UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RAFAEL ALVES GARVIL

AVALIAÇÃO DE CAMPO DO USO DE *Isaria fumosorosea* (WIZE) PRODUZIDA *ON FARM* PARA O CONTROLE DA BROCA DA CANA-DE-AÇÚCAR *Diatraea saccharalis* (FABRICIUS) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)

MARINGÁ

2024

RAFAEL ALVES GARVIL

AVALIAÇÃO DE CAMPO DO USO DE *Isaria fumosorosea* (WIZE) PRODUZIDA *ON FARM* PARA O CONTROLE DA BROCA DA CANA-DE-AÇÚCAR *Diatraea saccharalis* (FABRICIUS) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientadora: Profa. Dra. TACIANA MELISSA DE AZEVEDO KUHN

MARINGÁ

2024

Dedico este trabalho a minha esposa e ao meu filho por sempre me apoiarem em meus projetos pessoais e profissionais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores do curso de Fitossanidade da UFPR por todas as orientações e ensinamentos prestados.

Agradeço a minha orientadora Taciana Melissa de Azevedo Kuhn por todo o apoio que prestou em todas as etapas da construção deste trabalho.

Agradeço a toda equipe de campo que me apoiaram integralmente nas atividades das aplicações e levantamentos que foram realizados.

“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mais o que ele se torna com isso” (Jhon Ruskin)

RESUMO

A broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) é responsável por grandes prejuízos nesse cultivo. O seu controle por meio de fungos entomopatogênicos tem sido cada vez mais utilizado, tendo como alvo principal as diferentes fases da praga. No entanto, a eficiência pode ser maior quando se atinge a fase do ciclo do inseto mais exposta aos agentes de controle, como os ínstares iniciais da lagarta. O objetivo deste trabalho foi avaliar a campo o efeito do uso do fungo *Isaria fumorosea* (Wize), produzido em método *On Farm* para o controle da broca da cana-de-açúcar. Foram avaliados: T1 - testemunha sem a aplicação de nenhum produto (testemunha negativa); T2 - produto comercial a base de *I. fumorosea* na concentração $1x10^{11}$ produzido em sistema fabril (Octane®); T3 - fungo *I. fumorosea* na concentração $1x10^{11}$ produzido no modelo *On farm* com origem do isolado IB11, do Instituto Biológico de Campinas; T4 - produto químico contendo o i.a. Clorantraniliprole (testemunha positiva; Altacor®). As aplicações foram realizadas quando se atingiu o nível de captura recomendado para início de controle, número igual ou superior a 10 mariposas machos por armadilha do tipo Delta (com a presença de fêmeas virgens como atrativo). As aplicações foram realizadas após cinco dias da sinalização de necessidade de controle e ocorreram em áreas homogêneas de duas fazendas diferentes, com o uso de equipamento de pulverização do tipo Drone. Foram realizadas três repetições para cada tratamento, sendo cada repetição constituída de uma área homogênea de 0,5 ha, sendo as avaliações realizadas nos dias 0, 45 e 60 após a aplicação, para a Área 1, e nos dias 0 e 45 para a Área 2. A avaliação consistiu na contagem de entrenós totais e entrenós brocados de cinco pontos escolhidos de forma aleatória por repetição, nos quais se analisaram quatro colmos por ponto, totalizando 20 colmos no total (n=60). Para a avaliação dos dados foram utilizados os Modelos Lineares Generalizados (GLM). Os fatores analisados foram o número de entrenós totais considerando como variável dependente tratamentos e como variáveis explicativas pontos de coleta e datas de avaliação, com o intuito de verificar a homogeneidade das plantas e da área avaliada, visando comparar apenas os tratamentos como fator de interferência. Após seleção do modelo realizou-se um teste de comparação, ANOVA ou Kruskal-Wallis (para dados paramétricos ou não paramétricos, respectivamente) e, posteriormente um teste pareado para verificar diferença entre os tratamentos. Realizou-se também a análise dos coeficientes exponenciais do modelo ajustado para obter uma segunda interpretação dos efeitos dos tratamentos em termos de razões de chance (“odds ratios”). Os resultados obtidos não apresentaram diferença significativa no número de internódios brocados por *D. saccharalis*, independentemente do tratamento. Além disso, a análise dos dados também indicou que para ensaios em campo a infestação natural (com porcentagens baixas de infestação) pode não ser suficiente para a avaliação de produtos, sendo sugerida a alteração desse tipo de teste para ensaios com infestação artificial em semi-campo, casa de vegetação ou laboratório para obtenção de resultados mais robustos.

Palavras-chave: controle biológico, controle alternativo, ensaio de campo, bioinseticidas.

ABSTRACT

The sugarcane borer *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) is responsible for great losses in this crop. Its control by means of entomopathogenic fungi has been increasingly used, targeting the different stages of the pest. However, efficiency may be greater when reaching the stage of the insect's cycle most exposed to control agents, such as the initial instars of the caterpillar. The objective of this study was to evaluate in the field the effect of using the fungus *Isaria fumorosea* (Wize), produced in the On Farm method for the control of the sugarcane borer. Were evaluated: T1 - control without the application of any product (negative control); T2 - commercial product based on *I. fumorosea* at a concentration of $1x10^{11}$ produced in a factory system (Octane®); T3 – *I. fumorosea* fungus at a concentration of $1x10^{11}$ produced in the On farm model, originating from the IB11 isolate from the Instituto Biológico de Campinas; T4 - chemical product containing the i.a. Chlorantraniliprole (positive control; Altacor®). Applications were made when the recommended capture level for the start of control was reached, a number equal to or greater than 10 male moths per Delta trap (with the presence of virgin females as an attractant). Applications were made five days after signaling the need for control and occurred in homogeneous areas of two different farms, using Drone-type spraying equipment. Three replicates were performed for each treatment, each replicate consisting of a homogeneous area of 0.5 ha, with evaluations performed on day 0, 45 and 60 days after application for Area 1, and on days 0 and 45 for Area 2. The evaluation consisted of counting total internodes and brooded internodes of five randomly selected points per replicate, in which four stems were analyzed per point, totaling 20 stems in total (n = 60). Generalized Linear Models (GLM) were used to evaluate the data. The factors analyzed were the number of total internodes, considering treatments as the dependent variable and collection points and evaluation dates as explanatory variables, in order to verify the homogeneity of the plants and the evaluated area, aiming to compare only the treatments as an interference factor. After selecting the model, a comparison test, ANOVA or Kruskal-Wallis (for parametric or nonparametric data, respectively) was performed, followed by a paired test to verify differences between treatments. The exponential coefficients of the adjusted model were also analyzed to obtain a second interpretation of the effects of the treatments in terms of odds ratios. The results obtained did not show a significant difference in the number of internodes bored by *D. saccharalis*, regardless of the treatment. Furthermore, the data analysis also indicated that for field trials, natural infestation (with low infestation percentages) may not be sufficient for product evaluation, and it is suggested that this type of test be changed to trials with artificial infestation in semi-field, greenhouse or laboratory conditions to obtain more robust results.

Keywords: biological control, alternative control, field trial, bioinsecticides.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 JUSTIFICATIVA 17
1.2 OBJETIVOS 17
2 MATERIAL E MÉTODOS 17
2.1 IMPLEMENTAÇÃO DO EXPERIMENTO EM CAMPO E VARIÁVEIS ANALISADAS 17
2.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA 19
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 20
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 26
4.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 26
5 REFERÊNCIAS 27
APÊNDICE 1 30

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é hoje a maior potência na produção e na exportação de açúcar do Mundo e o Paraná tem papel muito importante neste cenário. A cana-de-açúcar *Saccharum officinarum* Linneu 1973, foi uma das principais alternativas dos paranaenses que produziam café e tiveram suas lavouras quase que exterminadas após uma forte geada da década de 1970, onde muitos cafezais se transformaram em canaviais, especialmente na Região Noroeste do Estado (GOVERNO DO PARANÁ, 2021).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2024), o Paraná é o quinto maior produtor de cana-de-açúcar do país, atrás de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul, com uma safra anual estimada em mais de 38 milhões de toneladas processadas por ano, e uma área cultivada de aproximadamente 524 mil hectares. Atualmente o Paraná exporta cerca de 90% do açúcar bruto produzido no estado e são cerca de 2,5 milhões de toneladas exportadas, em média, todos os anos, de acordo com dados do Sindicato da Indústria de Açúcar do Paraná. Todo escoamento da produção é facilitado pela logística de rodovias e ferrovias que direcionam a produção para o porto de Paranaguá no litoral Paranaense.

Dentro do processo produtivo da cana-de-açúcar o desenvolvimento de insetos-praga tem uma importância fundamental para a garantia de todos os processos e produtividade agrícola. Dentre elas, a broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) é considerada uma das pragas mais importantes, devido a sua sazonalidade e alta frequência de ocorrência, gerando danos e prejuízos à cultura (PINTO et. al., 2006). Os fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok e *Isaria fumorosea* (Wize) são mundialmente conhecidos e utilizados como agentes biocontroladores de inúmeras pragas agrícolas. Essas espécies apresentam potencial de controle para diversas ordens de insetos (BRIDGE et al. 1990, ALVES 1992, PEREIRA et al. 1993), inclusive para lepidópteros pragas como a *D. saccharalis* (ALVES et al. 1984). Contudo, na fase larval de *D. saccharalis*, apesar de susceptível a fungos, o controle é dificultado, já que após a eclosão, o inseto alimenta-se do parênquima foliar, em direção a bainha

da folha, e na passagem para o segundo instar já penetra no colmo, ficando mais protegido (GALLO et al. 2002). Sendo assim, a fase do inseto que se encontra mais exposta para a aplicação seria a de ovo, localizado comumente na parte dorsal das folhas, e primeiro instar.

Analisando-se o ciclo da praga após a eclosão dos ovos, as lagartas migram para a região do cartucho da planta, onde permanecem de uma a duas semanas, raspando a folha ou a casca do entrenó em formação. Após esse período, o inseto inicia a perfuração da casca do colmo, geralmente próximo à base do entrenó, porção mais mole, abrindo galeria no sentido ascendente na região do palmito da planta (MACEDO, 2004).

Os produtos *On farm* consistem na produção, dentro da propriedade rural, de produtos de base biológica para o controle de pragas e doenças, bem como a promoção do crescimento das plantas por mecanismos nutricionais e não-nutricionais (SANTANA, 2022). Com a produção no método *On farm* tem-se a possibilidade de utilização de insumos biológicos em detrimento aos insumos químicos ou até mesmo a oportunidade de uso de insumos químicos e biológicos podendo haver a diminuição do primeiro (TORDIN, 2019). Com a presença de microrganismos como fungos, bactérias e vírus os quais possibilitam as transformações envolvendo os ciclos biogeoquímicos, verifica-se a necessidade de uma agricultura com maior sustentabilidade e possibilidades de maior produtividade promotora de solo saudável (AMABILE, 2006). Dentre os riscos de utilização deste método observa-se que caso o produto tenha contaminantes esses poderão contaminar a produção, solos e águas. Apesar de corroborar pela baixa toxicidade, os produtos de base biológica ainda acarretam contaminação caso sejam manipulados de forma errônea ou tenham contaminantes (SANTOS et al., 2020)

Além da mortalidade, fungos entomopatogênicos podem agir sobre aspectos biológicos dos insetos como oviposição, fecundidade, viabilidade de ovos, lagartas e pupas, essenciais para a manutenção do ciclo de vida da praga no campo (EKESI e MANIANIA, 2000; MULOCK e CHANDLER, 2001). A maior parte dos estudos sobre a patogenicidade de fungos para *D*. *saccharalis* foi realizada usando apenas o estágio de lagarta, mas de acordo com ALVES (1998), a susceptibilidade do inseto pode variar em função de suas diferentes fases de desenvolvimento.

Considerando que as larvas da broca da cana-de-açúcar *D. saccharalis* têm o hábito de permanecerem alimentando-se durante aproximadamente dez dias nas folhas para, em seguida, penetrarem no colmo, o fungo pode atingir o inseto durante essa fase, sendo inclusive, recomendado para controle de ovos e lagartas de *D. saccharalis* (MENDONÇA et al., 1996).

1.1 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho tem como justificativa a busca por alternativas aos produtos convencionais, visando principalmente a facilidade logística e economia de recursos. Para isso, o trabalho buscou medir a eficiência de controle da *D. saccharalis* na cana-de-açúcar utilizando-se o fungo entomopatogênico *Isaria fumorosea* produzido no sistema de produção *On Farm.*

1.2 OBJETIVOS

O trabalho tem a finalidade de avaliar o entomopatógeno *Isaria fumorosea* produzida no sistema *On Farm* para o controle da *Diatraea saccharalis*, através da comparação da eficiência de controle dos fungos entomopatogênicos advindos da produção *On farm* e produção fabril em relação ao produto químico de alta eficiência e testemunha negativa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 IMPLEMENTAÇÃO DO EXPERIMENTO EM CAMPO E VARIÁVEIS ANALISADAS

O trabalho foi realizado em duas áreas de produção de cana-de-açúcar. A primeira área, Área 1, foi na Fazenda Santa Rita localizada no Município de Cruzeiro do Oeste-PR (23° 36' 03.7" S 53° 02' 59.3" W). O talhão utilizado para a instalação do campo estava instalado com a cultura da cana-de-açúcar com a variedade CTC4 em seu 3º corte com 9 meses após a colheita e a pulverização foi realizada no dia 04/06/2024. A segunda área, Área 2, foi na Fazenda Osmar Marqui localizada no Município de Cianorte-PR (23° 38' 41.8" S 52° 40' 09.7" W). O talhão utilizado para a

instalação do campo estava instalado com a cultura da cana-de-açúcar com a variedade CTC4 em seu 3º corte com 9 meses após a colheita e a pulverização foi realizada no dia 11/06/2024.

O monitoramento da presença de *D. sacharallis* foi realizado da mesma forma nas duas áreas, através de armadilhas do tipo Delta com o uso de fêmeas virgens para a atração dos machos adultos (BOTELHO et al.,1976). Foi distribuída na Área 1 e 2 a armadilha centralizada no talhão a qual permaneceu no local por 6 noites sendo verificada no 7º dia após a instalação (PINTO et. al., 2019). Na avaliação da armadilha foram capturados 18 machos adultos na Área 1, e 22 na Área 2, totalizando um total superior ao nível máximo de adultos por armadilha que é de 10 machos adultos/armadilha, sendo então necessário realizar alguma estratégia de controle da praga na área. Após a avaliação da armadilha foi realizada a programação da aplicação dos produtos no período de 5 dias após a captura dos machos adultos de acordo com a recomendação técnica utilizada para o manejo desta praga (PINTO et. al., 2019).

As áreas foram subdivididas em faixas de 0,50 ha, nas quais foram realizados os levantamentos prévios de infestação da broca da cana e também realizadas as aplicações dos tratamentos. O levantamento prévio (0 dias após a aplicação) foi realizado através da avaliação de 20 colmos, em cinco pontos aleatórios dentro das parcelas, sendo avaliados quatro colmos de cana-de-açúcar por ponto. Foram avaliados por colmo: número de entrenós totais e número de entrenós brocados. Após as avaliações foram realizadas as aplicações dos seguintes tratamentos: T1 - testemunha sem a aplicação de nenhum produto (testemunha negativa); T2 - produto comercial *Isaria fumorosea* na concentração $1x10^{11}$ produzido em sistema fabril (Octane®); T3 - fungo *I. fumorosea* na concentração $1x10^{11}$ produzido no modelo *On farm* com origem do isolado IB11, do Instituto Biológico de Campinas; T4 - produto químico contendo o i.a Clorantraniliprole (testemunha positiva; Altacor®). As aplicações ocorreram com uso de Drone modelo T 20P na vazão de 15 litros/hectare. Foram realizadas 3 faixas aleatórias para a aplicação de cada um dos tratamentos e utilizadas as dosagens de 0,5 kg/ha de cada insumo biológico contendo o fungo *I. fumorosea* e a dosagem de 0,06 kg/ha do produto químico contendo o i.a Clorantraniliprole. As aplicações foram

realizadas com as condições de umidade relativa do ar (UR) entre 48%-55%; temperatura entre 24°C-30°C, e velocidade do vento entre 6 e 9 km/h.

As avaliações foram realizadas nos dias 0 (levantamento prévio), 45 e 60 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos, seguindo a mesma metodologia de avaliação de danos nos colmos, para a Área 1, e no dia 0 e 45 para a Área 2. Durante os levantamentos foram desconsideradas as bordaduras de cada tratamento, 30 metros iniciais, do ponto de entrada do talhão aplicado.

Após o fim das avaliações os dados foram analisados através da contagem do número de entrenós brocados em relação ao número de entrenós totais.

2.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

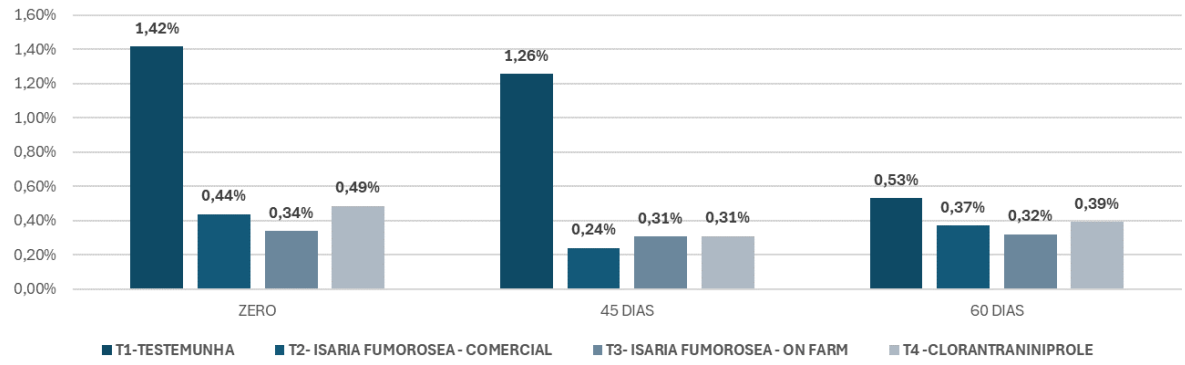
Para a avaliação dos dados foram utilizados os Modelos Lineares Generalizados (GLM) e os pressupostos dos diferentes modelos foram verificados. Os fatores analisados foram o número de entrenós totais considerando como variável dependente tratamentos e variáveis explicativas pontos de coleta e datas de avaliação, com o intuito de verificar a homogeneidade das plantas e da área avaliada, visando deparar apenas os tratamentos como fator de interferência. Após seleção do modelo realizou-se um teste de comparação, ANOVA - para dados paramétricos - ou Kruskal-Wallis - dados não paramétricos - e, posteriormente um teste pareado para verificar diferença entre os tratamentos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

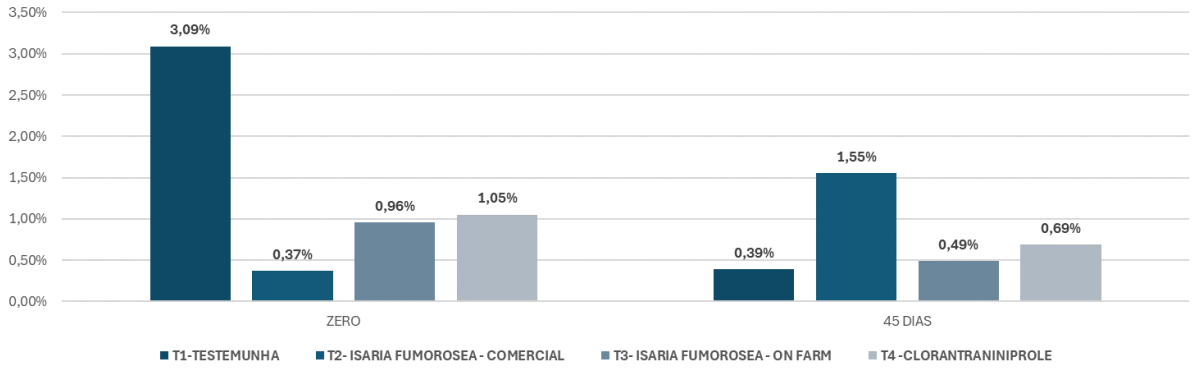
O índice de infestação final médio de broca da cana-de-açúcar após a aplicação de diferentes produtos para seu controle nas duas áreas avaliadas pode ser observado no Gráfico 1 (item A e B).

GRÁFICO 1 – Índice de infestação final médio (%) da broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* após a aplicação de diferentes produtos para seu controle. Item A – Resultado da avaliação na Área 1 aos 0, 45 e 60 dias após a aplicação. Item B – Resultado da avaliação na Área 2 aos 0 e 45 dias após a aplicação.

Item A



Item B



Para a Área 1, em relação aos dados de número de internódios totais houve ajuste ao Modelo de Poisson (Estimativa de Dispersão = 0,283), e o ajuste foi verificado pelo gráfico de resíduos (Apêndice 1). Nos dados estudados a maior parte dos resíduos se aproxima da linha de referência, porém alguns dados não seguem a distribuição normal. Foi utilizada a análise de Kruskal-Wallis e o teste pareado de Dunn para investigar como o tratamento, os pontos de coleta, data de avaliação e

suas interações afetaram o número de internódios totais. O fator tratamento não teve efeito significativo no número de internódios totais (p-valor = 0,790), indicando que as faixas dos tratamentos estavam homogêneas de maneira geral. O fator ponto de coleta em teve efeito significativo (p-valor = 0,025), o que indica que nos pontos pode ter ocorrido algum efeito de heterogeneidade que pode causar algum ruído na análise do tratamento posteriormente. Isso indica que os pontos de coleta dos colmos podem ser melhor homogeneizados em uma próxima montagem de experimento. Em relação ao fator data de avaliação, houve efeito muito significativo (p-valor < 0,001), o que é esperado uma vez que essa é uma variável temporal e que ao longo do tempo as plantas de cana-de-açúcar crescem, então o número de internódios totais será maior com o passar do tempo.

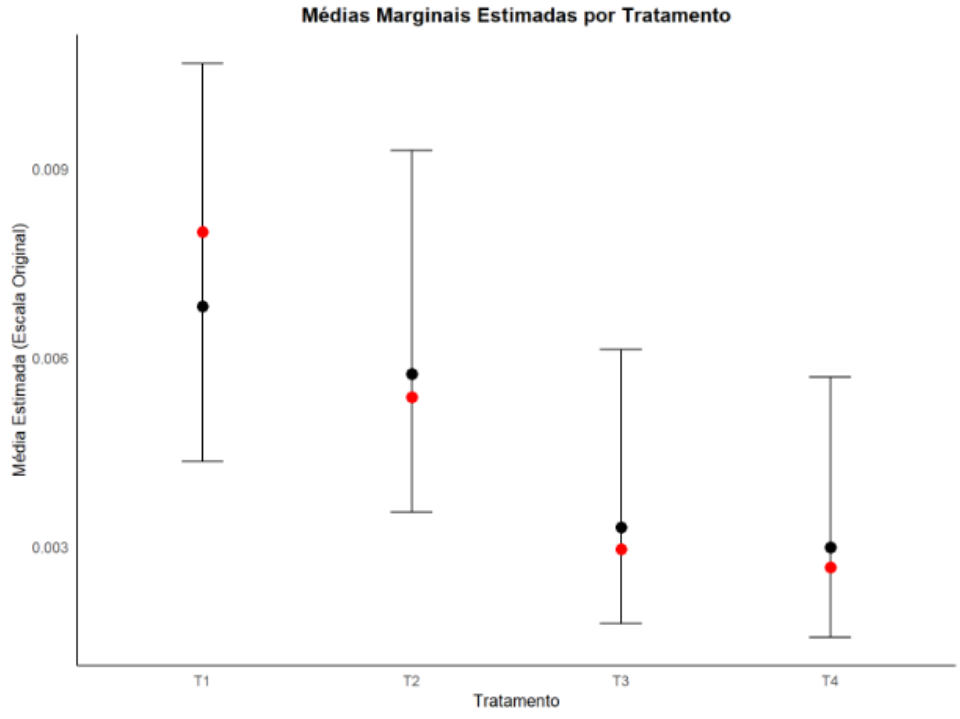
Ainda em relação a Área 1, para os dados de número de internódios brocados, dentre as famílias testadas (Binomial, Beta-Binomial, Binomial Inflacionada de Zeros e Beta-Binomial Inflacionada de Zeros) o que apresentou o melhor ajuste aos dados foi o Modelo Binomial Inflacionado de Zeros (Apêndice 2). Posteriormente foi realizado o teste de comparação múltipla com ajuste de Sidak e foi verificado que todos os p-valores de comparações entre os tratamentos foram superiores ao limiar de significância $\alpha = 0,05$ (Apêndice 3), indicando que, para esse conjunto de dados, os tratamentos não apresentaram diferença significativa na proporção de entrenós brocados.

Ao analisar os coeficientes exponenciais do modelo ajustado, é possível fazer uma segunda interpretação dos efeitos dos tratamentos em termos de razões de chance (“odds ratios”) (Apêndice 4). O valor das razões de chance quando todos os tratamentos são nulos (= sem efeito dos tratamentos) (Intercept = 0,1102) indica que a chance do evento (internódios brocados) acontecer é relativamente baixa, ou seja, a chance é pequena sem considerar os efeitos dos tratamentos. Esse resultado é esperado, pois a infestação de *D. saccharalis* em campo é normalmente baixa e heterogênea, mesmo com o alerta de aplicação acionado pela captura de machos em campo. Esse é um dos motivos pelos quais muitos testes com *D. saccharalis* são realizados com infestações artificiais em condições de semi-campo, casa de vegetação e laboratório. O coeficiente exponencial para o tratamento T2 é de 0,7502, ou seja, em comparação com o tratamento referência (T1 - controle), a razão do evento ocorrer é 0,7502 vezes a razão de T1 indicando uma leve redução

na chance de observar nós brocados. Essa mesma comparação é válida para T3 (valor 0,6962) e T4 (valor 0,6809), indicando que todos os produtos testados possuem uma chance de redução no evento de broqueamento de internódios. No entanto, como o índice de infestação no tratamento controle também foi baixo, essas reduções não foram significativas.

No Gráfico 2 é possível observar essa pequena redução apontada pelos coeficientes exponenciais na média real (pontos vermelhos) e estimada (pontos pretos) de entrenós brocados entre os tratamentos e controle, e, como intervalos de confiança da média de sobrepõem, essa diferença não é significativa.

Gráfico 2. Gráfico de médias marginais estimadas de número de internódios broqueados por *Diatraea saccharalis* em diferentes tratamentos de controle da praga (T1 - testemunha sem a aplicação de nenhum produto; T2 - produto comercial *Isaria fumorosea* - Octane®; T3 - fungo *I. fumorosea* na concentração $1x10^{11}$ produzido no modelo *On farm* com origem do isolado IB11, do Instituto Biológico de Campinas; T4 - produto contendo o i.a Clorantraniliprole (testemunha positiva; Altacor®). Pontos vermelhos são as médias reais e pontos pretos são as médias estimadas pelo modelo para a Área 1 experimental avaliada.



Para a Área 2, em relação aos dados de número de internódios totais houve ajuste ao Modelo de Poisson (Estimativa de Dispersão = 0,242), e o ajuste foi verificado pelo gráfico de resíduos (Apêndice 5). Uma vez atendido os pressupostos, a ANOVA foi utilizada novamente nessa área para investigar como o tratamento, os pontos de coleta, data de avaliação e suas interações afetaram o número de internódios totais. O fator tratamento não teve efeito significativo no número de internódios totais (p-valor = 0,467), indicando que as faixas dos tratamentos estavam homogêneas de maneira geral. O fator ponto de coleta para a área 2 não teve efeito significativo (p-valor = 0,287), o que indica que para essa área não houve efeito de heterogeneidade. Em relação ao fator data de avaliação, houve efeito muito significativo (p-valor <0,001), assim como na Área 1, o que é esperado uma vez que essa é uma variável temporal e que ao longo do tempo as plantas de cana-de-açúcar crescem, então o número de internódios totais será maior com o passar do tempo.

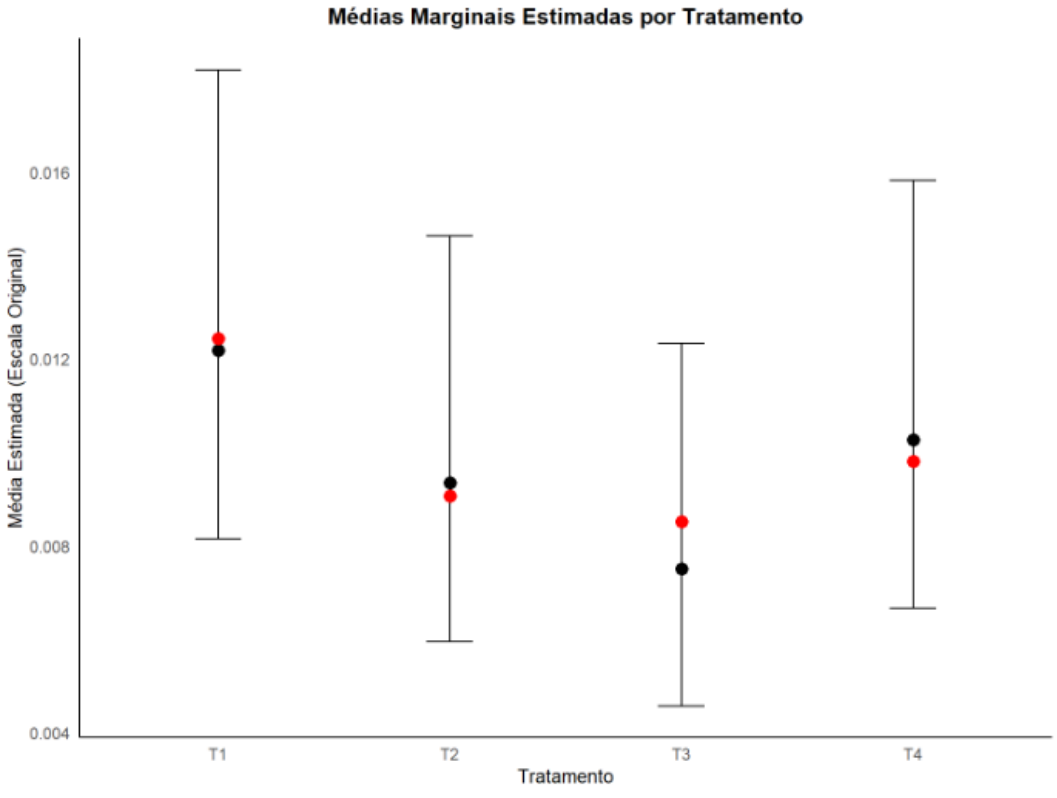
Ainda em relação a Área 2, para os dados de número de internódios brocados, as mesmas famílias de modelos foram testadas, e o que apresentou melhor ajuste aos dados foi novamente o Modelo Binomial Inflacionado de Zeros (Apêndice 6). Posteriormente foi realizado o teste de comparação múltipla com ajuste de Sidak e foi verificado que todos os p-valores de comparações entre os tratamentos foram superiores ao limiar de significância $\alpha = 0,05$ (Apêndice 7), indicando que, para esse conjunto de dados, os tratamentos não apresentaram diferença significativa na proporção de entrenós brocados.

Ao analisar os coeficientes exponenciais do modelo ajustado para a Área 2 experimental também foi possível fazer uma segunda interpretação dos efeitos dos tratamentos em termos de razões de chance (“odds ratios”) (Apêndice 8), assim como realizado para a Área 1. O valor das razões de chance quando todos os tratamentos são nulos (= sem efeito dos tratamentos) (Intercept = 0,1028) indicou que a chance do evento (internódios brocados) acontecer também foi relativamente baixa. O coeficiente exponencial para o tratamento T2 foi de 0,9156, ou seja, em comparação com o grupo referência (T1 - controle), a razão do evento ocorrer para T2 é 0,9156 vezes a razão de T1 indicando uma leve diminuição na chance. Essa mesma comparação é válida para T3 (valor 1,0045) e T4 (valor 0,8626), indicando que todos os produtos testados possuem uma chance de redução no evento de

broqueamento de internódios, ou no caso de T3 uma chance similar à da testemunha T1 (valor próximo de 1). No entanto, como o índice de infestação no tratamento controle também foi baixo, essas reduções não foram signiticativas.

É possível observar no Gráfico 3 essa pequena redução apontada pelos coeficientes exponenciais na média real (pontos vermelhos) e estimadas (pontos pretos) de entrenós brocados entre os tratamentos e controle, e, como os intervalos de confiança da média se sobrepõem, essa diferença não é significativa.

Gráfico 3. Gráfico de médias marginais estimadas de número de internódios broqueados por *Diatraea saccharalis* em diferentes tratamentos de controle da praga (T1 - testemunha sem a aplicação de nenhum produto; T2 - produto comercial *Isaria fumorosea* - Octane®; T3 - fungo *I. fumorosea* na concentração $1x10^{11}$ produzido no modelo *On farm* com origem do isolado IB11, do Instituto Biológico de Campinas; T4 - produto contendo o i.a Clorantraniliprole (testemunha positiva; Altacor®). Pontos vermelhos são as médias reais e pontos pretos são as médias estimadas pelo modelo para a Área 2 experimental avaliada.



Esses resultados observados para as áreas 1 e 2 reforçam a necessidade de se realizar infestações artificiais de lagartas de *D. saccharalis* para realizar ensaios de comparação de produtos em campo. Esse é um dos motivos da dificuldade para esse tipo de ensaio em campo, o que gera a pouca quantidade de trabalhos dessa natureza na literatura.

O controle biológico é bastante utilizado na cana-de-açúcar por meio dos fungos entomopatogênicos *B. bassiana* e *M. anisopliae*, com os mesmos sendo empregados no controle de inúmeras pragas agrícolas de grande importância, como por exemplo *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae), *Alabama argillacea* (Hübner, 1823) (Lepidoptera: Erebidae) e *D. saccharalis* (Zappelini et al., 2010). Deve ser ressaltado que o uso da bactéria *B. thuringiensis* é um caso de sucesso no mundo para o controle de diversas espécies de pragas agrícolas e urbanas há mais de cinco décadas, sendo responsável por 90% do faturamento mundial dos bioinseticidas (Polanczyk e Alves, 2003).

Trabalhos com a utilização de fungos entomopatogênicos para o controle de *D. saccharalis* tem apresentado excelentes resultados nas mais diversas fases da praga. Os fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae*, em doses subletais, comprometem características biológicas determinantes para o sucesso de *D. saccharalis* como praga, tais como longevidade, fecundidade e viabilidade de ovos (DE OLIVEIRA *et al*., 2008). Segundo estes autores os fungos *M. anisopliae* e *B. bassiana* utilizados para o controle de pragas de cana-de-açúcar ocasionam danos significativos à biologia de *D. saccharalis*, alterando o ritmo de crescimento da população e originando gerações com menos indivíduos.

Os produtos produzidos no sistema *On farm* são de grande importância no mercado brasileiro pois além de reduzir os custos de produção agrícola também são produzidos com baixo impacto ambiental nas propriedades reduzindo o consumo de produtos químicos. O estudo deste sistema de produção e dos produtos produzidos nele, são de grande importância para garantia da segurança do produtor para que se tenha a garantia do melhor uso destes insumos principalmente quando utilizados no controle de pragas.

Os resultados deste trabalho demonstraram que os produtos testaram não diferiram entre si, nem mesmo em relação a testemunha. Porém a análise dos dados totais e da comparação entre os tratamentos indica que mudança no desenho

experimental pode ser necessária em trabalhos futuros para existir maior eficiência na montagem de testes de produtos a campo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados analisados demonstraram que não houve diferença estatística na infestação final de colmos brocados por *D. saccharalis* através dos produtos testados (controle positivo químico, i.a. clorantraniliprole, e pelos bioprodutos a base de *I. fumorosea*, nos métodos de produção fabril ou *On Farm*), até 60 dias após o aplicação. O trabalho realizado também demonstrou a dificuldade da análise de dados em campo de *D. saccharalis* e, consequentemente, de testes de produtos para seu controle devido à baixa infestação natural ocorrendo nessa situação.

4.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como recomendação para trabalhos futuros a sugestão é de se realizar a comparação entre tratamentos para controle da broca da cana-de-açúcar somente em área com altíssima infestação de lagartas ou em áreas de semi-campo ou casa de vegetação com infestação artificial. No caso do trabalho apresentado, mesmo ocorrendo o alerta de aplicação através das armadilhas tipo Delta capturando machos (> de 10 machos por armadilha), o número de internódios brocados ainda foi extremamente baixo (mesmo na testemunha negativa), o que dificulta a análise e diferenças detectáveis estatisticamente que possam ser causadas pela aplicação de produtos para controle.

Além disso, para trabalhos mais aprofundados, sugere-se realizar mais semi-campos de avaliações em diferentes regiões; alterar as épocas de aplicações dos tratamentos para avaliação do impacto clima; realizar os tratamentos em diferentes cultivares de cana-de-açúcar; e realizar variações das dosagens dos produtos para definição de dosagens mínimas e máximas efetivas para o controle.

5 REFERÊNCIAS

ALVES, S.B.; RISCO, S.H.; SILVEIRA NETO, S.; MACHADO NETO R. 1984. Pathogenicity of nine isolates of *Metarhizium anisopliae* to *Diatraea saccharalis* Zeitsch. Angew. Entomol. 97: 403-406

ALVES, S.B. 1992. Perspectivas para utilização de fungos entomopatogênicos no controle de pragas no Brasil. Pesq. Agropec. Bras. 27: 77-86.

ALVES, S. B. Fungos entomopatogênicos. In: Controle Microbiano de Insetos. 2.ed., Piracicaba: FEALQ, 1998, p. 289-381.

AMABILE, R.F., ORG. Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369p. il. Color

BOTELHO, P. S. M.; MENDES, A. C.; MACEDO N.; SILVEIRA NETO, S. Testes comparativos de armadilhas para coleta de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794). Brasil Açucareiro, v. 88, p. 38-42, 1976.

BRIDGE, P.D.; ABRAHAM, Y.J.; CORNISH, M.C.; PRIOR, C.; MOORE, D. 1990. The chemotaxonomy of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) isolated from coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Mycology 111: 85-90.

CONAB. Boletim cana-de-açúcar – 4º Levantamento – 2023/24 (18/04/2024). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>. Acesso em 12 jun. 2024.

DE OLIVEIRA, M. A. P. et al. Efeito de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. sobre características biológicas de *Diatraea saccharalis* F.(Lepidoptera: Crambidae). Acta Scientiarum. Biological Sciences, v. 30, n. 2, p. 219-224, 2008.

EKESI, S.; MANIANIA, N.K. Susceptibility of *Megalurothrips sjostedti* developmental stages to *Metarhizium anisopliae* and the effects of infection on feeding, adult fecundity, egg fertility and longevity. Entomologia Experimentalis et Applicata, Dordrencht, v. 94, n. 3, p. 229-236, 2000.

FRANCISCO, E.A.; MOCHI, D. A.; CORREIA, A.C.B.; MONTEIRO, A.C.M. Influence of culture media in viability test of conidia of entomopathogenic fungi. Ciência Rural, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1309-1312, 2006.

Governo do Paraná. Com tecnologia e produtividade, cana-de-açúcar volta a brilhar no Norte Pioneiro - Agência de Notícia do Paraná (16 de agosto de 2021). Disponível em: < https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Com-tecnologia-e-produtividade-cana-de-acucar-volta-brilhar-no-Norte-Pioneiro >. Acesso em 17 jun. 2024.

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

MENDONÇA, A. F. et al. Manejo integrado da broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lep.: Pyralidae) na Agrosserra, Maranhão, Brasil. In: MENDONÇA A.F. (Ed.). Pragas da cana-de-açúcar. Maceió: Insetos e Cia, 1996. cap. 5, p. 219-225.

MACEDO, NMED; MACEDO, D. As pragas de maior incidência nos canaviais e seus controles. Visão agrícola, v. 1, n. 1, p. 38-46, 2004.

MULOCK, B.S.; CHANDLER, L.D. Effect of *Beauveria bassiana* on the fecundity of western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). Biological Control, London, v. 22, p. 16-21, 2001.

PEREIRA, R.M., J.L. STIMAC & S.B. ALVES. 1993. Soil antagonism affecting the dose-response of workers of the red imported fire ant *Solenopsis invicta*, to *Beauveria bassiana* conidia. J. Invertebr. Pathol. 61: 156-161.

PINTO, A. S. Controle de Praga da Cana-de-Açúcar. Boletim técnico biocontrol, n. 1, 2006. 64 p. RODRÍGUEZ -S., M.; GERDING-P., M.; FRANCE-I., A. Selección de aislamientos de hongos entomopatógenos para el control de huevos de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: gelechiidae). Agricultura Técnica, Santiago Del Chile, v. 66, n. 2, p. 151-158, 2006.

PINTO, A. D. S.; RODRIGUES, L. R.; OLIVA, M. B. Uso de armadilhas de feromônio para a broca-da-cana, *Diatraea* spp., em canaviais. (2ª ed.) Piracicaba, Occasio, 2019, 24p.

OLIVEIRA, M. A. P.; MARQUES, E. J.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; BARROS, R. Efeito de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e Metarhizium anisopliae (Metsch.) Sorok. sobre características biológicas de *Diatraea saccharalis* F. (Lepidoptera: Crambidae). Acta Scientiarum, Ciências Biológicas, v. 30, n. 2, p. 219-224, 2008

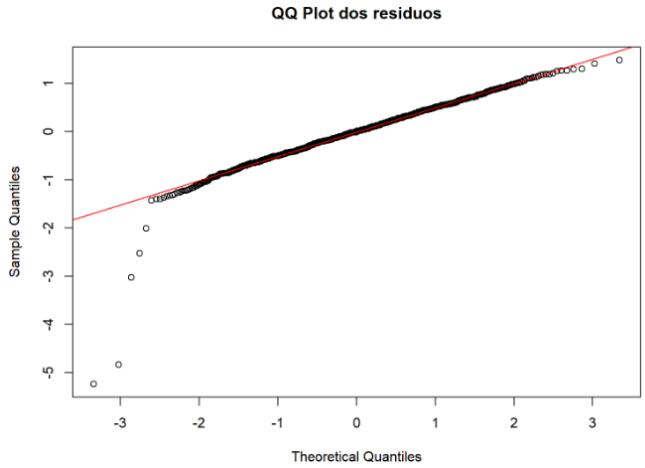
SANTANA, D. F. Produção on farm de insumos biológicos no Brasil: benefícios, riscos e tendências. 2022. 48 f., il. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

SANTOS, ADAILSON; DINNAS, SOPHIA; FEITOZA, ADRIANE. Qualidade microbiológica de bioprodutos comerciais multiplicados *on farm* no vale do são francisco: DADOS PRELIMINARES. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, v. 17, n. 34, 2020.

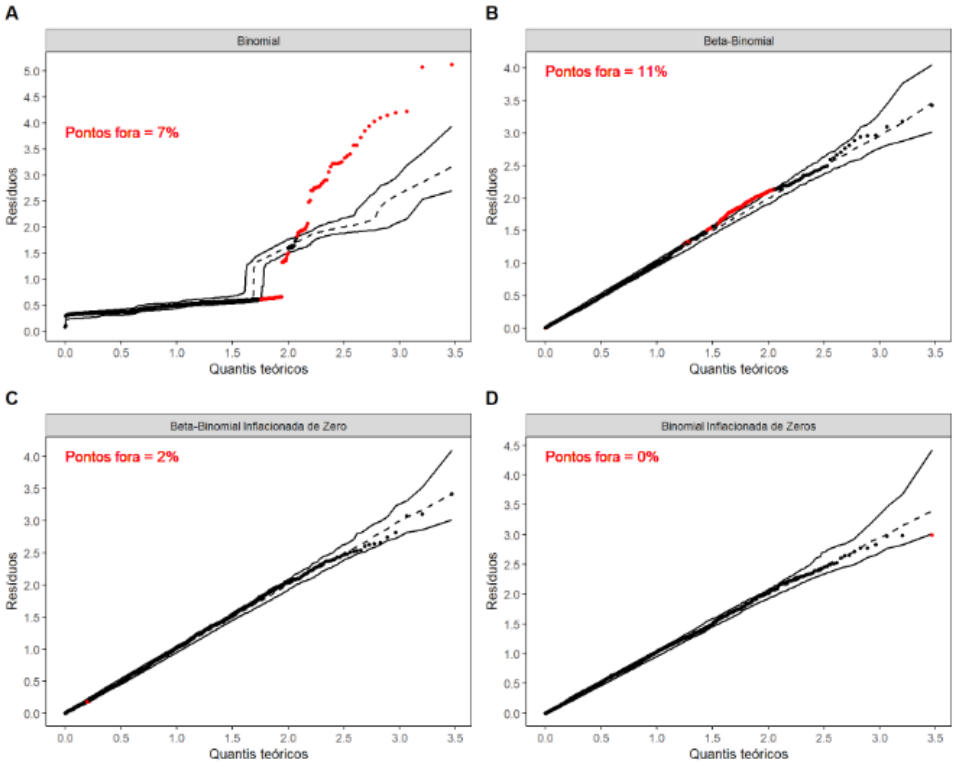
TORDIN, C. Microrganismos compõem o sistema imunológico do solo e impactam a saúde das plantas. EMBRAPA, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/42670178/microrganismos-44 compoem-o-sistema-imunologico-do-solo-e-impactam-a-saude-das-plantas>. Acesso em: 28 de fev. de 2022.

APÊNDICE 1

Apêndice 1. Gráfico QQ comparando os quantis dos resíduos do número de internódios total de cana-de-açúcar da Área Experimental 1 com os quantis dos resíduos teóricos de uma distribuição normal.



Apêndice 2. Gráficos HNP (Half Normal Plot) indicando a qualidade do ajuste dos modelos testados (Binomial, Beta Binomial, Binomial Inflacionada de Zero, Beta Binomial Inflacionada de Zero) ao número de internódios brocados por *Diatraea saccharalis* na Área Experimental 1.



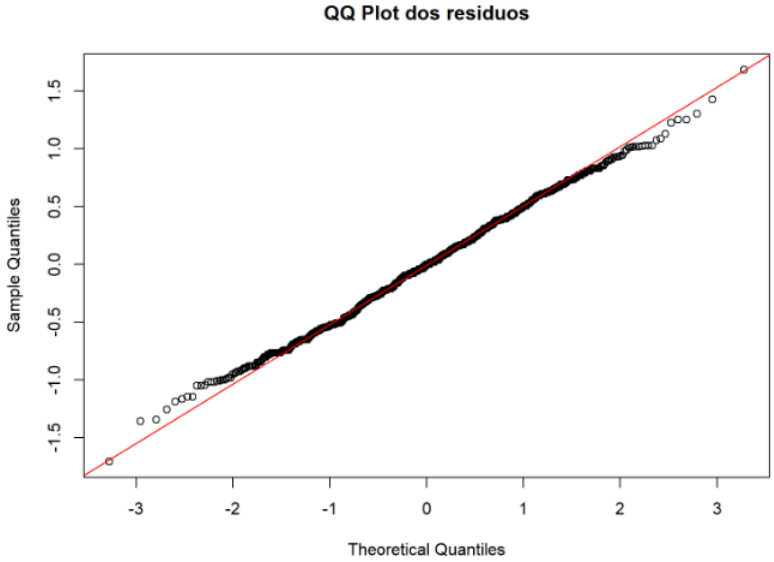
Apêndice 3. Tabela de resultados do teste de comparação múltipla (com ajuste de Sidak) entre os dados de número de internódios brocados pela broca da cana *Diatraea saccharalis* da Área Experimental 1 com diferentes tratamentos de controle.

```
##  contrast estimate    SE  df z.ratio p.value
##  T1 - T2    0.2874 0.304 Inf   0.946  0.9206
##  T1 - T3    0.3622 0.353 Inf   1.026  0.8871
##  T1 - T4    0.3844 0.352 Inf   1.091  0.8549
##  T2 - T3    0.0747 0.324 Inf   0.230  1.0000
##  T2 - T4    0.0969 0.324 Inf   0.300  0.9998
##  T3 - T4    0.0222 0.370 Inf   0.060  1.0000
##
## Results are given on the log odds ratio (not the response) scale.
## P value adjustment: sidak method for 6 tests
```

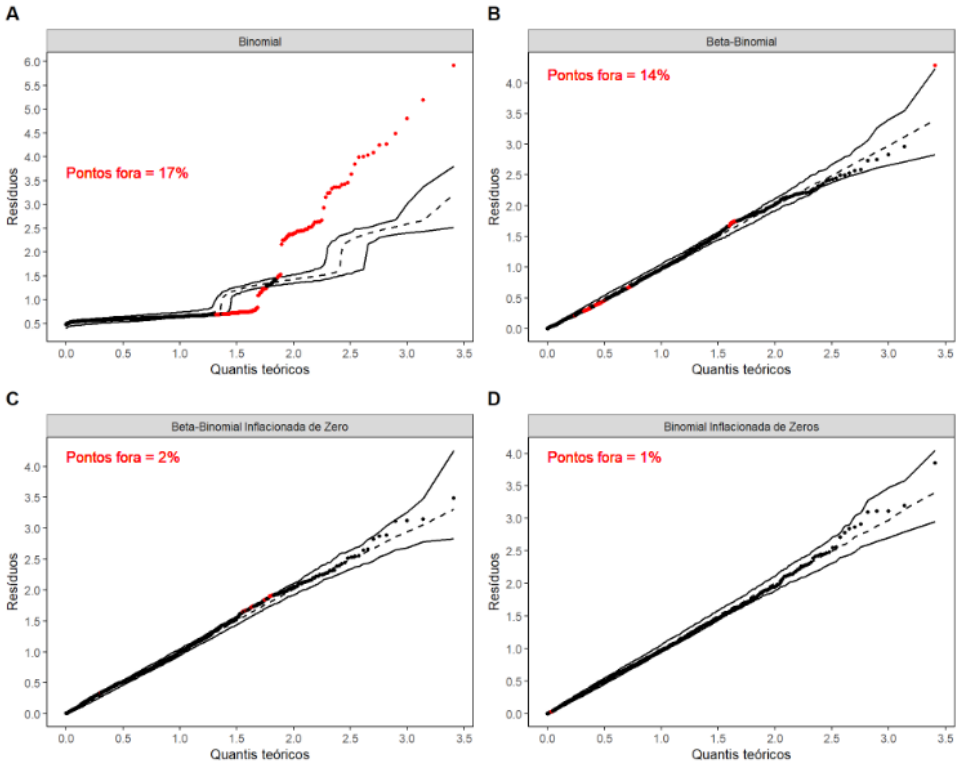
Apêndice 4. Tabela de resultados dos coeficientes exponenciais em termos de razões de chance do evento acontecer (internódio brocado) (Odds ratios) dos efeitos dos tratamentos (diferentes produtos de controle) no brocamento de internódios pela broca da cana *Diatraea saccharalis* na Área Experimental 1.

```
##  (Intercept) tratamentoT2 tratamentoT3 tratamentoT4
##    0.1102180    0.7501823    0.6961687    0.6808872
```

Apêndice 5. Gráfico QQ comparando os quantis dos resíduos do número de internódios total de cana-de-açúcar da Área Experimental 2 com os quantis dos resíduos teóricos de uma distribuição normal.



Apêndice 6. Gráficos HNP (Half Normal Plot) indicando a qualidade do ajuste dos modelos testados (Binomial, Beta Binomial, Binomial Inflacionada de Zero, Beta Binomial Inflacionada de Zero) ao número de internódios brocados por *Diatraea saccharalis* na Área Experimental 2.



Apêndice 7. Tabela de resultados do teste de comparação múltipla (com ajuste de Sidak) entre os dados de número de internódios brocados pela broca da cana *Diatraea saccharalis* da Área Experimental 2 com diferentes tratamentos de controle.

```
##  contrast estimate    SE  df z.ratio p.value
##  T1 - T2   0.08823 0.370 Inf   0.238  1.0000
##  T1 - T3  -0.00458 0.377 Inf  -0.012  1.0000
##  T1 - T4   0.14778 0.371 Inf   0.398  0.9991
##  T2 - T3  -0.09281 0.255 Inf  -0.364  0.9995
##  T2 - T4   0.05955 0.247 Inf   0.241  1.0000
##  T3 - T4   0.15236 0.257 Inf   0.594  0.9920
##
## Results are given on the log odds ratio (not the response) scale.
## P value adjustment: sidak method for 6 tests
```

Apêndice 8. Tabela de resultados dos coeficientes exponenciais em termos de razões de chance do evento acontecer (internódio brocado) (Odds ratios) dos efeitos dos tratamentos (diferentes produtos de controle) no brocamento de internódios pela broca da cana *Diatraea saccharalis* na Área Experimental 2.

```
##  (Intercept) tratamentoT2 tratamentoT3 tratamentoT4
##    0.1028559    0.9155529    1.0045947    0.8626241
```