravermelho (730-850 nm), médias inferiores a dois insetos (Figura 7).

Figura 7. Médias de captura de número de insetos por repetição, em *Screening* de espectros variados abrangendo do 365 ao 850 nm. Julho-Novembro/2021, Londrina-PR.

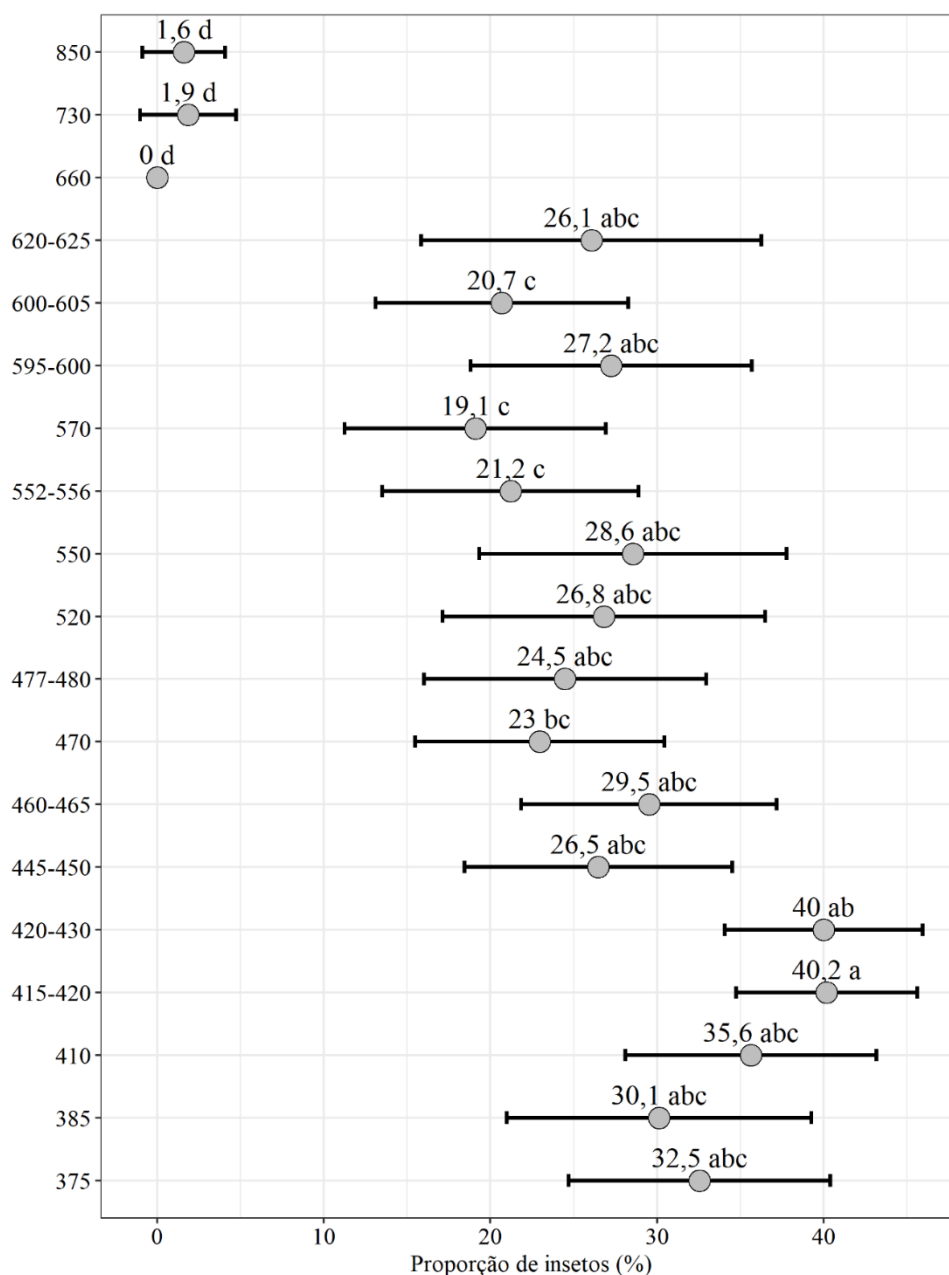


* Linhas sobre as barras representam erro padrão.

Fonte: Própria autora

No teste estatístico de modelo linear generalizado (GLM), utilizando o teste de comparação por contraste, observa-se que os espectros 660, 730 e 850 nm diferem dos outros espectros por terem atração baixa ou nula. Os demais tratamentos estão estatisticamente relacionados por terem atraído o inseto. Destacam-se os espectros 415-420 e 420-430 nm por terem realizado uma maior taxa de captura conforme (Figura 8).

Figura 8. Proporções médias de capturas de cigarrinhas em *screening*, realizando teste GML por contraste em programa estatístico R. Janeiro/2022, UEL, Londrina-PR.



Fonte: Própria autora

Nas avaliações de captura discriminando machos e fêmeas, foram verificados de forma geral capturas elevadas nos diferentes espectros. Médias similares foram observadas tanto para fêmeas como para machos. Nas armadilhas com lâmpadas com espectro e de 365 nm ocorreu captura média de 12 fêmeas e 10 machos; 410 nm, 14 e 13; 415-420 nm e 12 e 6 e 420 nm, 8 e 12 (Tabela 1).

Tabela 1. Adultos de *D. maidis* machos e fêmeas atraídos por quatro espectros luminosos mais atrativos.

Espectro (nm)	Média de atração	
	Fêmea	Macho
365	11,8	9,6
410	14,0	12,6
415-420	11,6	6,5
420-430	7,6	12,5

Fonte: Própria autora

Nos testes estatísticos realizados, também no modelo GLM com regressão de Poisson, as capturas nos espectros 365, 410 e 415-420 nm foram similares. Entretanto, para o espectro 420-430 nm ocorreu maior taxa de captura de adultos machos.

5 DISCUSSÃO

Geralmente, insetos do mesmo grupo taxonômico, mostram respostas semelhantes a fontes luminosas com diferentes comprimentos de onda (BRISCOE; CHITTKA, 2001). Poucos são os estudos de espectros de luz para a *D. maidis*, porém, por serem parecidos entre os mesmos grupos, podem ser comparados com cigarrinhas da mesma família.

Pan *et al.* (2021) em testes com armadilhas de 19 diferentes espectros específicos, avaliando ordens mais capturadas de pragas e inimigos naturais, concluíram que entre os hemípteros houve maior captura de *Empoasca biguttula*, em espectros de 395 nm. Bian *et al.* (2018) observaram que a *Empoasca onukii* possui maior sensibilidade a comprimento de onda do espectro 385-420 nm e Motohiro *et al.* (2014) tiveram resposta fototática positiva da *Nephotettix cincticeps* a partir de 480 nm resultado diferente do encontrado neste trabalho o que evidencia a diferença entre espécies na atratividade. Todas estas cigarrinhas reportadas são da família Cicadellidae e tem importância agrícola.

Nos estudos conduzidos com a cigarrinha-do-milho, verifica-se, em todas as avaliações, uma maior captura nos espectros entre os comprimentos de 365 nm e 430 nm, na faixa do UV, violeta e azul (Figura 7). Essa maior atração pela coloração no comprimento do UV pode ser explicada pelo aumento de várias enzimas antioxidantes quando os insetos são expostos a estes comprimentos de onda (ALI, *et al.*, 2017, MENG *et al.*, 2009). Acetilcolina aumenta também e o nível de acetilcolinesterase diminui; os insetos experimentam um estado de excitação que pode confundir a direção do voo correndo em direção à luz ou até a morte (SANG; ZHU; LEI, 2016, MENG *et al.*, 2009).

Nos outros espectros em geral, o inseto foi atraído, porém em menor intensidade. No comprimento do infravermelho (IV) as capturas foram muito pequenas e, para o vermelho 660 nm, nenhum inseto capturado. As luzes vermelhas e IV possuem baixa frequência eletromagnética. Quando se aumenta o comprimento de onda, a frequência diminui tendo assim menor energia, o que poderia explicar a baixa atratividade das cigarrinhas a esses LED's.

Dentro das pragas agrícolas a maioria é sensível na faixa do UV (280-400 nm) e na faixa visual (400-700 nm). Poucas espécies exibem comportamento a longos comprimentos de onda como o infravermelho (KIM; HUANG; LEI, 2019).

Pragas e insetos benéficos possuem maior atratividade a comprimentos UV, azul e verde pelas sensibilidades às bandas desses comprimentos relacionados com os fotorreceptores (BRISCOE; CHITTKA, 2001, JOHANSEN, *et al.*, 2011).

Muitos são os fatores que afetam e influenciam no comportamento do inseto em relação a luz, como seu estado fisiológico, sexo, estado de saúde, idade e adaptação ao escuro (KIM, *et al.*, 2018). A captura e atração varia de acordo do nível de estresse oxidativo, que a fonte de luz induz no inseto (KIM; HUANGA; LEI, 2019). Alguns comprimentos de onda podem causar estresse luminoso, sendo específico da espécie ou específico do comprimento, além de dados físicos em órgãos como as retinas (SANG, *et al.*, 2016).

Adultos recém emergidos possuem uma resposta fototática fraca à luz, aumentando com a idade e depois diminuindo. A diferença sexual interfere no comportamento tático. Em alguns casos essa diferença pode ser observada pela composição da estrutura ocular, número de omatídeos e massa corporal. Alguns insetos podem apresentar diferenças antes e pós acasalamento, uma vez que machos podem exibir antes do acasalamento maior fototaxia e as fêmeas após (CHENG, *et al.*, 2011). Estudos com mariposas explicam esse comportamento onde machos procuram fontes luminosas para procurar fêmeas e as fêmeas procuram áreas iluminadas procurando uma boa localização para realizar a oviposição (YATHOM; NAVON, 1980, CHENG, *et al.*, 2011).

Nos estudos de atratividade em relação ao sexo das quatro lâmpadas testadas apenas uma (420-430 nm) apresentou estatisticamente diferença entre os sexos, portanto, é pouco provável que este fator tenha interferido nas avaliações (Figura 9). Outros estudos devem ser feitos em relação a idade do inseto, realizando liberações de adultos na mesma idade.

Muitos são os fatores que podem ter influenciado no comportamento do inseto testado em relação a luz. Para entender melhor a atração da cigarrinha nos espectros observados é preciso análises específicas do sistema nervoso e fisiologia do inseto. Estudos específicos eletrofisiológicos podem ser realizados como estudos de eletrorretinograma (ERG). Após estímulo luminoso células da retina emitem impulsos nervosos para o cérebro, o que leva a um determinado valor de eletrorretinograma (BRISCOE; CHITTKA, 2001). Dessa forma é possível entender melhor o que leva a cigarrinha do milho a maior atratividade pelas luzes azuis e menor para as luzes vermelhas como foi observado nos resultados.

Autores como Frizzas *et al.* (2003) e Bellizzi *et al.* (2010) utilizam armadilhas luminosas com a lâmpada negra no comprimento do UV, para coleta de insetos na cultura do milho e observam grande captura de *D. maidis*. Os primeiros autores observam captura de 2,5% dentro de 150 espécies e os segundos um total de 16 insetos dentro de 17 da ordem Hemiptera. De forma geral, essa é a lâmpada mais utilizada em armadilhas de luz em diversas culturas para várias pragas. Por esse motivo as avaliações de *Screening* realizadas neste trabalho sempre comparou a “lâmpada padrão” UV com outros espectros de luz. Inicialmente foi comprovada que ela obteve uma alta captura e depois verificamos se ela realmente é a lâmpada mais indicada na atração, sendo comprovado que para a cigarrinha do milho dentro das variáveis avaliadas e, em condições controladas, a melhor faixa de espectro atrativo é do 365-430 nm.

Poucos são os estudos para *D. maidis* e atratividade luminosa. Os resultados obtidos possibilitam o uso dos espectros em armadilhas luminosas para monitoramento da praga nas lavouras de milho em conjunto com outros métodos de amostragem. Em estudos futuros há possibilidade do uso dos espectros em armadilhas de captura em massa. A avaliação dos espectros mais atrativos no campo deve ser testada levando em consideração outros fatores que possam interferir, fatores climáticos (precipitação, vento, temperatura), outras pragas e insetos benéficos.

6 CONCLUSÃO

Nas condições em que foram realizados os estudos, os espectros nos quais se verificaram maior atratividade para adultos da cigarrinha-do-milho foram 365 nm, 410 nm, 415-420 nm e, 420-430 nm, sendo que neste último, verificou-se maior captura de machos. Esses resultados, contudo, devem ser validados a campo, onde também deverão ser considerados aspectos climáticos, captura de outros insetos e inimigos naturais.

Os resultados obtidos neste estudo podem contribuir para o desenvolvimento de armadilha luminosa eficaz para ser empregada no monitoramento da cigarrinha. A metodologia proposta também pode ser usada para testar as respostas de outros insetos. Assim, ferramentas mais precisas podem proporcionar um melhor nível de acompanhamento nas lavouras para adoção de medidas de controle para as pragas nas lavouras.

REFERÊNCIAS

- ALI, Arif; RASHID, Muhammad Adnan; HUANG, Qiu Ying; LEI, Chao-Liang. Influence of UV-A radiation on oxidative stress and antioxidant enzymes in *Mythimna separata* (Lepidoptera: noctuidae). *Environmental Science and Pollution Research*, [S.L.], v. 24, n. 9, p. 8392-8398, 9 fev. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-017-8514-7>
- ALIVIZATOS, A. S.; MARKHAM, P. G. Acquisition and transmission of corn stunt spiroplasma by its leafhopper vector *Dalbulus maidis*. *Annals of Applied Biology*, v. 108, n. 3, p. 535– 544, 1986.
- AMMAR, E.-D.; HOGENHOUT, S. A. Use of Immunofluorescence Confocal Laser Scanning Microscopy to Study Distribution of the Bacterium Corn Stunt Spiroplasma in Vector Leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae) and in Host Plants. *Annals of the Entomological Society of America*, v. 96, n. 6, p. 820-826, 2005.
- BAKER, R. Robin; SADOVY, Yvonne. The distance and nature of the light-trap response of moths. *Nature*, [S.L.], v. 276, n. 5690, p. 818-821, dez. 1978. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/276818a0>
- BELLIZZI, N. C., WINDER, A. R. S., BARROS, H. A. V., PEREIRA JUNIOR, R. D. Avaliação de Pragas e Inimigos Naturais em uma Cultura de Milho Verde. **XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, p.1137-1144, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.
- BISHOP, Alan L; WORRALL, Ross; SPOHR, Lorraine J; MCKENZIE, Harry J; BARCHIA, Idris M. Response of *Culicoides spp.* (Diptera: ceratopogonidae) to light-emitting diodes. *Australian Journal Of Entomology*, [S.L.], v. 43, n. 2, p. 184-188, maio 2004. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-6055.2003.00391.x>
- BECKER, Walter.F.; WAMSER, Anderson.F.; FELTRIM, Anderson.L.; SUZUKI, Atsuo.; SANTOS, Janaína.P.; VALMORBIDA, Janice.; HAHN, Leandro.; MARCUZZO, Leandro.L; MUELLER, Siegfried. Sistema de produção integrada para o tomate tutorado em Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 2016.
- BIAN Lei, CAI Xiao-Ming, LUO Zong-Xiu, LI Zhao-Qun and CHEN Zong-Mao, Decreased capture of natural enemies of pests in light traps with light-emitting diode technology. *Ann Appl Biol* 173:251–260 (2018). <http://dx.doi.org/10.1111/aab.12458>
- BRISCOE, Adriana D.; CHITTKA, Lars. THEEVOLUTION OFCOLORVISION ININSECTS. *Annual Review Of Entomology*, [S.L.], v. 46, n. 1, p. 471-510, jan. 2001. *Annual Reviews*. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ento.46.1.471>.
- BOVÉ, Joseph. M.; RENAUDIN, Joel.; SAILLARD, Colette.; FOISSAC, Xavier.; GARNIER, Monique. *Spiroplasma citri*, a plant pathogenic molligate: relationships with its two hosts, the plant and the leafhopper vector. *Annual Review of Phytopathology*, v. 41, n. 1, p. 483–500, 2003. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.phyto.41.052102.104034>
- CHENG Wen-Jie, ZHENG Xia-Lin, WANG Pan, LEI Chão-Ling and WANG Xiao-

Ping, Sexual difference of insect phototactic behavior and related affecting factors. *Chin J Appl Ecol* 22:3351–3357 (2011).

COTA, Luciano Viana; SILVA, Dagma Dionísia da; MEIRELLES, Walter Fernandes; SOUZA, Isabel Regina Prazeres de; OLIVEIRA, Ivênio Rubens de; COSTA, Rodrigo Véras da; MENDES, Simone Martins. **Detecção de Patógenos Causadores de Enfezamento no Estado do Paraná na Safrinha 2019**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. (ISSN 1679-0154). *BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO* 204.

CONTINI, Elisio; MOTA, Mierson Martins; MARRA, Renner; BORGHI, Emerson; MIRANDA, Rubens Augusto de; SILVA, Alexandre Ferreira da; SILVA, Dagma Dionísia da; MACHADO, Jane Rodrigues de Assis; COTA, Luciano Viana; COSTA, Rodrigo Verás da. *SÉRIE DESAFIOS DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO (NT2): milho - caracterização e desafios tecnológicos* elisio. Brasília: Embrapa, 2019. 45 p.

EICHOLZ, Eberson Diedrich; BREDEMEIER, Christian; BERMUDEZ, Felipe; MACHADO, Jane Rodrigues de Assis; GARRAFA, Marcos; BISPO, Noryam Bervian; AIRES, Rogério Ferreira (ed.). **Informações técnicas para o cultivo do milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2019/20 e 2020/21**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2020.

FRIZZAS, Marina R., OMOTO Celso, SILVEIRA Neto Sinval, MORAES Regina C. B. de. Avaliação da Comunidade de Insetos Durante o Ciclo da Cultura do Milho em Diferentes Agroecossistemas. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. v.2, n.2, p.9-24. Piracicaba, 2003. doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v2n2p9-24

FOX J, WEISBERG S (2019). *An R Companion to Applied Regression*, Third edition. Sage, Thousand Oaks CA.
<https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>

GARSTANG RH (2004) Mount Wilson observatory: the sad story of light pollution. *Observatory* 124:14–21

GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. *Insetos: Fundamentos da Entomologia*. 5. ed. Rio de Janeiro: EDITORA GUANABARA KOOGAN LTDA., 2017.

HOTHORN, Torsten (2022). *Simultaneous Inference in General Parametric Models*. <http://multcomp.r-forge.r-project.org/>

JANDER, Rudolf. Insect Orientation. *Annual Review Of Entomology*, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 95-114, jan. 1963. Annual Reviews.
<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.en.08.010163.000523>.

JOHANSEN Nina Svae, VÄNNINEN Irene, PINTO Delia M, NISSINEN AI and SHIPP L, In the light of new greenhouse technologies: 2. Direct effects of artificial lighting on arthropods and integrated pest management in greenhouse crops. *Ann Appl Biol* 159:1–27 (2011). <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2011.00483.x>

KIM, Kil-Nam; HUANG, Qiu-Ying; LEI, Chao-Liang. Advances in insect phototaxis and application to pest management: a review. *Pest Management Science*, [S.L.], v. 75, n. 12, p. 3135-3143, 20 ago. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.5536>.

KIM, Min-Gi; LEE, Hoi-Seon. Phototactic behavior 5: attractive effects of the angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella*, to light-emitting diodes. Journal Of The Korean Society For Applied Biological Chemistry, [S.L.], v. 57, n. 2, p. 259-262, abr. 2014. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13765-014-4079-z>.

KIM, Min-Gi; LEE, Hoi-Seon. Insecticidal toxicities of naphthoquinone and its structural derivatives. Applied Biological Chemistry, [S.L.], v. 59, n. 1, p. 3-8, 26 ago. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13765-015-0115-x>.

KIM, Kil-Nam; SONG, Hye-Seng; LI, Chung-Seng; HUANG, Qiu-Ying; LEI, Chao-Liang. Effect of several factors on the phototactic response of the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Lepidoptera: noctuidae). Journal Of Asia-Pacific Entomology, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 952-957, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aspen.2018.07.010>.

KIM Mim-Gi, LEE Hoi-Seon (2014) Phototactic behavior 5: attractive effects of the Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella*, to light-emitting diodes. J Korean Soc Appl Biol Chem 57:259–262 Park JH, Lee SM, Lee SG, Lee HS (2014) Attractive effects efficiency of LED trap on controlling *Plutella xylostella* adults in greenhouse. J Appl Biol Chem 57:255–257

LEE, Hee-Kwon; LEE, Hoi-Seon. Toxicities of active constituent isolated from *Thymus vulgaris* flowers and its structural derivatives against *Tribolium castaneum* (Herbst). Applied Biological Chemistry, [S.L.], v. 59, n. 6, p. 821-826, 17 out. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13765-016-0230-3>.

LEE, Hwa-Won; LEE, Hoi-Seon. Acaricidal potency of active constituent isolated from *Mentha piperita* and its structural analogs against pyroglyphid mites. Journal Of The Korean Society For Applied Biological Chemistry, [S.L.], v. 58, n. 4, p. 597-602, 20 maio 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13765-015-0084-0>.

LENTH, Russell V. (2022) Estimated marginal means (EMMs) for many linear, generalized linear, and mixed models. <https://github.com/rvlenth/emmeans>

MAGALHÃES, Paulo César; DURÃES, Frederico O. M. **Fisiologia da Produção de Milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2006. (ISSN 1679-1150). Circular técnica 76.

MENG, Jian-Yu; ZHANG, Chang-Yu; ZHU, Fen; WANG, Xiao-Ping; LEI, Chao-Liang. Ultraviolet light-induced oxidative stress: effects on antioxidant response of *Helicoverpa armigera* adults. Journal Of Insect Physiology, [S.L.], v. 55, n. 6, p. 588-592, jun. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinsphys.2009.03.003>.

MOYA-RAYGOZA, G.; TORRES-MORENO, R.; TRIAPITSYN, S. V. Two New Records of Egg Parasitoids for *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae): *Ufens niger* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Anagrus nigriventris* (Hymenoptera: Mymaridae). Florida Entomologist, v. 100, n. 4, p. 807–808, 2017.

MOYA-RAYGOZA, G.; TRUJILLO-ARRIAGA, J. Dryinid (Hym.: Dryinidae)

parasitoids of *Dalbulus* leafhopper (Hom.: Cicadellidae) in Mexico. *Entomophaga*, v. 38, n. 1, p. 41–49, 1993.

MOREIRA, Henrique José da Costa; ARAGÃO, Flávio Damasceno. *Manual de Pragas do Milho*. Campinas-Sp: Fmc Agricultural Products, 2009.

MOTOHIRO Wakakuwa, FINLAY Stewart, YUKIKO Matsumoto, SHIGERU Matsunaga, and KENTARO Arikawa, Physiological basis of phototaxis to near-infrared light in *Nephotettix cincticeps*. *J Comp Physiol A* 200:527–536 (2014). <http://dx.doi.org/10.1007/s00359-014-0892-4>

NAKAMOTO, Yutaka; KUBA, Hiroyuki. The effectiveness of a green light emitting diode (LED) trap at capturing the West Indian sweet potato weevil, *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) (Coleoptera: curculionidae) in a sweet potato field. *Applied Entomology And Zoology*, [S.L.], v. 39, n. 3, p. 491-495, 2004. Japanese Society of Applied Entomology & Zoology. <http://dx.doi.org/10.1303/aez.2004.491>.

NAULT, L. R.; DELONG, D. M. Evidence for Co-evolution of Leafhoppers in the Genus *Dalbulus* (Cicadellidae: Homoptera) with Maize and Its Ancestors. *The Entomological Society of America*, v. 73, n. 4, p. 349–353, 1980. <https://doi.org/10.1093/aesa/73.4.349>

NAULT, L. R. Arthropod Transmission of plant viruses: A new synthesis. *Annals of the Entomological Society of America*, v. 90, n. 5, p. 521–541, 1997

OLIVEIRA, Aline Cavalcante Rodrigues de; VELOSO, Valquíria da Rocha Santos; BARROS, Rosana Gonçalves; FERNANDES, Paulo Marçal; SOUZA, Eli Regina Barboza de. CAPTURA DE *Tuta absoluta* (Meyrick) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) COM ARMADILHA LUMINOSA NA CULTURA DO TOMATEIRO TUTORADO. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 38, n. 3, p. 153-157, jul/set. 2008.

ÖZBEK, Elvan.; MILLER, Sally. A.; MEULIA, Tea.; HOGENHOUT, Saskia. A. Infection and replication sites of *Spiroplasma kunkelii* (Class: Mollicutes) in midgut and *Malpighian tubules* of the leafhopper *Dalbulus maidis*. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 82, n. 3, p. 167–175, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/s0022-2011\(03\)00031-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0022-2011(03)00031-4)

PARK, Jun-Hwan; LEE, Sang-Min; LEE, Sang-Guei; LEE, Hoi-Seon. Attractive Effects Efficiency of LED Trap on Controlling *Plutella xylostella* Adults in Greenhouse. *Journal Of Applied Biological Chemistry*, [S.L.], v. 57, n. 3, p. 255-257, 30 set. 2014. Korean Society for Applied Biological Chemistry. <http://dx.doi.org/10.3839/jabc.2014.041>.

PAN, Hongsheng; LIANG, Gemei; LU, Yanhui. Response of Different Insect Groups to Various Wavelengths of Light under Field Conditions. *Insects*, [S.L.], v. 12, n. 5, p. 427, 10 maio 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/insects12050427>.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. How a corn plant develops. *Special Bulletin*, Iowa, n. 48. 1993.

ROBINSON HS, On the behaviour of night-flying insects in the neighbourhood of a bright source of light. *Proc R Entomol Soc London A* 27:13–21 (1952).

SABATO, Elizabeth de Oliveira. **Manejo do Risco de Enfezamentos e da Cigarrinha no Milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2018. (ISSN 1679-0162). COMUNICADO TÉCNICO 226.

SABATO, Elizabeth de Oliveira; OLIVEIRA, Charles Martins de; SILVA, Ranyse B. Querino da. Transmissão dos Agentes Causais de Enfezamentos Através da Cigarrinha *Dalbulus maidis*, em Milho. Sete Lagoas: Embrapa, 2015. (ISSN 1679-1150). Circular técnica 209.

SANG W, ZHU ZH and LEI CL, Review of phototaxis in insects and an introduction to the light stress hypothesis. *Chin J Appl Entomol* 53:915–920 (2016).

SAUNDERS, D.S. Insect photoperiodism: measuring the night. *Journal Of Insect Physiology*, [S.L.], v. 59, n. 1, p. 1-10, jan. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.11.003>.

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Grãos: Manejo Integrado de Pragas (MIP) em soja, milho e sorgo. 2. ed. Brasília: Senar, 2018. 76 p. (ISBN 978-85-7664). Coleção SENAR - 181.

SHIMODA, Masami; HONDA, Ken-Ichiro. Insect reactions to light and its applications to pest management. **Applied Entomology and Zoology**, [S.L.], v. 48, n. 4, p. 413-421, 11 out. 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13355-013-0219-x>.

SEAB/DERAL. **SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO**. 2022. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/deral/safras>. Acesso em: 31 jan. 2022.

SILVEIRA, Camila Haddad. Eficácia de inseticidas no controle de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) e da transmissão de espiroplasma do milho. 2019. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Entomologia, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2019.

SILVEIRA NETO, S.; SILVEIRA, A. C. Armadilha luminosa modelo "Luiz de Queiroz". **O Solo**, Piracicaba, v. 61, n. 2, p. 19-21, 1969.

SILVA, D. D. da; AGUIAR, F. M.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da; MENDES, S. M. Molicutes em milho: a diversificação de sistemas de produção pode ser a solução? In: MEDEIROS, F. H. V.; PEDROSO, L. A.; GUIMARÃES, M. de R. F.; SILVA, B. A. A. de S. e; ALMEIDA, L. G. F. de; SILVA, F. de J.; SILVA, R. L. M. da; FERREIRA, L. C.; PEREIRA, A. K. M.; COUTO, T. B. R.; GOMES, V. A.; MEDEIROS, R. M.; VEIGA, C. M. de O.; SILVA, M. de F.; FIGUEIREDO, Y. F.; GATTI, G. V. N.; NICOLLI, C. P. (Ed.). *Novos sistemas de produção*. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2017. p. 32-52.

SHI, Longqing; VASSEUR, Liette; HUANG, Huoshui; ZENG, Zhaohua; HU, Guiping; LIU, Xin; YOU, Minsheng. Adult Tea Green Leafhoppers, *Empoasca onukii*

(Matsuda), Change Behaviors under Varying Light Conditions. Plos One, São Francisco, Califórnia, p. 1-17, jan. 2017.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168439>

SHURTLEFF, M. C. Compendium of corn diseases. 2 ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 1986. 105 p.

TRIAPITSYN, S. V. The genus *Anagrus* (Hymenoptera: Mymaridae) in America south of the United States: a review. Ceiba, v. 38, n. 1, p. 1–12, 1997.

TURLINGS, Ted C. J.; DAVISON, A. C.; TAMO, Cristina. A six-arm olfactometer permitting simultaneous observation of insect attraction and odour trapping. Physiological Entomology, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 45-55, mar. 2004. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3032.2004.0362.x>.

VALICENTE, Fernando Hercos. Manejo Integrado de Pragas na Cultura do Milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (ISSN 1679-1150). Circular Técnica 208.

VAN GRUNSVEN, Roy H. A.; DONNERS, M.; BOEKEE, K.; TICHELAAR, I.; VAN GEFFEN, K. G.; GROENENDIJK, D.; BERENDSE, F.; VEENENDAAL, E. M.. Spectral composition of light sources and insect phototaxis, with an evaluation of existing spectral response models. Journal Of Insect Conservation, [S.L.], v. 18, n. 2, p. 225-231, abr. 2014. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10841-014-9633-9>.

VIRLA, E. G.; ESPINOSA, M. S.; MOYA-RAYGOZA, G. First Host Record for *Anteon pilicorne* (Ogloblin) (Hymenoptera Dryinidae), a Parasitoid of Cicadellidae, Including the Corn Leafhopper (Hemiptera: Cicadellidae). Neotropical Entomology, v. 40, n. 2, p. 285–287, 2011.

VIRLA, Eduardo. G.; OLMÍ, Massimo. Dryinidae (Hymenoptera: Chrysidoidea) parasitoids of the Corn Leafhopper, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae), in Argentina, with description of the male of *Gonatopus moyaraygozai* Olmi. Interciencia, v. 32, n. 12, p. 847–849, 2007.

WAQUIL, José M. Cigarrinha-do-milho: vetor de mollicutes e vírus. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. (ISSN 1518-4269). Circular técnica 41.

WERNET, Mathias F.; PERRY, Michael W.; DESPLAN, Claude. The evolutionary diversity of insect retinal mosaics: common design principles and emerging molecular logic. Trends In Genetics, [S.L.], v. 31, n. 6, p. 316-328, jun. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tig.2015.04.006>.

WORDELL FILHO, João Américo; RIBEIRO, Leandro do Prado; CHIARADIA, Luis Antônio; MADALÓZ, José Carlos; NESI, Cristiano Nunes. PRAGAS E DOENÇAS DO MILHO: diagnose, danos e estratégias de manejo. Florianópolis: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 2016. (ISSN 0100-7416). BOLETIM TÉCNICO Nº 170.

YAMAGUCHI, Satoko; HEISENBERG, Martin. Photoreceptors and neural circuitry underlying phototaxis in insects. Fly, [S.L.], v. 5, n. 4, p. 333-336, 1 out. 2011.

Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.4161/fly.5.4.16419>.

YATHOM Shoshana, NAVON A and ROSILIO Denise, Sex ratio and mating status of *Spodoptera littoralis* females collected from light traps in Israel. *Phytoparasitica* 8:99–103 (1980).

YUN, Jung-Hyun; KIM, Young-Jun; KOH, Kyung-Hee. Investigation into factors influencing antioxidant capacity of vinegars. *Applied Biological Chemistry*, [S.L.], v. 59, n. 4, p. 495-509, 23 mar. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13765-016-0185-4>.