

DIEGO DOS SANTOS SOUZA

CLORANTRANILIPROLE EM BICHO-MINEIRO DO CAFEEIRO (*Leucoptera coffeella*): BIOLOGIA E COMPORTAMENTO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Raul Narciso Carvalho Guedes

Coorientadora: Maria Aparecida Castellani

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S729c Souza, Diego dos Santos, 1996-
2022 Clorantraniliprole em bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*): biologia e comportamento / Diego dos Santos Souza. – Viçosa, MG, 2022.
1 dissertação eletrônica (34 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Raul Narciso Carvalho Guedes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Entomologia, 2022.

Referências bibliográficas: f. 26-31.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.090>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Diamida (Inseticida). 2. *Leucoptera coffeella* - Comportamento. 3. Taxa respiratória. 4. *Leucoptera coffeella* - Mortalidade. I. Guedes, Raul Narciso Carvalho, 1967-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Entomologia. Programa de Pós-graduação em Entomologia. III. Título.

CDD 22. ed. 632.9517

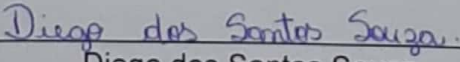
DIEGO DOS SANTOS SOUZA

CLORANTRILANILIPROLE EM BICHO-MINEIRO DO CAFEIEIRO (*Leucoptera coffeella*): BIOLOGIA E COMPORTAMENTO

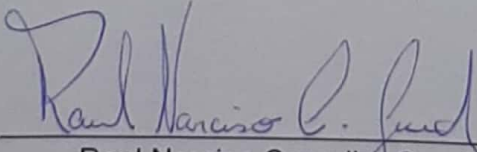
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 18 de fevereiro de 2022.

Assentimento:



Diego dos Santos Souza
Autor



Raul Narciso Carvalho Guedes
Orientador

Aos meus pais e minhas irmãs pelo amor e apoio incondicionais,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, luz de meus dias e fonte inesgotável de força por sempre me iluminar e me fazer enxergar além do imaginável;

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia pelo acolhimento e por ter sido minha casa e fonte de conhecimento durante esses dois anos, pela formação e por ter me tornado um ser humano e um profissional melhor;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela concessão da bolsa viabilizou a execução deste projeto – Processo 131647/2020-2;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001;

À FMC Agrícola pelo apoio, em especial ao Dr. Fábio Maximiniano A. Silva;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Raul Narciso C. Guedes, pela oportunidade, pelos conhecimentos e conselhos e por estar sempre disponível e acreditando no meu potencial;

À minha coorientadora Prof^a Dr^a Maria Aparecida Castellani, por se mostrar sempre disposta a me ajudar no que fosse necessário;

A todos do Laboratório de Ecotoxicologia de Inseticidas e Ecofisiologia de Insetos, pelo apoio, pelos conselhos e momentos de descontração. Em especial a Luana, pelo ombro amigo;

Aos meus estagiários Cesar Dias e Josiele Broetto, especialmente Cesar por me acompanhar desde o início da jornada e não medir esforços para me ajudar. Vocês se tornaram mais que meus companheiros de trabalhos, tornaram-se grandes amigos;

A Abraão e Juliana pelos inúmeros conselhos, pela ajuda e pelas conversas descontraídas que fizeram os dias de trabalho mais leves e divertidos. Por terem me ensinado a acreditar mais em mim, por todo incentivo e pela torcida incessante;

Às minhas irmãs, Beatriz e Carine, pelo porto seguro, amor e carinho;

E um agradecimento mais que especial aos meus pais, Luzia e Hamilton, pela fonte incondicional de amor e inspiração, por serem meus exemplos de seres humanos, humildade e dedicação e por fazer de meu sonho os seus. Por muitas vezes terem abdicado da própria felicidade em prol da minha e por nunca terem me deixado parar de seguir.

RESUMO

SOUZA, Diego dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2022. **Clorantraniliprole em bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*): Biologia e comportamento**. Orientador: Raul Narciso Carvalho Guedes. Coorientadora: Maria Aparecida Castellani.

As tendências comportamentais dos insetos podem impactar diretamente a eficiência da tática de controle químico, pois podem reduzir a exposição dos indivíduos ao inseticida. No caso de moléculas mais recentes como o clorantraniliprole, a resistência já vem sendo reportada no bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*, Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842), principal praga da cultura do café na região Neotropical. Compreender como o inseticida afeta o comportamento e a biologia da espécie é crucial para o manejo adequado da molécula e estender a sua eficiência no campo. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do clorantraniliprole em aspectos comportamentais e da biologia em populações de *L. coffeella*. Adultos foram utilizados em bioensaios de preferência para oviposição, com e sem chance de escolha, utilizando mudas de cafeeiro tratadas ou não com clorantraniliprole. Os adultos foram, também, submetidos a bioensaios de sobrevivência e quantificação da taxa respiratória após a exposição ao inseticida [0,078 mg i.a. mL⁻¹, equivalendo a 90 g.p.c. ha⁻¹ (31,5 g i.a. ha⁻¹) com volume de calda de 400 L ha⁻¹]. O desenvolvimento e a mortalidade foram acompanhados após exposição ao clorantraniliprole durante a fase de ovo e o consumo foliar das larvas foi mensurado por meio de imagens de raio X. A presença do inseticida não afetou o comportamento das fêmeas para escolha do local de oviposição em nenhuma das populações nos dois bioensaios realizados. A população de Barreiras (BA) apresentou maior probabilidade de sobrevivência ao inseticida em relação à população de Viçosa (MG), maior consumo foliar total, menores tempos letais medianos e taxas respiratórias ($p > 0.001$) foram observados para adultos desta mesma população. Os resultados aqui apresentados fornecem subsídios para o aperfeiçoamento do uso do clorantraniliprole no controle de *L. coffeella* e para compreensão de como as populações da espécie estão se comportando na presença da molécula.

Palavras-chave: Diamida antranílica. Comportamento. Taxa respiratória. Tempo letal.

ABSTRACT

SOUZA, Diego dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February 2022. **Chlorantraniliprole in coffee leaf miner (*Leucoptera coffeella*): Biology and behavior.** Adviser: Raul Narciso Carvalho Guedes. Co-adviser: Maria Aparecida Castellani.

The behavioral tendencies of insects can directly impact the efficiency of chemical control tactics, as they can reduce the exposure of individuals to the insecticide. In the case of newer molecules such as chlorantraniliprole, resistance has already been reported in the coffee leaf miner (*Leucoptera coffeella*, Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842), the main pest of the coffee crop in the Neotropics. Understanding how the insecticide affects the behavior and biology of the species is crucial for the proper management of the molecule and extending its efficiency in the field. The objective of this study was to evaluate the effects of chlorantraniliprole on behavioral aspects and biology in populations of *L. coffeella*. Adults were used in bioassays of oviposition preference, with and without choice, using coffee seedlings treated or not with chlorantraniliprole. Adults were also submitted to survival bioassays and respiration rate quantification after exposure to the insecticide [0.078 mg a.i. mL⁻¹, equivalent to 90 g.p.c. ha⁻¹ (31.5 g a.i. ha⁻¹) with a 400 L ha⁻¹ spray volume]. Development and mortality were followed after exposure to chlorantraniliprole during the egg stage and larval leaf consumption was measured using X-ray images. The presence of the insecticide did not affect the behavior of females for oviposition site selection in either population in the two bioassays performed. The population from Barreiras (BA) showed higher probability of survival to the insecticide compared to the population from Viçosa (MG), higher total leaf consumption, lower median lethal times and respiration rates ($p > 0.001$) were observed for adults from this same population. The results presented here provide subsidies for improving the use of chlorantraniliprole in the control of *L. coffeella* and for understanding how populations of the species are behaving in the presence of the molecule.

Keywords: Anthranilic diamide. Behavior. Respiration rate. Lethal time.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
2.1 Inseticida e insetos	11
2.2 Preferência para oviposição de <i>L. coffeella</i>	11
2.2.1 Com chance de escolha	11
2.2.2 Sem chance de escolha.....	12
2.3 Sobrevivência e desenvolvimento de <i>L. coffeella</i>	12
2.4 Sobrevivência de adultos de <i>L. coffeella</i>	13
2.5 Atividade respiratória de <i>L. coffeella</i>	13
2.6 Consumo foliar de <i>L. coffeella</i>	14
2.7 Análise estatística	14
3. RESULTADOS	16
3.1 Preferência para oviposição de <i>L. coffeella</i>	16
3.1.1 Com chance de escolha	16
3.1.2 Sem chance de escolha.....	17
3.2 Sobrevivência e desenvolvimento de <i>L. coffeella</i>	17
3.3 Sobrevivência de adultos de <i>L. coffeella</i>	18
3.4 Atividade respiratória de <i>L. coffeella</i>	19
3.5 Consumo foliar de <i>L. coffeella</i>	20
4. DISCUSSÃO	22
5. CONCLUSÕES.....	25
REFERÊNCIAS	26
APÊNDICE	32

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa há 150 anos o posto de maior produtor mundial de café, e a segunda posição entre os países consumidores da bebida (ABIC, 2020). Mas, para se manter nesta posição os produtores precisam lidar constantemente com insetos pragas, dentre os quais está o bicho-mineiro do cafeeiro, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae), uma das principais espécies de pragas da cultura na região Neotropical (PANTOJA-GOMEZ et al., 2019). O bicho-mineiro do cafeeiro tem sua ocorrência reportada na África, Ásia, América Central, Ilhas do Caribe e na América do Sul (BOX, 1923; GREEN, 1984; PEREIRA et al., 2007a). No Brasil, sua presença foi detectada por volta do século XIX e desde então se tornou uma praga chave para cultura do café (MEDINA FILHO; CARVALHO; MÔNACO, 1977).

O bicho-mineiro do cafeeiro é um microlepidoptero cujo desenvolvimento ocorre favoravelmente a temperatura de 25 ± 2 °C e $70 \pm 4\%$ de umidade relativa (JARAMILLO; PARRA, 2017; GIRALDO-JARAMILLO; GARCIA-GONZALEZ; BAJONERO RUGNO, 2019) . As fêmeas da espécie depositam seus ovos na superfície adaxial das folhas. Quando estes eclodem, as larvas emergem através da parede do ovo em contato com a folha, fazendo minas e alimentando-se exclusivamente do parênquima paliçádico (RAMIRO et al., 2004; MERIÑO-CABRERA et al., 2018).

O comprometimento da área fotossintética das folhas, causado pelo dano desta praga, diminui a produtividade da cultura do café. As perdas anuais são em média de 40%, podendo atingir 80%, quando *L. coffeella* apresenta alta densidade populacional (TUELHER et al., 2003; PEREIRA et al., 2007b). O aumento dos níveis de infestação pode resultar no uso intensivo de pesticidas, atingindo até 20 aplicações por ano (LEITE et al., 2020a).

Comumente são utilizados inseticidas neurotóxicos para o controle do bicho-mineiro, principalmente organofosforados, carbamatos, piretróides e neonicotinóides, que são moléculas mais persistentes, e o grupo mais recentemente utilizado as diamidas (COSTA et al., 2016).

A pressão de seleção causada pelo uso irracional de inseticidas levou à detecção de resistência em populações de *L. coffeella*. Nos últimos anos a resistência tem sido reportada para moléculas mais novas, como os princípios ativos tiametoxam

(neonicotinóides) e clorraniliprole (diamidas) (COSTA et al., 2016, LEITE et al., 2020b, 2021).

O clorraniliprole pertence à classe das diamidas, uma das classes mais recentes de inseticidas, que atua nos receptores de rianodina promovendo a liberação descontrolada dos estoques celulares de cálcio nas fibras musculares (JEANGUENAT, 2013; CUI et al., 2017). Essa condição leva à cessação alimentar, letargia, paralisia contrátil e eventualmente morte de insetos (TEIXEIRA; ANDALORO, 2013). O clorraniliprole também tem um perfil ecotoxicológico favorável, ou seja, são seletivos aos inimigos naturais e invertebrados do solo (BRUGGER et al., 2010; LAVTIŽAR et al., 2016; WHALEN et al., 2016)

A rápida capacidade dos insetos em tolerar a pressão de seleção favorece o aumento de indivíduos resistentes a inseticidas, representando um problema para o manejo eficaz de espécies pragas (GUEDES et al., 2016). Desenvolver moléculas que atuam em novos sítios bioquímicos e com novos modos de ação é, portanto, de importância crítica na proteção de culturas (LAHM et al., 2007).

Embora os inseticidas amplamente utilizados na redução de populações de espécies praga que alcançam altos níveis de infestação, sejam ferramentas importantes para a agricultura, seu uso indiscriminado tem causado desequilíbrios biológicos em populações e comunidades de artrópodes, principalmente relacionados a mudanças ecológicas e fisiológicas em seu comportamento (GUEDES et al., 2016; GUEDES; WALSE; THRONE, 2017). Assim, traços comportamentais isolados, bem como o conjunto integrado de tendências comportamentais do indivíduo, devem receber mais atenção porque esses fatores podem afetar a exposição a inseticidas (KRALJ-FIŠER; SCHUETT, 2014).

Apesar de sua importância ecológico-prática e da grande relevância dos conhecimentos básicos para o manejo de pragas, pesquisas sobre os impactos do clorraniliprole na fisiologia e comportamento do bicho-mineiro do cafeeiro e em outros insetos continuam escassas, comprometendo o potencial desenvolvimento de estratégias otimizadas de manejo dessa espécie praga. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do clorraniliprole em aspectos comportamentais e biológicos em insetos de duas populações de *L. coffeella*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Inseticida e insetos

O inseticida utilizado, clorantraniliprole (350 g ia kg⁻¹, grânulos dispersíveis em água, FMC, Paulínia, SP, Brasil), foi cedido pela FMC Química do Brasil LTDA.

As populações do bicho-mineiro do cafeeiro foram obtidas em duas regiões sob diferentes níveis de exposição ao clorantraniliprole. A primeira foi proveniente da cidade de Barreiras no estado da Bahia (-45°30'44"W; -12°18'16,04"S), onde já foi reportada a resistência do bicho-mineiro ao clorantraniliprole devido ao uso contínuo deste inseticida na região (LEITE et al., 2020b). A segunda foi coletada no campo experimental do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa no estado de Minas Gerais (-42°51'02.7"W; -20°44'48.2"S), sem aplicação de pesticida há 10 anos. Ambas as populações foram coletadas de plantas de café cv. 'Catuaí'. As folhas de café com minas e pupas foram coletadas em campo, acondicionadas em sacos de papel Kraft e levadas para o laboratório. Aquelas que continham minas foram dispostas em gaiolas de madeira (65 x 65 x 65 cm) revestidas com tecido de organza, e as pupas foram armazenadas em tubos de vidro e acondicionadas em estufas BOD (25 °C, 70 ± 4% e fotoperíodo de 12 horas) até a emergência dos adultos. Posteriormente, os adultos foram liberados em gaiolas, semelhantes as descritas anteriormente, contendo mudas de café (cv. 'Catuaí'). Todos os experimentos foram realizados utilizando as duas populações: Barreiras - BA e Viçosa - MG, mantidas a temperatura de 25 ± 2 °C e 70 ± 4% de umidade relativa do ar. Toda a criação foi mantida no laboratório, a população de Barreiras – BA já vem sendo mantida nestas condições por dois anos sem pressão de seleção por inseticidas. A população de Viçosa – MG não sofre nenhum tipo de pressão de seleção por inseticidas.

2.2 Preferência para oviposição de *L. coffeella*

2.2.1 Com chance de escolha

Quatro mudas de café com seis meses de idade e dez pares de folhas foi utilizado nos experimentos em gaiolas. Cada gaiola (30 x 30 x 30 cm) recebeu duas mudas pulverizadas com calda do inseticida clorantraniliprole na concentração recomendada pelo fabricante para o controle do bicho-mineiro [0,078 mg i.a. mL⁻¹, equivalendo a 90 g.p.c. ha⁻¹ (31,5 g i.a. ha⁻¹) com volume de calda de 400 L ha⁻¹], e

outras duas pulverizadas com água (controle). A pulverização foi feita com um aerógrafo (Sagyma, SW -775, Brasil) a três bar de pressão utilizando 5 mL de solução por planta.

Insetos adultos com 24 horas de idade foram capturados e isolados em tubos eppendorf, estes foram sexados conforme Wolcott (1947) momentos antes da soltura nas gaiolas.

Após uma hora da aplicação, 15 casais foram liberados em cada gaiola e sua oviposição foi observada durante 72 h. Cada bioensaio de livre escolha entre mudas pulverizadas ou não foi replicado oito vezes para cada população (n = 8 gaiolas por população, n= 120 insetos no total). O número e a proporção de ovos foram contabilizados após 24, 48 e 72 h da liberação dos adultos.

2.2.2 Sem chance de escolha

Neste experimento foram adotados os mesmos tratamentos do experimento anterior. Entretanto, em cada gaiola, foram colocadas quatro mudas tratadas com o inseticida ou quatro mudas pulverizadas com água (controle). Após uma hora da aplicação, 15 casais com 24 horas de idade foram liberados em cada gaiola. Para cada tratamento, foram realizadas quatro repetições (i.e., quatro gaiolas com plantas tratadas e outras quatro com plantas não tratadas). O número de ovos foi registrado 24, 48 e 72 h após a liberação dos adultos.

2.3 Sobrevivência e desenvolvimento de *L. coffeella*

Mudas de café com seis meses de idade foram colocadas nas gaiolas da criação por 24 horas para que os as fêmeas de *L. coffeella* realizassem a oviposição. Após este período, foram selecionados dois grupos de 100 ovos (n=200).

As plantas contendo o primeiro grupo de 100 ovos foram pulverizadas com 5 mL de água deionizada, utilizando um aerógrafo a três bar de pressão. As plantas contendo o outro grupo foi pulverizada com a calda de clorantianiliprole na concentração recomendada pelo fabricante para o controle do bicho-mineiro.

O desenvolvimento dos ovos até a emergência dos adultos foi acompanhado diariamente. Neste período foram registrados para ovos o período total de incubação, a inviabilidade e o tempo até eclosão, com auxílio de microscópio estereoscópico. Em seguida, na fase larval, foi registrado o tempo de desenvolvimento até a fase de pupa

e a mortalidade. De forma similar, esta avaliação de tempo e inviabilidade foi também realizada para o estágio de pupa até a emergência dos adultos.

2.4 Sobrevivência de adultos de *L. coffeella*

Insetos adultos (n=120) não sexados com 24 horas de idade foram expostos ao inseticida em diferentes tempos de exposição: 0, 1, 2, 4, 6 e 8 h. Para cada tempo de exposição foram montadas duas repetições de dez insetos (n = 20 insetos para cada tempo de exposição). Solução de sacarose 10% foi fornecida *ad libitum*, como fonte de alimentação. A exposição foi realizada utilizando-se tubos de ensaio de fundo chato, onde foi adicionado 400 µL da solução de clorantraniliprole (concentração de campo) devidamente uniformizada e seca na superfície dos tubos por meio de um rotor. Após os referidos períodos os insetos foram colocados em novos tubos de ensaio, limpos e tampados com tecido de organza, e acondicionados em câmara climatizada a 25° C e 70% de umidade relativa. A mortalidade foi verificada 30 min, 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 60 e 72 h após a exposição.

2.5 Atividade respiratória de *L. coffeella*

A mensuração de taxa respiratória foi feita utilizando indivíduos adultos não sexados com 24 h de idade, previamente em contato com o inseticida sob diferentes tempos de exposição. A exposição foi realizada a semelhança do descrito no experimento anterior.

Os tratamentos adotados foram os diferentes tempos de exposição ao inseticida: 0, 1, 2, 4, 6, 12 h. Para cada um destes tempos, foram utilizadas quatro repetições contendo dez insetos por unidade experimental (n = 40 insetos para cada tempo de exposição). As quatro repetições dos tratamentos foram submetidas a análise da atividade respiratória, realizadas sob condições de laboratório utilizando um respirômetro do tipo TR3C equipado com analisador de CO₂ (Sable System International, Las Vegas, EUA) a 25°C. Cada repetição com dez insetos foi acondicionada em câmaras de 3,5 mL conectada a um sistema completamente fechado, e o CO₂ produzido (µL de CO₂ / hora) foi varrido por um fluxo de ar isento deste gás e assim, mensurado por um leitor infravermelho conectado ao sistema.

2.6 Consumo foliar de *L. coffeella*

O consumo foliar foi observado quanto cada população era capaz de deteriorar as folhas de café em um período de sete dias. Não foi aplicado o inseticida clorantraniliprole em nenhuma das populações em função da baixa sobrevivência das larvas da população de Viçosa -MG após a exposição ao clorantraniliprole.

Um grupo de vinte ovos não tratados de cada população (i.e: Barreiras – BA e Viçosa - MG) foi acompanhado até a eclosão e penetração das larvas no parênquima foliar. O pecíolo das folhas foi envolvido em algodão e estas mantidas em frascos individuais contendo água. A minação foi monitorada diariamente durante sete dias através de um equipamento digital de raios X LX-60 (Faxitron Corporation, Tucson, AZ, EUA) e a área foliar consumida foi mensurada diariamente com o auxílio do software Image J (Apêndice B e C).

2.7 Análise estatística

Os resultados obtidos nos teste de preferência para oviposição e mensuração da atividade respiratória foram analisados por meio de modelo linear generalizado, utilizando a regressão de quasi Poisson, e comparados pelo teste do qui-quadrado (R Core-Team, 2021).

A inviabilidade de ovos, larvas e pupas, e a sobrevivência dos adultos de *L. coffeella* expostos ao clorantraniliprole foram submetidos à análise de sobrevivência. As curvas de sobrevivência foram obtidas utilizando os estimadores de Kaplan-Meier e comparadas pelo teste não-paramétrico de long-rank. Os tempos medianos de sobrevivência (TL₅₀) dos adultos de ambas as populações (i.e: Barreiras - BA e Viçosa - MG) foram utilizados na análise de regressão em função do tempo de exposição ao clorantraniliprole; as análises foram realizadas no software R versão 4.1.2 utilizando os pacotes “survival” e “survminer” (KASSAMBARA; KOSINSKI; BIECEK, 2021; R Core-Team, 2021; THERNEAU, 2021).

O consumo foliar foi analisado por meio de da análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas. O teste de Mauchly foi utilizado para verificar a violação da esfericidade, e quando necessário, os resultados foram ajustados pelo método de Greenhouse-geisser. Para o desdobramento da interação, o valor de p e os intervalos

de confiança foram ajustados usando o método Bonferroni (Jasp Team, JASP 0.16, 2021). Os resultados de consumo foliar total foram submetidos aos testes de normalidade e comparados pelo teste t de Student (Sigma Plot 12.5, Systat Software Inc, 2021).

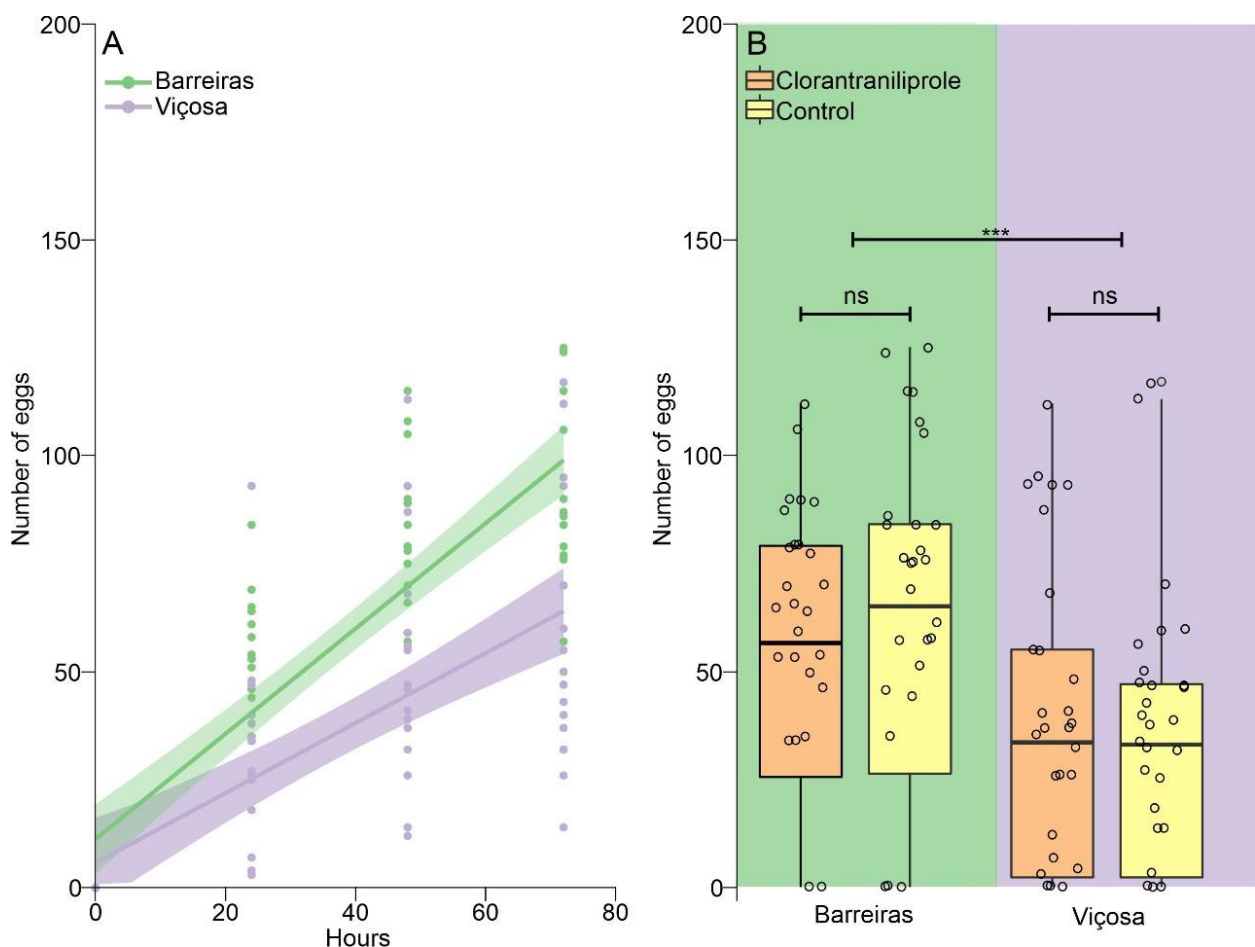
3. RESULTADOS

3.1 Preferência para oviposição de *L.coffeella*

3.1.1 Com chance de escolha

O inseticida não afetou o comportamento das fêmeas de escolha do local de oviposição ($df = 1, p = 0.62$) em nenhuma das populações. Entretanto, houve diferença entre as populações ($df = 1, p < 0.001$), indicando que fêmeas da população de Barreiras - BA colocam um número maior de ovos que as de Viçosa - MG (Figura 1 B). Além disso, o tempo influenciou no número de ovos ($df = 1, p < 0.001$), aumentando em quantidade conforme o passar das horas de avaliação (Figura 1 A).

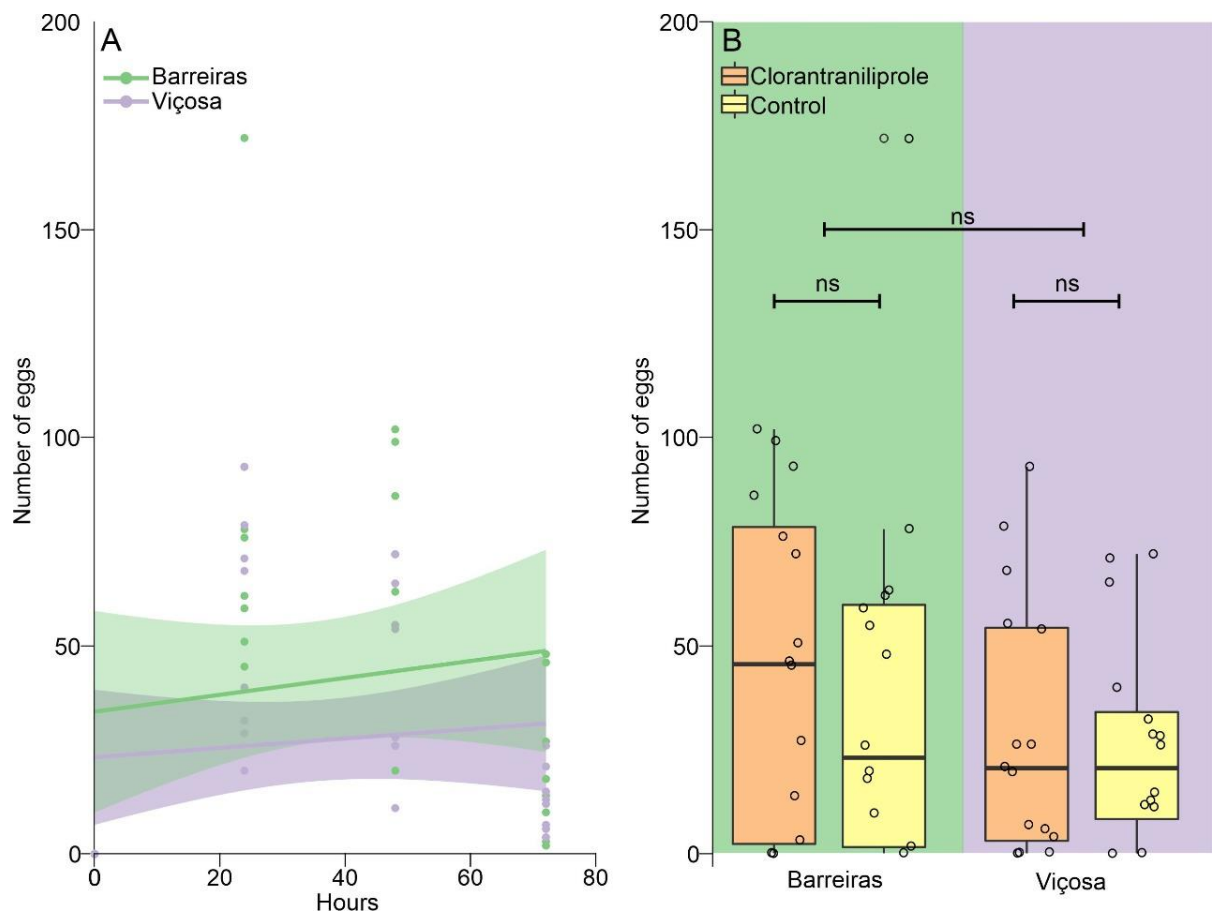
Figura 1 – Número de ovos de bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) em plantas de café tratadas ou não com clorantraniliprole em ensaios dicotômicos com chance de escolha das populações do inseto oriundas de Barreiras -BA e Viçosa -MG. A: regressão do número de ovos postos em função do tempo após a liberação dos adultos nas gaiolas, B: comparativo do número de ovos das populações e nos tratamentos. *** $p < 0.001$, ns = não significativo.



3.1.2 Sem chance de escolha

Nos testes sem chance de escolha não foram encontradas diferenças significativas entre o número de ovos ao longo das horas de avaliação ($df = 1$, $p = 0.342$) (Figura 2 A), tampouco entre as populações ($df = 1$, $p = 0.111$), ou entre os tratamentos ($df = 1$, $p = 0.610$) (Figura 2 B).

Figura 2 – Número de ovos de bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) em plantas de café tratadas ou não com clorantraniliprole em ensaios dicotômicos sem chance de escolha das populações do inseto oriundas de Barreiras -BA e Viçosa -MG. A: regressão do número de ovos postos em função do tempo após a liberação dos adultos nas gaiolas, B: comparativo do número de ovos das populações e nos tratamentos. ns = não significativo.



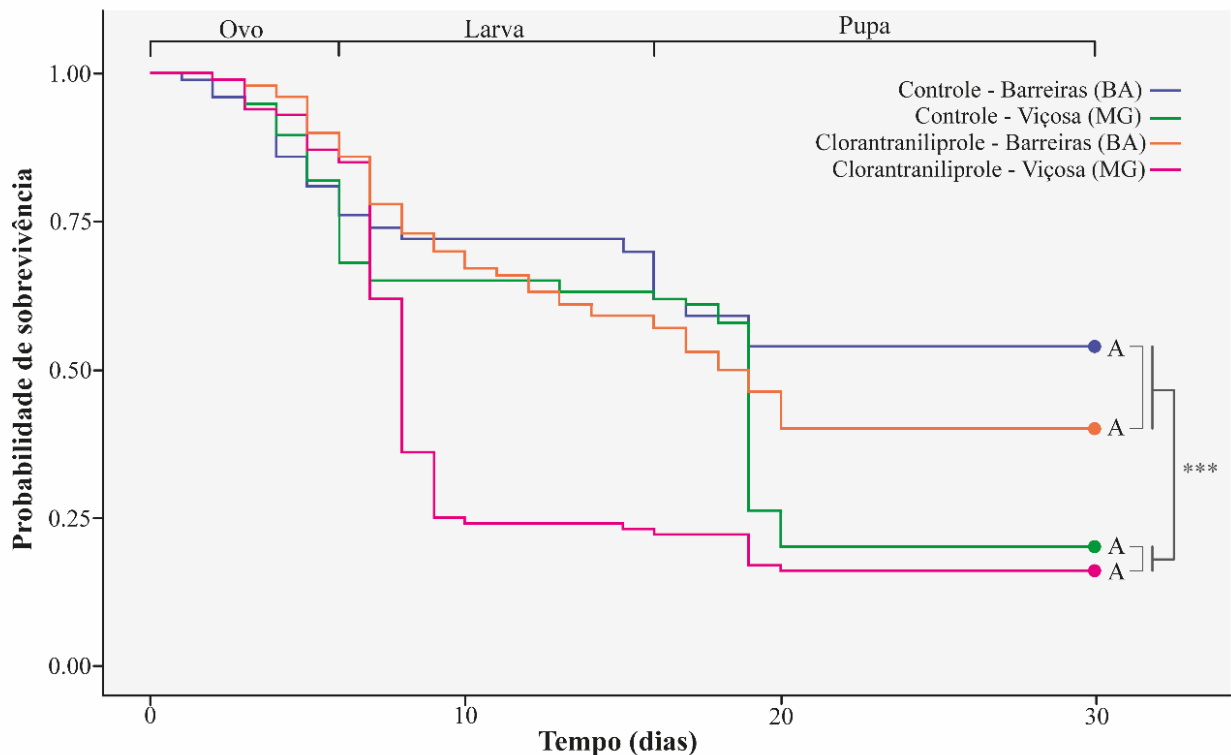
3.2 Sobrevivência e desenvolvimento de *L. coffeella*

A exposição na fase de ovo ao clorantraniliprole afetou significativamente a sobrevivência das populações de bicho-mineiro ao longo do seu desenvolvimento. Os insetos da população de Barreiras - BA apresentaram maior tempo de sobrevivência ao inseticida do que os da população de Viçosa - MG ($\chi^2 = 39,4$, $df = 3$, $p < 0,001$)

(Figura 3). A razão de resistência (TL_{50} Barreiras = 18,5/ TL_{50} Viçosa = 8) foi de 2,31, indicando que a população de Barreiras é 2,3 vezes mais resistente que a população susceptível de Viçosa.

A exposição ao clorantraniliprole não reduziu significativamente a sobrevivência da população de Viçosa - MG ao longo do tempo (p -valor = 0,10) comparada a do controle, entretanto, durante a fase larval os insetos apresentaram alta mortalidade após exposição ao inseticida.

Figura 3 – Curvas de sobrevivência das populações de Barreiras - BA e Viçosa – MG do bicho mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) ao longo das fases de desenvolvimento após a exposição ao clorantraniliprole no início da fase de ovo. *** $p < 0.001$.



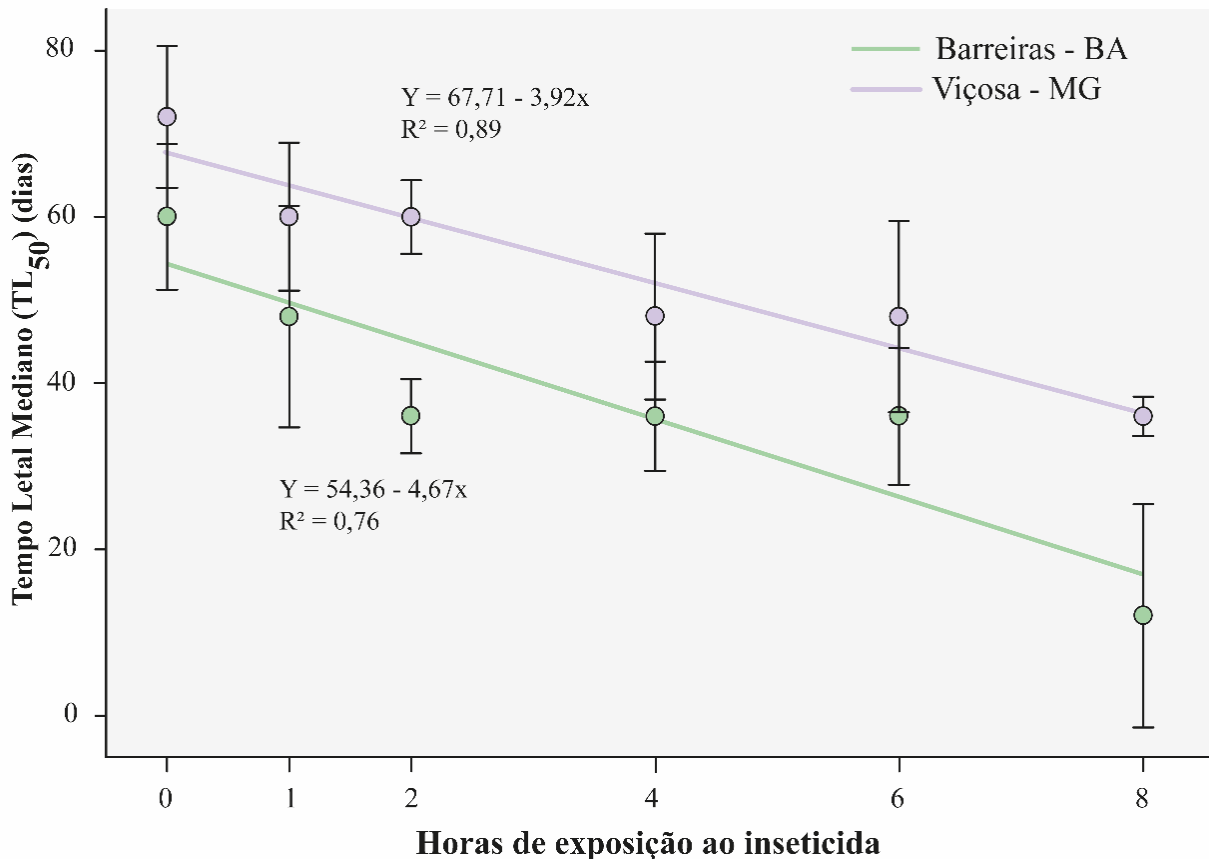
Na população de Barreiras - BA não foram encontradas diferenças significativas na sobrevivência após a exposição ao clorantraniliprole quando comparada com a sobrevivência do controle ao longo das fases de desenvolvimento ($p = 0,795$).

3.3 Sobrevivência de adultos de *L. coffeella*

A sobrevivência das populações reduziu significativamente em função do tempo de exposição ao inseticida (Figura 4), sendo os menores tempos letais

observados para a população de Barreiras - BA, indicando que os adultos desta população apresentam menos indícios de resistente ao clorantianiliprole.

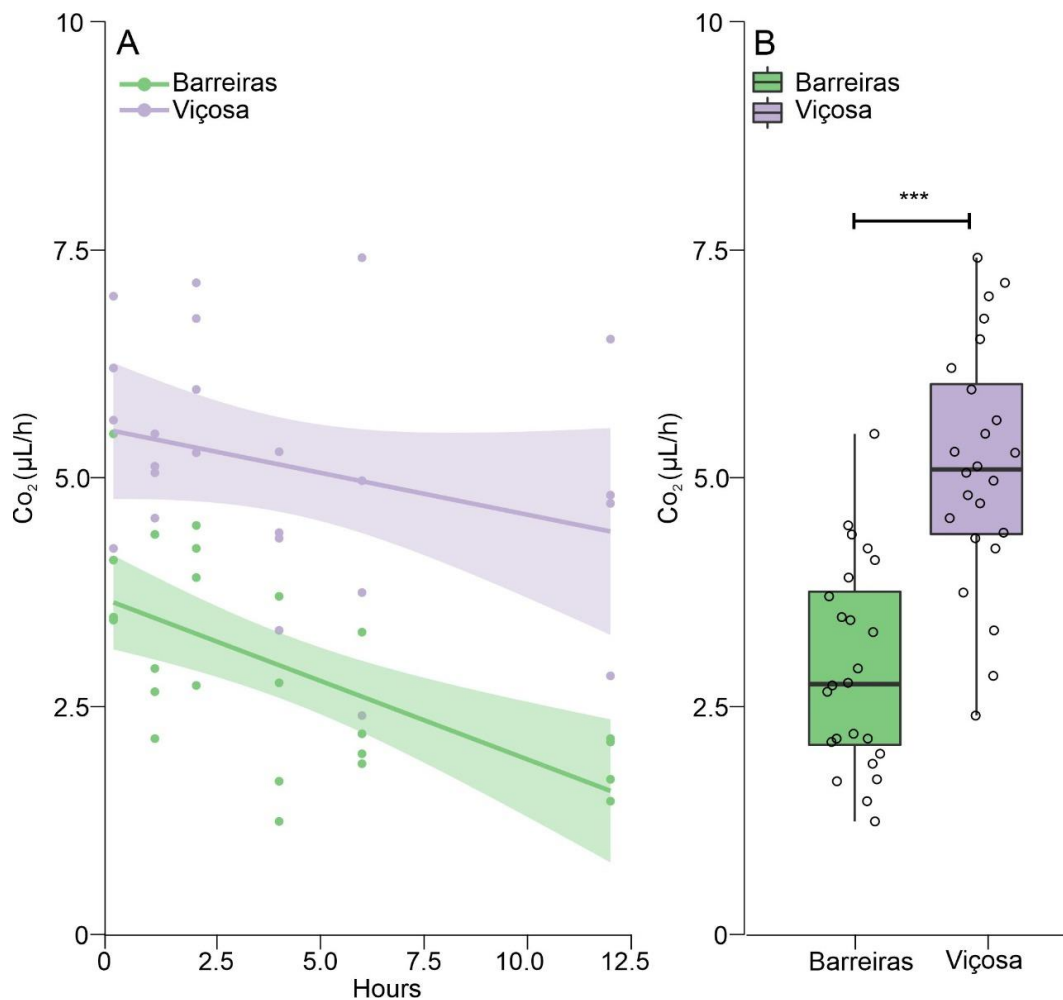
Figura 4 – Tempo letal mediano (TL₅₀) (horas) de sobrevivência dos adultos do bicho mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) das populações de Barreiras – BA e Viçosa – MG em função do tempo de exposição ao inseticida clorantianiliprole. População de Viçosa (F = 45,76, p = 0,002), população de Barreiras (F = 17,703, p = 0,01).



3.4 Atividade respiratória de *L. coffeella*

A taxa respiratória dos insetos adultos foi reduzida após a exposição ao clorantianiliprole em ambas as populações, conforme aumentou o tempo de exposição (df = 1, p = 0.001) (Figura 5 A). A população de Barreiras - BA tem uma taxa respiratória menor que a população de Viçosa - MG após a exposição (df = 1, p > 0.001) (Figura 5 B).

Figura 5 – Regressão da taxa respiratória em função do tempo de exposição ao clorantraniliprole (A) e comparativo da taxa respiratória das populações (B), ambos para insetos adultos de bicho mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) das populações de Barreiras – BA e Viçosa – MG. *** $p < 0.001$.



3.5 Consumo foliar de *L. coffeella*

A interação entre os fatores tempo e população foi significativa para o consumo foliar ($F = 7.566$, p ajustado = 0.001, $\eta^2G = 0.093$) (Tabela 1). Inicialmente, as duas populações apresentaram uma taxa de consumo similar, porém no sexto dia, a população de Barreiras - BA apresentou um maior consumo, que em seguida declinou ao mesmo patamar da população de Viçosa - MG, ambas próximas à pupação (Figura 6, Apêndice A).

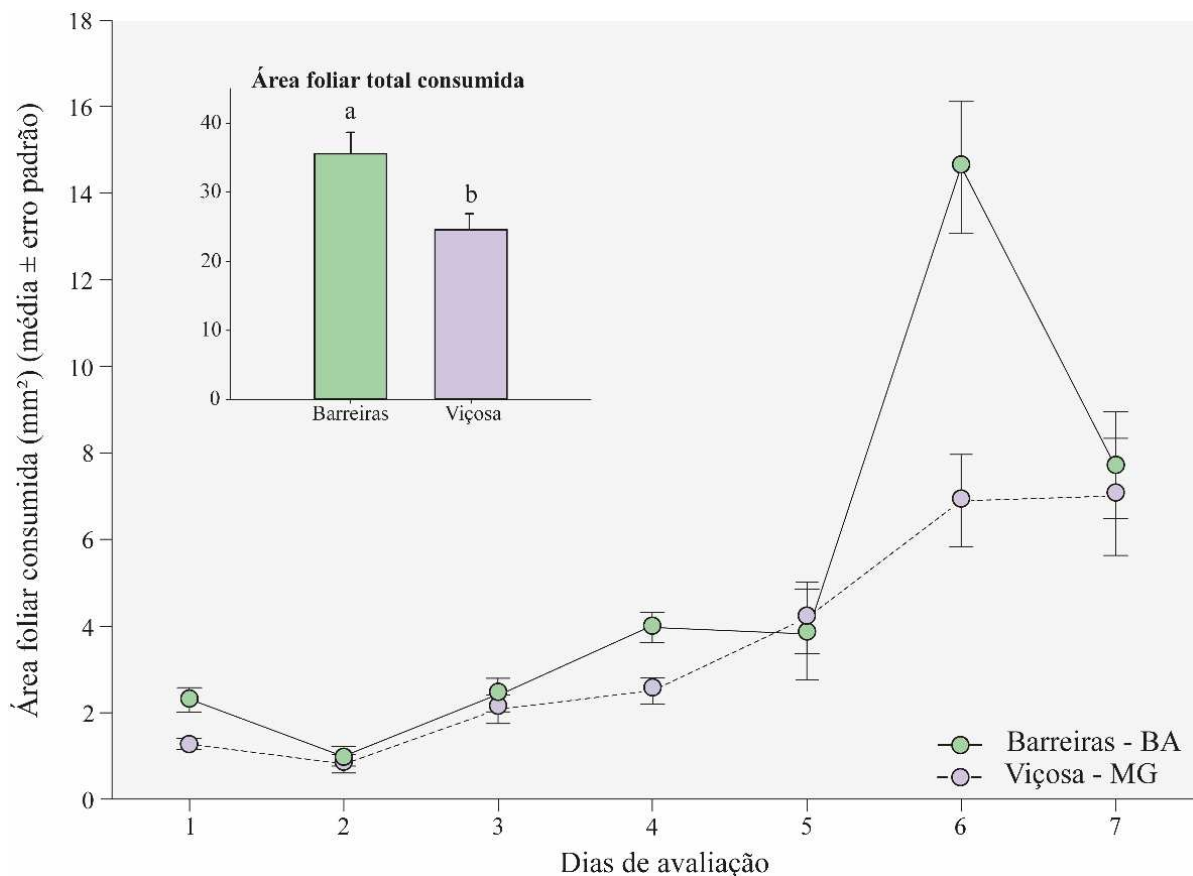
Tabela 1 – Resumo da análise de variância de medidas repetidas para avaliação do efeito das populações (Barreiras – BA e Viçosa – MG) e do tempo no consumo foliar pelas larvas de bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*).

Fatores	SQ	GL	QM	F	p	η^2G
Tempo	0.495	1.830	0.270	34.289	< 0.001 ***	0.317
Tempo*População	0.109	1.830	0.060	7.566	< 0.001 ***	0.093
Resíduos	0.837	106.146	0.008			
População	0.008	1	0.008	1.900	0.173	0.007
Resíduos	0.229	58	0.004			

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

De forma geral, a área foliar total consumida foi maior para a população de Barreiras - BA ($t = 2.826$, $p = 0.006$) (Figura 6, gráfico de barras superior).

Figura 6 – Consumo foliar diário e total (gráfico de barras superior) de folhas de café pelas larvas de bicho mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) das populações de Barreiras – BA e Viçosa – MG.



4. DISCUSSÃO

Neste estudo, a preferência para oviposição das fêmeas de *L. coffeella* não foi afetada pela aplicação do clorantraniliprole em nenhuma das populações avaliadas, tanto no teste com chance de escolha como no sem chance. Em *L. coffeella* a preferência para oviposição possivelmente é influenciada por uma série de fatores que de forma conjunta interferem na escolha do hospedeiro pelas fêmeas (SANTIAGO-SALAZAR et al., 2021). Geralmente, algumas pistas percebidas e utilizadas para avaliação da qualidade da planta hospedeira podem partir do próprio vegetal, como compostos voláteis e a textura e constituintes da folha (CLAVIJO MCCORMICK; GERSHENZON; UNSICKER, 2014; FRÉROT et al., 2017; FERNÁNDEZ et al., 2019;). O clorantraniliprole, no entanto, parece não modificar a percepção dessas pistas.

O fato de *L. coffeella* ser um inseto de hábito alimentar especialista sugere que não é tão eficiente no processamento de um volume muito grande de informações sobre a qualidade e adequabilidade do hospedeiro como alimento e abrigo para a prole, o que pode dificultar a detecção da presença do inseticida (SANTIAGO-SALAZAR et al., 2021), levando a um conflito entre a adequação do hospedeiro e desenvolvimento da prole (CHARLERY DE LA MASSELIÈRE et al., 2017), a não ser que apresentem algum nível de resistência ao inseticida que permita sua sobrevivência.

A diferença encontrada na oviposição entre as populações no teste com chance de escolha possivelmente reflete a variabilidade natural das populações (CAMPOS et al., 2015), podendo ser variações hereditárias ou mesmo taxas distintas de maturação dos ovócitos (RENWICK; CHEW, 1994), o que é preciso ser investigado mais a fundo para ser confirmado.

Ambas populações apresentaram baixas taxas de inviabilidade de ovos após exposição ao clorantraniliprole e um alto sucesso de eclosão. O início retardado da mortalidade sugere que a molécula do clorantraniliprole não consegue penetrar o córion dos ovos com facilidade (IORIATTI et al., 2009). Além disso, o clorantraniliprole apresentou baixa toxicidade na fase larval para a população de Barreiras - BA, que apresenta maior resistência a molécula. No caso da população de Viçosa - MG, mais susceptível, foi notada alta taxa de mortalidade em larvas neonatas, que possivelmente tiveram sua atividade motora severamente reduzida após entrar em contato com o inseticida. Uma possível explicação para esse comprometimento é o

fato das larvas consumirem parte do córion após a eclosão do ovo e penetrarem no parênquima da folha de café, sendo assim, afetadas por contato direto com o inseticida e via ingestão (BACCA; CABRERA; GUTIÉRREZ, 2021; NIELSON; COMMON, 1991).

A exposição ao clorantraniliprole afetou negativamente a respiração dos adultos de *L. coffeella*, indicando estresse fisiológico causado pelo inseticida. Resultados semelhantes foram encontrados em *Anticarsia gemmatalis* Hübner exposto à clorantraniliprole (CASTRO et al., 2021) e a tebufenozida (FIAZ et al., 2018b), e em *Hypothenemus hampei* Ferrari exposto a clorantraniliprole (PLATA-RUEDA et al., 2019a).

A população de Barreiras - BA apresentou menor taxa respiratória que a população de Viçosa - MG, conforme aumentou-se o tempo de exposição, sugerindo que esta população sofre maior estresse fisiológico ocasionado pelo clorantraniliprole. A redução da taxa respiratória pode estar relacionada com a diminuição das respostas comportamentais e da atividade locomotora dos insetos (HANNIG; ZIEGLER; PAULA, 2009; PLATA-RUEDA et al., 2019b). No caso da população de Barreiras – BA, isso se confirma, com os resultados encontrados no experimento de sobrevivência dos adultos, que apresentaram a atividade locomotora reduzida após a exposição ao clorantraniliprole, levando a uma menor sobrevivência dos insetos adultos quando comparado com a população de Viçosa – MG, susceptível.

A respiração dos insetos é influenciada pelas demandas energéticas das funções metabólicas necessárias para produzir mecanismos de defesa contra compostos tóxicos (BRUGGER et al., 2010; FIAZ et al., 2018a). A diminuição do consumo de oxigênio aqui observado pode estar relacionada à interrupção da fosforilação oxidativa na respiração, como também, pode ser reflexo ou consequência do modo de ação do inseticida, que ocasiona a paralisia muscular (SILVA et al., 2020; CASTRO et al., 2021; FARDER-GOMES et al., 2021), e juntamente com baixas taxas de respiração podem prejudicar a atividade dos músculos (PLATA-RUEDA et al., 2018; KLIOT; GHANIM, 2012; PIMENTEL et al., 2007). O clorantraniliprole ativa a liberação e o esgotamento dos estoques internos de cálcio nos músculos (IORIATTI et al., 2009), portanto, a baixa taxa respiratória pode estar relacionada a ação do inseticida que leva a uma redução na abertura e fechamento das traqueias. Funções autônomas são altamente sensíveis e alterações na taxa metabólica e padrões respiratórios ocorrem muito antes da morte (KARISE; MÄND, 2015).

Neste estudo o consumo foliar das populações foi avaliado buscando observar se larvas de populações resistentes ao clorantraniliprole também eram mais rápidas em consumir o parênquima das folhas de café. Esta hipótese foi confirmada pelo maior consumo total encontrado na população de Barreiras - BA. Os danos das larvas, pelo consumo de área foliar, acarretam redução da área fotossintética das plantas, comprometendo, conseqüentemente, a produção, principalmente se as desfolhas ocorreram durante os estádios reprodutivos da cultura (MARSARO JR et al., 2010). O consumo elevado de uma planta no entanto pode não representar vantagens aos insetos porque pode aumentar a ingestão de aleloquímicos e compostos tóxicos como inseticidas, que comprometem o seu desenvolvimento (SIMPSON; SIMPSON, 1990). Estudos relacionados ao comportamento alimentar de insetos-praga podem também fornecer informações que auxiliam no desenvolvimento de novas formas de controle (ÁVILA; PARRA, 2003).

5. CONCLUSÕES

De modo geral, o estudo aqui apresentado oferece subsídios que colaboram na compreensão de como se comportam as diferentes populações de *L. coffeella* em função dos seus níveis de resistência e história de vida associados a presença do clorantraniliprole. Essas respostas comportamentais e biológicas podem ser utilizadas para melhorar a eficiência do controle químico da praga, no entanto requer estudos mais abrangentes para elucidar outros aspectos que associadas aos aqui encontrados possam ser utilizadas como estratégias para um manejo eficiente da resistência da praga ao inseticida.

REFERÊNCIAS

- ABIC. **O café brasileiro na atualidade**. Disponível em: <<https://www.abic.com.br/o-cafe/historia/o-cafe-brasileiro-na-atualidade-2/>>. Acesso em: 4 mar. 2021.
- ÁVILA, C. J.; PARRA, J. R. P. Leaf consumption by *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) adults on different host plants. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 4, p. 789–792, 1 out. 2003.
- BACCA, T.; CABRERA, N. J.; GUTIÉRREZ, Y. Toxic effect of chlorantraniliprole on new-born larvae of the potato tuber moth *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Annals of Applied Biology**, v. 179, n. 2, p. 169–175, 1 set. 2021.
- BOX, H. E. The bionomics of the white coffee-leaf miner, *Leucoptera coffeella*, Guér., in Kenya Colony. (Lepidoptera, Lyonetidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 14, n. 2, p. 133–145, 1923.
- BRUGGER, K. E., COLE, P. G., NEWMAN, I. C., PARKER, N., SCHOLZ, B., SUVAGIA, P., WALKER, G., HAMMOND, T. G. Selectivity of chlorantraniliprole to parasitoid wasps. **Pest Management Science**, v. 66, n. 10, p. 1075–1081, 1 out. 2010.
- CAMPOS, M. R., SILVA, T. B. M., SILVA, W. M., SILVA, J. E., SIQUEIRA, H. A. A. Susceptibility of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Brazilian populations to ryanodine receptor modulators. **Pest Management Science**, v. 71, n. 4, p. 537–544, 1 abr. 2015.
- CASTRO, B. M. C., MARTÍNEZ, L. C., PLATA-RUEDA, A., SOARES, M. A., WILCKEN, C. F., ZANUNCIO, A. J. V., FIAZ, M., ZANUNCIO, J. C., SERRÃO, J. E. Exposure to chlorantraniliprole reduces locomotion, respiration, and causes histological changes in the midgut of velvetbean caterpillar *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae). **Chemosphere**, v. 263, 2021.
- CHARLERY DE LA MASSELIÈRE, M., FACON, B., HAFSI, A., DUYCK, P. F. Diet breadth modulates preference - Performance relationships in a phytophagous insect community. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–9, 5 dez. 2017.
- CLAVIJO MCCORMICK, A.; GERSHENZON, J.; UNSICKER, S. B. Little peaks with big effects: establishing the role of minor plant volatiles in plant–insect interactions. **Plant, Cell & Environment**, v. 37, n. 8, p. 1836–1844, 1 ago. 2014.
- COSTA, D. P., FERNANDES, F. L., ALVES, F. M., SILVA, E. M., VISÔTTO, L. E. Resistance to neurotoxic insecticides in populations of the coffee leafminer *Leucoptera coffeella*. Insecticide Resistance. IntechOpen. 2016. <https://doi.org/10.5772/61466>
- CUI, F., CHAI, T., QIAN, L., WANG, C. Effects of three diamides (chlorantraniliprole, cyantraniliprole and flubendiamide) on life history, embryonic development and oxidative stress biomarkers of *Daphnia magna*. **Chemosphere**, v. 169, p. 107–116, 1 fev. 2017.
- FARDER-GOMES, C. F., SARAVANAN, M., MARTÍNEZ, L. C., PLATA-RUEDA, A.,

- ZANUNCIO, J. C., SERRÃO, J. E. Azadirachtin-based biopesticide affects the respiration and digestion in *Anticarsia gemmatalis* caterpillars. **Toxin Reviews**, p. 1–10, 2 mar. 2021.
- FERNÁNDEZ, P. C., BRACCINI, C. L., DÁVILA, C., BARROZO, R. B., ARÁOZ, M. V. C., CERRILLO, T. GERSHENZON, J., REICHEL, M., ZAVALA, J. A. The use of leaf surface contact cues during oviposition explains field preferences in the willow sawfly *Nematus oligospilus*. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–13, 20 mar. 2019.
- FIAZ, M., MARTÍNEZ, L. C., COSTA, M. S., COSSOLIN, J. F. S., PLATA-RUEDA, A., GONÇALVES, W. G., SANT'ANA, A. E. G., ZANUNCIO, J. C., SERRÃO, J. E. Squamocin induce histological and ultrastructural changes in the midgut cells of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 156, p. 1–8, 30 jul. 2018a.
- FIAZ, M., MARTÍNEZ, L. C., PLATA-RUEDA, A., GONÇALVES, W. G., SHAREEF, M., ZANUNCIO, J. C., SERRÃO, J. E. Toxicological and morphological effects of tebufenozide on *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. **Chemosphere**, v. 212, p. 337–345, 1 dez. 2018b.
- FRÉROT, B., LEPPIK, E., GROOT, A. T., UNBEHEND, M., HOLOPAINEN, J. K. Chemical Signatures in Plant–Insect Interactions. **Advances in Botanical Research**, v. 81, p. 139–177, 1 jan. 2017.
- GIRALDO-JARAMILLO, M.; GARCIA-GONZALEZ, J.; BAJONERO RUGNO, J. Fertility Life table of *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) at seven temperatures in Coffee. **American Journal of Entomology**, v. 3, n. 4, p. 70, 2019.
- GREEN, D. S. A proposed origin of the coffee Leaf-miner, *Leucoptera coffeella* (Guerin-Meneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Bulletin of the Entomological Society of America**, v. 30, n. 1, p. 30–31, 1 mar. 1984.
- GUEDES, R. N. C., SMAGGHE, G., STARK, J. D., DESNEUX, N. Pesticide-Induced stress in arthropod pests for optimized integrated Pest Management Programs. **Annual Review of Entomology**, v. 61, n. 1, p. 43–62, 11 mar. 2016.
- GUEDES, R. N. C.; WALSE, S. S.; THRONE, J. E. Sublethal exposure, insecticide resistance, and community stress. **Current Opinion in Insect Science**, v. 21, p. 47–53, jun. 2017.
- HANNIG, G. T.; ZIEGLER, M.; PAULA, G. M. Feeding cessation effects of chlorantraniliprole, a new anthranilic diamide insecticide, in comparison with several insecticides in distinct chemical classes and mode-of-action groups. **Pest Management Science**, v. 65, n. 9, p. 969–974, 1 set. 2009.
- IORIATTI, C., ANFORA, G., ANGELI, G., MAZZONI, V., TRONA, F. Effects of chlorantraniliprole on eggs and larvae of *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Tortricidae). **Pest Management Science**, v. 65, n. 6, p. 717–722, jun. 2009.

JARAMILLO, M. G.; PARRA, J. R. P. Aspectos biológicos de *Leucoptera coffeella* Guérin Mèneville 1842 Lepidoptera : Lyonetiidae en coffea arabica en condiciones de laboratorio. **Cenicafé**, v. 68, n. 2, p. 20–27, 2017.

JASP. **JASP 0.16**, Amsterdam University of Amsterdam, , 2021. Disponível em: <<https://jasp-stats.org/>>

JEANGUENAT, A. The story of a new insecticidal chemistry class: the diamides. **Pest Management Science**, v. 69, n. 1, p. 7–14, 1 jan. 2013.

KARISE, R.; MÄND, M. Recent insights into sublethal effects of pesticides on insect respiratory physiology. **Open Access Insect Physiology**, v. 5, p. 31–39, 18 nov. 2015.

KASSAMBARA, A.; KOSINSKI, M.; BIECEK, P. **Survminer: Drawing Survival Curves using “ggplot2”**. R package version 0.4.9, , 2021. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/package=survminer>>

KLIOT, A.; GHANIM, M. Fitness costs associated with insecticide resistance. **Pest Management Science**, v. 68, n. 11, p. 1431–1437, 1 nov. 2012.

KRALJ-FIŠER, S.; SCHUETT, W. Studying personality variation in invertebrates: Why bother? **Animal Behaviour**, v. 91, p. 41–52, 1 maio 2014.

LAHM, G. P., STEVENSON, T. M., SELBY, T. P. et al. Rynaxypyr™: A new insecticidal anthranilic diamide that acts as a potent and selective ryanodine receptor activator. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, v. 17, n. 22, p. 6274–6279, 15 nov. 2007.

LAVTIŽAR, V., BERGGREN, K., TREBŠE, P., KRAAK, M. H. S., VERWEIJ, R. A., VAN GESTEL, C. A. M. Comparative ecotoxicity of chlorantraniliprole to non-target soil invertebrates. **Chemosphere**, v. 159, p. 473–479, 1 set. 2016.

LEITE, S. A., GUEDES, R. N. C., SANTOS, M. P., COSTA, D. R., MOREIRA, A. A., MATSUMOTO, S. N., LEMOS, O. L., CASTELLANI, M. A. Profile of Coffee Crops and Management of the Neotropical Coffee Leaf Miner, *Leucoptera coffeella*. **Sustainability**, v. 12, 2020a.

LEITE, S. A., SANTOS, M. P., RESENDE-SILVA, G. A., COSTA, D. R., MOREIRA, A. A., LEMOS, O. L., GUEDES, R. N. C., CASTELLANI, M. A. Area-Wide Survey of Chlorantraniliprole Resistance and Control Failure Likelihood of the Neotropical Coffee Leaf Miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 3, p. 1399–1410, 2020b.

LEITE, S. A., SANTOS, M. P., COSTA, D. R., MOREIRA, A. A., GUEDES, R. N. C., CASTELLANI, M. A. Time-concentration interplay in insecticide resistance among populations of the Neotropical coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella*. **Agricultural and Forest Entomology**, 2020c.

MARSARO JR, A. L., PEREIRA, P. R. V. S., SILVA, W. R., GRIFFEL, S. C. P.

Population fluctuation of insect pests in soybean crop in Roraima State. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 71–76, jan. 2010.

MEDINA FILHO, H. P.; CARVALHO, A.; MÔNACO, L. C. Melhoramento do cafeeiro: XXXVII - Observações sobre a resistência do cafeeiro ao bicho-mineiro. **Bragantia**, v. 36, n. 1, p. 131–137, 1977.

MERIÑO-CABRERA, Y., ZANUNCIO, J. C., SILVA, R. S., SOLIS-VARGAS, M., CORDEIRO, G., RAINHA, F. R., CAMPOS, W. G., PICANÇO, M. C., ALMEIDA OLIVEIRA, M. G. Biochemical response between insects and plants: an investigation of enzyme activity in the digestive system of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) and leaves of *Coffea arabica* (Rubiaceae) after herbivory. **Annals of Applied Biology**, v. 172, n. 2, p. 236–243, 1 mar. 2018.

NIELSON, E. S.; COMMON, I. F. B. Lepidoptera (moths and butterflies). In: NAUMANN; CSRIO (Eds.). **The insects of Australia**. 2. ed. Melbourne, Vic, Australia: Melbourne University Press, 1991. p. 817–915.

PANTOJA-GOMEZ, L. M., CORRÊA, A. S., OLIVEIRA, L. O., GUEDES, R. N. C. Common Origin of Brazilian and Colombian Populations of the Neotropical Coffee Leaf Miner, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 2, p. 924–931, 2019.

PEREIRA, E. J. G., PICANÇO, M. C., BACCI, L., DELLA LUCIA, T. M. C., SILVA, E. M., FERNANDES, F. L. Natural mortality factors of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) on *Coffea arabica*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 17, n. 5, p. 441–455, 2007a.

PEREIRA, E. J. G., PICANÇO, M. C., BACCI, L., CRESPO, A. L. B., GUEDES, R. N. C. Seasonal mortality factors of the coffee leafminer, *Leucoptera coffeella*. **Bulletin of Entomological Research**, v. 97, n. 4, p. 421–432, 2007b.

PIMENTEL, M. A. G., FARONI, L. R. D. A., TÓTOLA, M. R., GUEDES, R. N. C. Phosphine resistance, respiration rate and fitness consequences in stored-product insects. **Pest Management Science**, v. 63, n. 9, p. 876–881, 1 set. 2007.

PLATA-RUEDA, A., CAMPOS, J. M., ROLIM, G. S., MARTÍNEZ, L. C., SANTOS, M. H., FERNANDES, F. L., SERRÃO, J. E., ZANUNCIO, J. C. Terpenoid constituents of cinnamon and clove essential oils cause toxic effects and behavior repellency response on granary weevil, *Sitophilus granarius*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 156, p. 263–270, 30 jul. 2018.

PLATA-RUEDA, A., MARTÍNEZ, L. C., COSTA, N. C. R., ZANUNCIO, J. C., FERNANDES, M. E. S., SERRÃO, J. E., GUEDES, R. N. C., FERNANDES, F. L. Chlorantraniliprole-mediated effects on survival, walking abilities, and respiration in the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. 2019a.

PLATA-RUEDA, A., MARTÍNEZ, L. C., SILVA, B. K. R., ZANUNCIO, J. C., FERNANDES, M. E. S., GUEDES, R. N. C., FERNANDES, F. L. Exposure to cyantraniliprole causes mortality and disturbs behavioral and respiratory responses in

the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). **Pest Management Science**, v. 75, n. 8, p. 2236–2241, 1 ago. 2019b.

R Core Team. **A language and environment for statistical computing**. Vienna, Áustria R Foundation for Statistical Computing, , 2021. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>

RAMIRO, D. A., GUERREIRO-FILHO, O., QUEIROZ-VOLTAN, R. B., MATTHIESEN, S. C. Caracterização anatômica de folhas de cafeeiros resistentes e suscetíveis ao bicho-mineiro. **Bragantia**, v. 63, n. 3, p. 363–372, 2004.

RENEWICK, J. A. A.; CHEW, F. S. Oviposition behavior in Lepidoptera, **Annual Review of Entomology**, Annual Reviews 4139 El Camino Way, P.O. Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA, , 28 nov. 1994. Disponível em: <<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.en.39.010194.002113>>. Acesso em: 26 jan. 2022

SANTIAGO-SALAZAR, C. M., BARRERA, J. F., ROJAS, J. C., HUERTA-PALACIOS, G., ESCAMILLA-PRADO, E. The oviposition preference of *Leucoptera coffeella* is not determined by the cultivar of *Coffea arabica*, but it may influence some traits of its offspring performance. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 15, n. 4, p. 563–571, 1 ago. 2021.

SIGMA PLOT, 12.5. **Sigma Plot 12.5** San Jose, Califórnia, USA Systat Software Inc, , 2021.

SILVA, W. M., MARTÍNEZ, L. C., PLATA-RUEDA, A., SERRÃO, J. E., ZANUNCIO, J. C. Respiration, predatory behavior and prey consumption by *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) nymphs exposed to some insecticides. **Chemosphere**, v. 261, p. 127720, 1 dez. 2020.

SIMPSON, S. L.; SIMPSON, C. L. Mechanisms of compensation by phytophagous insects. In: BERNAYS, E. A. (Ed.). . **Focus on insect-plant interactions**. Ed. ed. [s.l.] Boca Raton: CRC, 1990. p. 111–160.

TEIXEIRA, L. A.; ANDALORO, J. T. Diamide insecticides: Global efforts to address insect resistance stewardship challenges. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 106, n. 3, p. 76–78, 1 jul. 2013.

THERNEAU, T. A. **A Package for Survival Analysis in RR** package version, , 2021. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/package=survival>>

TUELHER, E. S., OLIVEIRA, E. E., GUEDES, R. N. C., MAGALHÃES, L. C. Ocorrência de bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) influenciada pelo período estacional e pela altitude. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 119–124, 23 abr. 2003.

WHALEN, R. A., HERBERT, D. A., MALONE, S., KUCHAR, T. P., BREWSTER, C. C., REISIG, D. D. Effects of Diamide Insecticides on Predators in Soybean. **Journal of Economic Entomology**, v. 109, n. 5, p. 2014–2019, 1 out. 2016.

WOLCOTT, G. N. A quintessence of sensitivity: The coffee leaf miner. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**. v. 31, n.3 , 215-219, 1947.

APÊNDICE

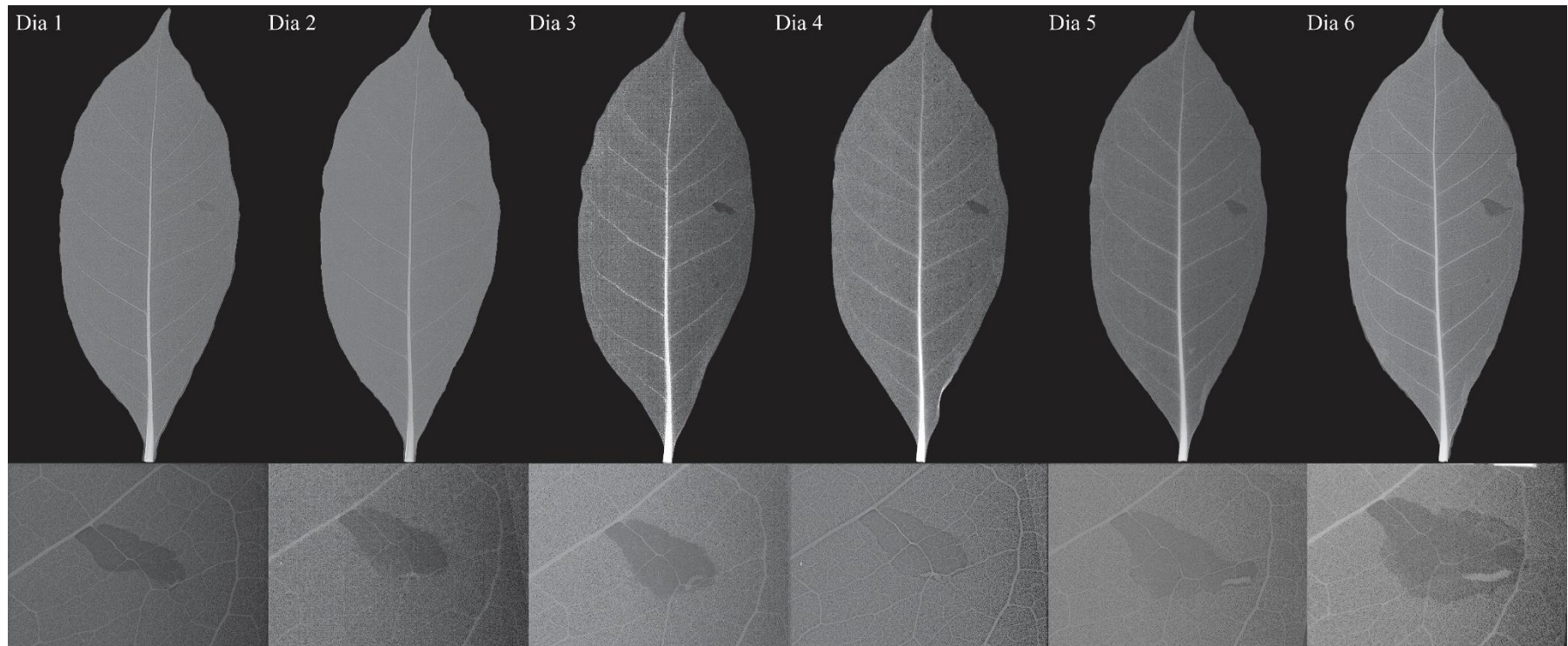
Apêndice A - Desdobramento da interação para comparar o consumo foliar das populações de Barreiras – BA e Viçosa – MG do bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) ao longo do tempo.

Barreiras x Viçosa	DM	95 % IC		SE	t	p _{bonf}
		Mínimo	Máximo			
Dia 1	0.009	0.037	0.055	0.013	0.692	1
Dia 2	0.001	0.045	0.047	0.013	0.084	1
Dia 3	0.0009033	0.045	0.047	0.013	0.068	1
Dia 4	0.014	0.032	0.060	0.013	1.075	1
Dia 5	0.021	0.067	0.025	0.013	1.6	1
Dia 6	0.080	0.034	0.126	0.013	6.056	<0.001 ***
Dia 7	0.025	0.071	0.021	0.013	1.898	1

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Nota. P-valor e intervalos de confiança ajustados para comparar as estimativas (intervalos de confiança corrigidos usando o método Bonferroni).

Apêndice B - Imagens de Raio X do consumo diário e evolução do crescimento da mina de uma larva da população de Barreiras – BA do bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*).



Apêndice C - Imagens de Raio X do consumo diário e evolução do crescimento da mina de uma larva da população de Viçosa – MG do bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*).

