

ANA FLÁVIA OLIVEIRA NASCIMENTO

USO DE NANOTECNOLOGIA E CONTROLE BIOLÓGICO CONSERVATIVO
PARA O MANEJO DE *LEUCOPTERA COFFEELLA*.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes

Coorientadora: Prof.^a Ph. Dr.^a Madelaine Venzon

UBERLÂNDIA
2022

ANA FLÁVIA OLIVEIRA NASCIMENTO

USO DE NANOTECNOLOGIA E CONTROLE BIOLÓGICO CONSERVATIVO
PARA O MANEJO DE *LEUCOPTERA COFFEELLA*.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 04 de outubro de 2022.

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Vanessa Andaló Mendes de Carvalho (UFU/ICIAG)

Prof. Dr. Jardel Boscardin (UFU/ICIAG)

Prof. Ph. D. Lessando Moreira Gontijo (UFV)

Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes (UFV)

UBERLÂNDIA
2022

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

N244 Nascimento, Ana Flávia Oliveira, 1989-2022
USO DE NANOTECNOLOGIA E CONTROLE BIOLÓGICO
CONSERVATIVO PARA O MANEJO DE *LEUCOPTERA COFFEELLA*.
[recurso eletrônico] / Ana Flávia Oliveira Nascimento. - 2022.

Orientador: Flávio Lemes

Fernandes. Coorientadora:

Madelaine Venzon.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de
Uberlândia, Pós-graduação em Agronomia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.541>

Inclui bibliografia.

1. Agronomia. I. Fernandes, Flávio Lemes, 1979-,
(Orient.). II. Venzon, Madelaine, 1967-, (Coorient.).
III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-
graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU: 631

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o
AACR2: Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38408-100
Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



DECLARAÇÃO

Processo nº 23117.035858/2022-05

Interessado: Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Declaramos que os doutores:

Vanessa Andaló Mendes Carvalho - UFU

Jardel Boscardin - UFU

Lessando Moreira Gontijo - UFV

Flávio Lemes Fernandes - UFV - ORIENTADOR

Sob a presidência do(a) orientador(a), participaram como membros da banca examinadora da Dissertação:

"Uso de nanotecnologia e controle biológico conservativo para o manejo de *Leucoptera coffeella*".

De autoria de Ana Flávia Oliveira Nascimento, discente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, defendida em Uberlândia, Minas Gerais, no dia 04 de outubro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Marcus Vinicius Sampaio, Coordenador(a)**, em 21/11/2022, às 08:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4079988** e o código CRC **DF2EFAEA**.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Ana Flávia Oliveira Nascimento, nascida em Ituiutaba, Minas Gerais, em nove de junho de 1989. Graduada em Agronomia pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU) em 2014. Durante a Graduação realizou estágio no Laboratório de Sementes Florestais, sob orientação da Prof.^a Denise Garcia de Santana, sendo bolsista de iniciação científica tecnológica UFU/CNPq em 2012/2013. Em 2020 iniciou o Mestrado no Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), Universidade Federal de Uberlândia (UFU), no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), sob orientação do Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes (UFV – Campus Rio Paranaíba) e coorientação da Prof.^a Ph. Dr.^a Madelaine Venzon (UFV), com bolsa de estudos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA CAFÉ) e bolsa de estudos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

A Deus, minha força e fortaleza, que ilumina, rege e abençoa meus passos. Aos meus pais José Cícero e Maria Aparecida, meu esposo Elvécio Júnior, ao irmão Gustavo Leandro pela força e incentivo para com o término deste trabalho.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por estar comigo em todos os momentos em que precisei;

À minha família, em especial à minha mãe Maria Aparecida, ao meu irmão Gustavo Leandro pela força nos momentos difíceis e ao meu falecido pai José Cícero por olhar por mim mesmo de longe;

Ao meu esposo Elvécio Júnior pela paciência, amor, companheirismo e ajuda nas avaliações dos meus experimentos;

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU), especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, por tornar possível a obtenção do título de Mestre;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA CAFÉ) pela concessão da Bolsa de estudos referente ao projeto de Consórcio Pesquisa e Café, número 10.18.20.051.00.05 intitulado: Bioensaios de toxicidade das matrizes às pragas broca-do-café e bicho-mineiro;

À FAPEMIG pela concessão da Bolsa de mestrado;

À Associação Mineira dos Produtores de Algodão (AMIPA) por ceder os ovos de *Chrysoperla externa* para montagem dos ensaios.

Ao Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes pela paciência e apoio em me orientar, principalmente nesses tempos de pandemia;

Aos colegas Gustavo e João Paulo pela amizade e agradável convivência;

Por fim, a todos que ajudaram diretamente ou indiretamente na condução desse trabalho, meu muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
CAPÍTULO 1 - Nanoargilas afetando a mortalidade de <i>Leucoptera coffeella</i>	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1 Obtenção dos insetos e nanoargilas	13
2.2 Bioensaio	14
2.3 Avaliações	15
3. RESULTADOS	15
4. DISCUSSÃO	16
REFERÊNCIAS	18
CAPÍTULO 2 - Plantas de cobertura afetando populações de <i>Chrysoperla externa</i> e <i>Leucoptera coffeella</i>	25
1. INTRODUÇÃO	26
2. MATERIAL E MÉTODOS	28
2.1 Experimento 1 – Fazenda Furnas	28
2.2 Experimento 2 – Fazenda São João	28
2.3 Liberação de <i>Chrysoperla externa</i>	29
2.4 Avaliações de <i>C. externa</i> e <i>L. coffeella</i>	29
2.5 Avaliação da presença de ácaros e cochonilhas	29
2.6 Avaliações na entrelinha do cafeeiro	30
3. RESULTADOS	30
4. DISCUSSÃO	33
REFERÊNCIAS	36

USO DE NANOTECNOLOGIA E CONTROLE BIOLÓGICO CONSERVATIVO PARA O MANEJO DE *LEUCOPTERA COFFEELLA*.

RESUMO

O controle químico ainda é a principal forma reduzir a população do bicho-mineiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville e Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae). O uso de nanoargila e a adoção do plantio de plantas de cobertura são ferramentas que podem auxiliar no manejo desta praga. Assim, os objetivos foram avaliar a nanotecnologia e controle biológico conservativo utilizando aplicações de ovos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) aliado a diferentes espécies de plantas de cobertura no manejo de *L. coffeella* na cultura do cafeeiro. Para o estudo com nanotecnologia, foram conduzidos três experimentos em casa de vegetação a fim de avaliar a mortalidade de lagartas de *L. coffeella* aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação de nanoargilas. As nanoargilas foram sintetizadas e fornecidas pelo Laboratório de Química da Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba. O estudo com plantas de cobertura foi conduzido em duas regiões produtoras de café arábica do Cerrado mineiro, com diferentes variedades de café e estádios fenológicos. Os tratamentos do experimento 1 foram: trigo-mourisco, nabo-forrageiro, misto (trigo-mourisco e nabo-forrageiro), plantas espontâneas (plantas que cresceram naturalmente na entrelinha da cultura) e um controle dessecado, com 4 repetições. No experimento 2, foram utilizadas duas espécies de plantas de cobertura (trigo-mourisco e nabo-forrageiro) e plantas espontâneas, com 8 repetições. Para o estudo da utilização de nanoargilas, foram observadas diferenças significativas para a mortalidade de *L. coffeella* no tempo de 7 dias após aplicação dos inseticidas. A mortalidade de *L. coffeella* foi observada nos tratamentos de nanoargila com tiametoxam e Actara 250WG[®], e foi acima do que é requerida pelo MAPA. Verificou-se a diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F para o número de adultos de bicho-mineiro (ADBМ), o número de minas velhas (NMV) e número de ovos de bicho-lixeiro (OVБX) apenas no experimento 1 com plantas de cobertura. Todas as variáveis avaliadas no experimento 2 não foram significativas. Considerando ADBM no experimento 1, os diferentes tipos de plantas de cobertura resultaram em uma diminuição dos indivíduos no cafeeiro, destacando-se a utilização de trigo-mourisco ou nabo-forrageiro na entrelinha da cultura do café em referência à prática de se permitir a ocorrência de plantas espontâneas. Em relação a NMV, a adoção do consórcio de trigo-mourisco e nabo-forrageiro promoveu a redução do número de injúrias nas folhas do cafeeiro causadas por *L. coffeella*, em comparação com os demais tratamentos, além do aumento de OVБX na cultura do cafeeiro. A utilização de trigo-mourisco e nabo-forrageiro favorece a manutenção de *C. externa* em lavouras de café. Além disso, a redução do número de adultos de *L. coffeella* e diminuição de minas velhas confirma a hipótese que estas espécies de plantas de cobertura ajudaram a promover o controle biológico do agente *C. externa* na área onde o experimento 1 foi desenvolvido. Os resultados do estudo sugeriram que o uso de nanoargilas associadas ao tiametoxam manteve níveis de mortalidade de populações de *L. coffeella* acima de 80%, bem como o uso de diferentes plantas de cobertura promoveu a redução de danos causados à cultura do cafeeiro, além de contribuir de forma direta para o controle biológico do predador *C. externa*.

Palavras-chave: *Chrysoperla externa*; plantas de cobertura; sustentabilidade.

USE OF NANOTECHNOLOGY AND CONSERVATIVE BIOLOGICAL CONTROL FOR MANAGEMENT OF LEUCOPTERA COFFEELLA.

ABSTRACT

Chemical control is still the main way to reduce the population of the leaf miner *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville and Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae). The use of nanoclay and the adoption of planting cover crops are tools that can help manage this pest. Thus, the objectives were to evaluate nanotechnology and conservative biological control using eggs of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) combined with different species of cover crops in the management of *L. coffeella* in coffee plantations. For the study with nanotechnology, three experiments were carried out in a greenhouse in order to evaluate the mortality of *L. coffeella* caterpillars at 7, 14 and 21 days after application of nanoclays. The nanoclays were synthesized and provided by the Chemistry Laboratory of the Federal University of Viçosa, Campus Rio Paranaíba. The study with cover crops was conducted in two arabica coffee producing regions in the Cerrado of Minas Gerais state, with different coffee varieties and phenological stages. The treatments of experiment 1 were: buckwheat, forage radish, mixed (buckwheat and forage radish), weeds (plants that grew naturally between the rows of the crop) and a dried control, with 4 replications. In experiment 2, two species of cover crops (buckwheat and radish) and weeds were used, with 8 replications. For the study of the use of nanoclays, significant differences were observed for the mortality of *L. coffeella* in the time of 7 days after application of insecticides. Mortality of *L. coffeella* was observed in nanoclay treatments with thiamethoxam and Actara 250WG®, and was above what is required by ABPM. There was a significant difference at the 5% probability level by the F Test for the number of leaf miner adults (NLMA), the number of old leaf mines (NOM) and the number of leaf miner eggs (NLFE) only in the experiment 1 with cover crops. All variables evaluated in experiment 2 were not significant. Considering NLMA in experiment 1, the different types of cover crops resulted in a decrease in the number of individuals on the coffee tree, highlighting the use of buckwheat or forage radish between the rows of the coffee crop in reference to the practice of allowing the occurrence of spontaneous plants. Regarding NOM, the adoption of the buckwheat and radish intercropping promoted a reduction in the number of injuries to coffee leaves caused by *L. coffeella*, compared to the other treatments, in addition to the increase of NLFE in the coffee crop. The use of buckwheat and radish favors the maintenance of *C. externa* in coffee crops. In addition, the reduction in the number of *L. coffeella* adults and the decrease in old mines confirms the hypothesis that these species of cover crops helped to promote the biological control of the agent *C. externa* in the area where experiment 1 was developed. The results of the study suggested that the use of nanoclays associated with thiamethoxam maintained mortality levels of *L. coffeella* populations above 80%, as well as the use of different cover crops promoted the reduction of damage caused to the coffee crop, in addition to contribute directly to the biological control of the predator *C. externa*.

Key Words: *Chrysoperla externa*; cover plants; sustentability.

CAPÍTULO 1 - Nanoargilas afetando a mortalidade de *Leucoptera coffeella*

RESUMO

O bicho-mineiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville e Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) é considerado uma das principais pragas do cafeeiro por ocasionar perdas de até 80% na produtividade da cultura. Em consequência do alto potencial de perdas de produção e falta de alternativas para controle mais sustentáveis, os inseticidas ainda são a principal forma de manejo para controle desta praga. O grupo dos neonicotinoides, como por exemplo o tiametoxam, é o mais utilizado na agricultura. Atualmente, diversas alternativas tecnológicas estão em desenvolvimento objetivando-se a redução ou mitigação dos seus impactos, como as nanoargilas. As nanoargilas são materiais inorgânicos compostos por minerais de ocorrência natural, e por isso, são baratos, não tóxicos e abundantemente disponíveis na natureza. Nessa perspectiva, este estudo foi conduzido com o objetivo de verificar a eficiência do uso de nanoargilas associadas ao tiametoxam em comparação com Actara250 WG[®] na mortalidade de populações de *L. coffeella*. Neste estudo foram conduzidos três experimentos montados em datas distintas para avaliação da mortalidade das lagartas de *L. coffeella* aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação das nanoargilas em mudas de café. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 4 repetições, sendo os tratamentos compostos por nanoargila com tiametoxam, Actara250 WG[®], nanoargila sem tiametoxam e controle (apenas água). Foram observadas diferenças significativas para a mortalidade de *L. coffeella* no tempo de 7 dias após aplicação dos inseticidas. A mortalidade de *L. coffeella* foi observada nos tratamentos de nanoargila com tiametoxam e tiametoxam[®] 250 WG, foi acima do que é requerida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Não foi observada diferença significativa na mortalidade de lagartas entre a nanoargila com tiametoxam e tiametoxam[®] 250 WG aos 14 e 21 dias após aplicação dos tratamentos. Os resultados do estudo sugeriram que o uso de nanoargilas associadas ao tiametoxam manteve níveis de mortalidade de populações de *L. coffeella* acima de 80% após 14 dias da aplicação, tornando-se uma eficiente ferramenta mais sustentável para controle desta praga do cafeeiro.

Palavras-chave: Bicho-mineiro; manejo sustentável; nanotecnologia.

1. INTRODUÇÃO

A aplicação de nanopartículas é a área da nanotecnologia que fornece a solução para muitos problemas ambientais, como por exemplo, toxicidade de defensivos, bioacumulação e biodegradação nos solos, devido ao seu comportamento ecologicamente correto e custo-benefício, além de seu tamanho pequeno (1-100 nm), o que resulta em uma grande superfície de contato (HAZAFSA et al., 2021).

A nanotecnologia é considerada um avanço tecnológico e tem se destacado nos últimos anos, sendo utilizada em indústrias de defensivos agrícolas, que gradativamente aumentam o uso de produtos nanotecnológicos como solução para reduzir a toxicidade dos inseticidas comerciais, alterando características iniciais da molécula e reduzindo significativamente o número de aplicações (SARANYA et al., 2020). Kumar et al. (2014) estudaram a síntese e caracterização do imidacloprid associado com nanopartículas para o controle de membros da família Cicadellidae. Os resultados de citotoxicidade *in vitro* revelaram que a concentração do nanoinseticida foi menos tóxica do que o inseticida original em células de mamíferos *in vitro*. Nesse sentido, Patel et al. (2018) provaram através de um nanoinseticida, sintetizado a partir de cipermetrina associada com nanomateriais, que a nanotecnologia pode reduzir poluição ambiental causada pelo uso excessivo da cipermetrina através de sua nova nanoformulação.

O recente desenvolvimento nesta área da nanotecnologia nos levou a explorar o potencial de formas combinadas de defensivos na forma de nanohíbridos. Nanohíbridos são materiais com tamanho variando de 10 a 100 nm e formados pela combinação de dois materiais. Esses materiais são elaborados com base no princípio da relação custo-benefício, destacando-se os polímeros de nanoargila (SATHISHKUMAR et al., 2019). Na agricultura, polímeros de nanoargila atuam como materiais transportadores e têm sido utilizados com sucesso para liberação controlada de defensivos agrícolas, garantindo assim a liberação lenta do ingrediente ativo com absorção eficiente pelo alvo (DITTA, 2019; MERINO et al., 2020).

As nanoargilas são materiais inorgânicos compostos por minerais de ocorrência natural de baixo custo com variabilidade na fonte e constituição química dependendo de seu grupo, e que possuem pelo menos uma de suas dimensões na faixa nanométrica. Os materiais de nanoargila são baratos, não tóxicos e abundantemente disponíveis na natureza (YENDLURI, 2019). Além disso, possuem grande superfície de contato, e alta capacidade de troca de cátions e sua modificação permite, entre outras coisas, variar a

polaridade do mineral, acidez, porosidade, e seu desempenho em muitas e variadas aplicações (LAZZARA et al., 2018; MERINO et al., 2020; NAZIR et al., 2016).

As formulações tradicionais de inseticidas têm uma variedade de limitações, incluindo baixa dispersibilidade, toxicidade a insetos não alvo e capacidade de durar no solo por um período prolongado. Essa ineficiência leva à alta poluição do meio ambiente (ABDOLLAHDOKHT et al., 2022; SUN et al., 2016). As nanoargilas têm potencial para serem aplicadas como uma nova tecnologia nas formulações de defensivos, objetivando-se assegurar a eficácia de ingredientes ativos de inseticidas existentes ou para melhorar perfis de segurança ambiental por meio do aumento da eficácia da atividade e estabilidade dos nanopesticidas sob pressões ambientais (UV e chuva), o que reduz significativamente o número de aplicações, diminuindo a toxicidade e reduzindo seus custos (KOOKANA et al., 2014).

Vários autores relatam o sucesso no controle de alguns insetos por meio da utilização de nanopesticidas (ADEL et al., 2019; HASHEM et al., 2018; NISHANTHI et al., 2019; WANG et al., 2019). Asoufi et al. (2018) testando diferentes concentrações de nanopartículas de sulfeto de ferro (FeS) no controle de *Myzus persicae* (SULZER, 1776) (Hemiptera: Aphididae), constataram aumento na mortalidade a partir do aumento das concentrações aplicadas. Além disso, Almadiy et al. (2018) observaram que outro fator importante aliado à concentração das nanopartículas é o tempo de exposição do inseto, constatando-se este resultado no controle de *Trogoderma granarium* (Everts, 1898) (Coleoptera: Dermestidae). Shahid et al. (2022) estudando nanopartículas de prata associadas à extrato de *Azadirachta indica* verificaram eficiência acima de 77% no controle de ninfas e adultos de *Bemisia tabaci* (Genn, 1889) (Hemiptera; Aleyrodidae). Assim, acredita-se que a associação de nanopartículas como as nanoargilas a inseticidas possa contribuir para o controle mais sustentável de diversos insetos-praga em várias culturas.

O bicho-mineiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville e Perrottet, 1842) é considerado uma das principais pragas da cultura do cafeeiro, devido ao alto potencial de dano econômico (DANTAS et al, 2021; FERNANDES et al., 2009; PANTOJA-GOMEZ et al., 2019; PEREIRA et al., 2007). As fêmeas ovipositam sobre a parte adaxial das folhas, da qual emergem lagartas que penetram na folha, alimentando-se do parênquima paliádico (PARRA, 1985; RAMIRO et al., 2006). Em consequência, a capacidade fotossintética é reduzida, o que leva à destruição e queda das folhas e, à redução da

produção de frutos, ocasionando perdas de até 80% na produtividade da cultura (PARRA; REIS, 2013; SCALON et al., 2011).

As perdas de produção, somadas à falta de alternativas para controle mais sustentável, incentivam o uso intensivo de defensivos agrícolas para controle do bicho-mineiro (SANTOS et al., 2022). Os inseticidas ainda são a principal forma de controle de *L. coffeella*. O controle químico, por ser o método mais comum de supressão de populações do bicho-mineiro, atinge até 20 aplicações por ano (LEITE et al., 2020).

Dentre os principais grupos químicos utilizados, destacam-se os neonicotinoides. Os princípios ativos deste grupo podem causar danos ao DNA, apoptose, oxidação de proteínas, inibindo a respiração mitocondrial e induzindo a produção de espécies reativas de oxigênio em insetos (XU et al., 2022). Portanto, os neonicotinoides apresentam alguns riscos à segurança dos ecossistemas e à saúde humana, e por isso, alternativas tecnológicas devem ser desenvolvidas e amplamente utilizadas objetivando-se a redução ou mitigação dos seus impactos (BHATTI et al., 2019, THOMPSON et al., 2020; XU et al., 2021). O objetivo de novas formulações é reduzir o impacto ambiental de tiametoxam, um dos principais neonicotinoides, aumentando sua efetividade, o que pode ser obtido por meio de novas tecnologias de formulação, como nanoargilas, reduzindo o número de aplicações (GUO et al., 2021; SARKAR et al., 2012; SINGH et al., 2020).

Contudo, poucas alternativas sustentáveis para controle são relatadas para pragas chave na cultura do cafeeiro (DANTAS et al., 2021). Nessa perspectiva, este estudo foi conduzido com o objetivo de verificar a eficiência do uso da nanoargila associada ao tiametoxam para o controle de populações de *L. coffeella* na cultura do cafeeiro como alternativa sustentável, visando a redução do número de aplicações.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos insetos e nanoargilas

A criação de *L. coffeella* foi realizada em gaiolas de oviposição constituída de madeira (4,00 x 1,00 x 1,00 m) e revestida com tecido de algodão (voil) (GONRING et al., 2019). As folhas contendo lagartas e pupas de *L. coffeella* foram removidas das plantas de café em uma lavoura situada na Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Rio Paranaíba (UFV-CRP). A lavoura foi selecionada devido a altos níveis de infestações de

L. coffeella. As folhas foram colocadas em gaiolas de criação anti-afídeos (Lab Creation[®], 50,00 x 50,00 x 50,00 cm) forradas com flanelas umedecidas para evitar a dessecação das pupas e facilitar a emergência dos adultos. Após a emergência, os adultos de *L. coffeella* foram transferidos para as gaiolas de oviposição contendo mudas de café arábica cultivar Catuaí 144 em vasos de 8 L (GONRING et al., 2019).

As nanoargilas utilizadas nos experimentos foram previamente sintetizadas e fornecidas pelo Laboratório de Química da UFV-CRP. A dose de nanoargila (controle e com inseticida) e inseticida convencional por mudas foram ajustadas para o uso em vasos, considerando as seguintes especificações: número de plantas por hectare recomendados para a cultivar Catuaí 144 (8.000 plantas ha⁻¹), volume de uma cova de café (40 x 40 x 40 cm), dose recomendada de inseticida convencional (1400 g ha⁻¹) e concentração de ingrediente ativo presente na nanoargila (10,807 mg tiametoxam.g⁻¹). Dessa forma, obteve-se a dose de 0,5060 gramas de nanoargilas e 22 mg de Actara250 WG[®] por muda, isto é, a mesma concentração de ingrediente ativo para o controle de *L. coffeella* (MARTINS et al., 2012).

2.2 Bioensaio

Os experimentos foram conduzidos na casa de vegetação da UFV-CRP (19° 13' 7,62'' S e 46° 13' 30,55'' O). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 4 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram: nanoargila com tiametoxam, tiametoxam (Actara250 WG[®]), nanoargila controle (nanoargila sem inseticida) e controle (somente água).

Mudas de café (*Coffea arabica* L.) do cultivar Catuaí 144 (10 meses e 19 folhas) foram plantadas em vasos de 8 L para o experimento de toxicidade da nanoargila associada ao tiametoxam às lagartas de 1^o instar de *L. coffeella*. Em cada ensaio, um vaso com uma muda de café foi considerado uma unidade experimental. Todos os tratamentos foram aplicados em solo previamente umedecido e sob a projeção da copa. A irrigação foi realizada a cada 3 dias usando 300 mL de água para manter a umidade do solo durante a execução do experimento (SABINO et al., 2018), sem que houvesse lixiviação.

Após 24 horas da aplicação dos tratamentos, 70 adultos de *L. coffeella* com 3 dias de idade foram liberados sobre as folhas de café tratadas por 24 h (GONRING et al., 2019). Aos 7, 14 e 21 dias após o condicionamento dos adultos às mudas de café em cada

ensaio, observou-se a eclosão dos ovos para iniciar os experimentos com número médio de 140 ovos por mudas (GONRING et al., 2019).

2.3 Avaliações

As avaliações foram realizadas 48 h após remoção das folhas, contabilizando-se o número de indivíduos mortos por meio da abertura das minas com o auxílio de um alfinete. Consideraram-se lagartas mortas aquelas que não responderam aos estímulos com uso de pincel fino nº 0.

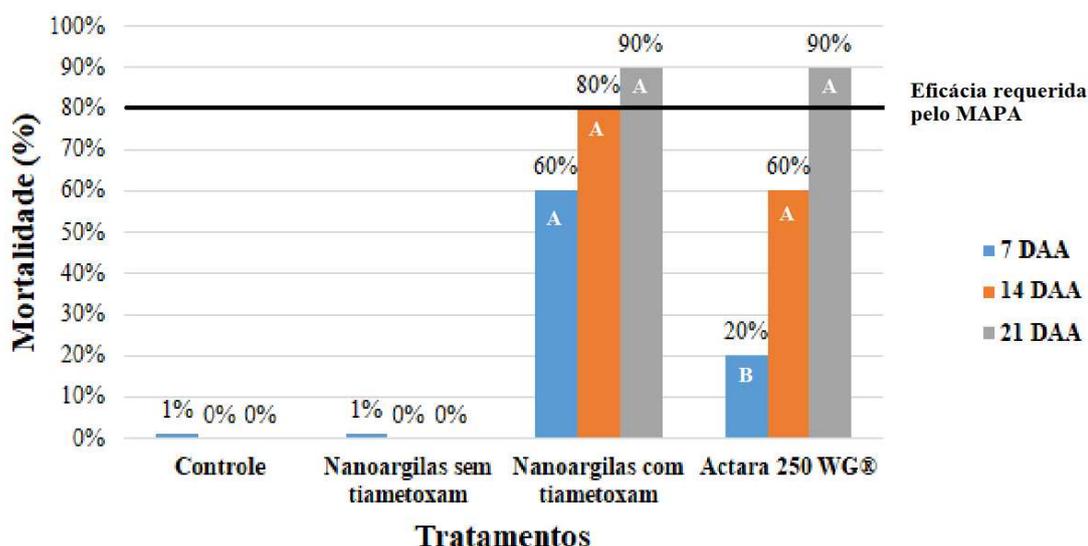
A porcentagem de mortalidade causada pela nanoargila com tiametoxam foi corrigida em relação à mortalidade causada pelo tratamento nanoargila sem tiametoxam, e a porcentagem de mortalidade causada pelo tiametoxam formulação comercial foi corrigida pelo tratamento controle utilizando a fórmula de Abbott (ABBOTT, 1925). Os dados obtidos foram submetidos aos pressupostos estatísticos e posteriormente a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), usando o software R versão 4.2.1 (R CORE TEAM, 2022).

3. RESULTADOS

A mortalidade de lagartas de *L. coffeella* foi diferente aos 7 ($F = 11,64$; $df 3,9$; $P = 0,00188$), 14 ($F = 13,64$; $df 3,9$; $P = 0,00107$) e 21 ($F = 222,14$; $df 3,9$; $P < 0,001$) dias após aplicação dos tratamentos. A mortalidade de *L. coffeella* foi observada nos tratamentos de nanoargila com tiametoxam e Actara250 WG[®], aos 14 dias após aplicação dos tratamentos (Figura 1).

A mortalidade das lagartas do primeiro ínstar de *L. coffeella* foi de $60,00 \pm 13,77\%$ e $20,00 \pm 5,44\%$ aos 7 DAA, utilizando-se tiametoxam associado a nanoargila e Actara250 WG[®], respectivamente. A mortalidade de lagartas foi superior no tratamento de nanoargila com tiametoxam do que inseticida comercial, enquanto aos 14 e 21 DAA dos tratamentos, não foi observada diferença significativa na mortalidade de lagartas entre a nanoargila com tiametoxam e Actara250 WG[®]. Apesar disso, ambos percentuais obtidos no último ensaio acima da eficácia mínima requerida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) de 80%.

Figura 1. Mortalidade corrigida (%) de lagartas de *Leucoptera coffeella* aos 7, 14 e 21 dias após aplicação de nanoargilas com e sem tiametoxam, Actara250 WG®. e controle. As avaliações de mortalidade foram realizadas 48 horas após a remoção das folhas. Médias seguidas por letra maiúscula diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. * MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento).



Fonte: A autora.

4. DISCUSSÃO

A mortalidade de lagartas de *L. coffeella* pela nanoargila associada à tiametoxam foi superior ao requerido pelo MAPA ($\geq 80\%$) até 21 DAA. A máxima mortalidade aos 21 dias após a aplicação foi semelhante aos resultados obtidos por Huang et al. (2020), que obtiveram a máxima mortalidade aos 25 dias após a aplicação na cultura do arroz, avaliando o controle em *Nilaparvata lugens* (Stål, 1854) (Hemiptera: Delphacidae) com tiametoxam associado à nanoargila de caulim, encapsulada com cera de abelha (TM/BK). Além disso, também constataram que a taxa de liberação de TM/BK em água foi mais rápida do que no solo no estágio inicial de liberação, tornando-se gradualmente uniforme ao longo do tempo, o que pode ajudar a explicar o resultado obtido neste trabalho.

Os níveis de mortalidade aos 14 e 21 dias após a aplicação podem não ter sido afetados pelo uso de nanoargilas. Independentemente disso, foi possível determinar os maiores percentuais de mortalidade de *L. coffeella* no tratamento com uso de nanoargilas aos 7 DAA, o que pode estar relacionado ao uso da nanotecnologia, pois este tratamento foi cerca de 40% mais letal do que do tratamento utilizando apenas o tiametoxam nesta data de avaliação. Assalin et al. (2019) e Elabasy et al. (2020) também relataram diferentes níveis de toxicidade de nanopartículas com tiametoxam para diferentes

organismos avaliados, em relação às formulações comerciais, ressaltando o grande potencial do uso da nanotecnologia em novas formulações aprimoradas, reduzindo o perigo da poluição ambiental e os danos aos agricultores, o que corrobora com a proposta deste trabalho.

As nanoargilas possuem como característica principal a sua capacidade de sorção de ingredientes ativos, e desta forma, contribuem para a liberação controlada de sua matriz carreadora. A sorção é facilitada por meio da interação hidrofóbica, enquanto o seu comportamento de liberação é controlado por meio do mecanismo de partição (CHEN et al., 2022), o que explica a maior mortalidade do tratamento utilizando as nanoargilas associadas ao tiametoxam aos 7 DAA.

Outro aspecto importante a se considerar é que o comportamento de sorção de qualquer argila não depende apenas do simples processo de particionamento, mas também é significativamente influenciado por sua camada intermediária da microestrutura (PHUEKPHONG et al., 2020). As características microestruturais intercamadas de uma argila são complexas e dependem de vários fatores, incluindo tipo de carga e densidade de minerais de argila, bem como a estrutura molecular e o nível de carga (densidade de empacotamento) dos agentes modificadores de estrutura desses materiais (BISWAS et al., 2019; CHEN et al., 2022). Nesse sentido, em razão do ingrediente ativo tiametoxam possuir uma alta mobilidade no solo (TSAGANOU et al., 2021) e baixa capacidade de adsorção/dessorção em partículas minerais (IBAMA, 2019), mais estudos são necessários para avaliar a capacidade de associação do tiametoxam à diferentes nanoargilas com agentes modificadores diversos.

Os resultados do estudo sugeriram que o uso de nanoargilas associadas ao tiametoxam manteve níveis de mortalidade de populações de *L. coffeella* acima de 80% após 14 dias da aplicação, tornando-se uma eficiente ferramenta sustentável para controle desta praga do cafeeiro.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. The value of the dry substitutes for liquid lime. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, p. 265–267, 1925. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/18/2/265/785683?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 11 jul. 2021.
- ABDOLLAHDOKHT, D. *et al.* Conventional agrochemicals towards nano-biopesticides: An overview on recent advances. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 9, p. 1-19, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00281-0>. Disponível em: <https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-021-00281-0>. Acesso em: 25 jan. 2022.
- ADEL, M.M. *et al.* Application of new nano pesticide geranium oil loaded- solid lipid nanoparticles for control the black cutworm *Agrotis ipsilon* (hub.) (Lepi., Noctuidae). **Eurasian Journal of Biosciences**, v.9, p. 1453–1461, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0924-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-017-0924-2>. Acesso em: 20 jan 2022.
- ALMADIY, A. A. *et al.* Facile synthesis of silver nanoparticles using harmala alkaloids and their insecticidal and growth inhibitory activities against the khapra beetle. **Journal of Pest Science**, v. 91, p. 727-737, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0924-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-017-0924-2>. Acesso em: 23 fev 2022.
- ASOUFI, H. M. *et al.* Biosynthesis and characterization of iron sulfide (FeS) nanoparticles and evaluation their aphicidal activity on the green peach aphid *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). **Fresenius Environ Bull**, v. 27, p. 7767-7775, 2018. Acesso em: 10 jan 2021.
- ASSALIN, M. R. *et al.* Nanoformulation as a tool for improvement of thiamethoxam encapsulation and evaluation of ecotoxicological impacts. **Energy, Ecology and Environment**, v. 4, p. 310-317, 2019. ABBOTT, W. S. The Value of the Dry Substitutes for Liquid Lime. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, p. 265–267, 1925. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/18/2/265/785683?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 11 nov 2021.
- BHATTI, S. *et al.* Bioaccumulation, biotransformation and toxic effect of fipronil in *Escherichia coli*. **Chemosphere**, v. 231, p. 207-215, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.124>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653519310306?via%3Dihub>. Acesso em: 15 abr 2021.
- BISWAS, B. *et al.* Biocompatible functionalisation of nanoclays for improved environmental remediation. **Chemical Society Reviews**, v. 48, p. 3740-3770, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1039/C8CS01019F>. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2019/CS/C8CS01019F>. Acesso em 12 abr 2021.

CHEN, Y. et al. Iron-modified biochar derived from sugarcane bagasse for adequate removal of aqueous imidacloprid: sorption mechanism study. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 1, p.1-15, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22357-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-22357-6>. Acesso em: 10 mai 2022.

DANTAS, J. et al. A comprehensive review of the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) - a major pest for the coffee crop in Brazil and others neotropical countries. **Insects**, v. 12, p. 1130, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects12121130>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-4450/12/12/1130>. Acesso em fev 2021.

DITTA, A. Role of nanoclay polymers in agriculture: applications and perspectives. In: **Nanohybrids in Environmental & Biomedical Applications**. CRC Press, 2019. p. 323-334. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781351256841-14>. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781351256841-14/role-nanoclay-polymers-agriculture-applications-perspectives-allah-ditta>. Acesso em: fev 2022.

ELABASY, A. et al. Cellulose nanocrystals loaded with thiamethoxam: fabrication, characterization, and evaluation of insecticidal activity against *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). **Nanomaterials**, v. 10, p. 788, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano10040788>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-4991/10/4/788>. Acesso em: 15 jan 2022.

FERNANDES, F.L. et al, Efeitos de variáveis ambientais, irrigação e vespas predadoras sobre *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) no cafeeiro **Neotropical Entomology**, v. 38, p. 410-417, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2009000300018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ne/a/C44z5gWtZdNmdwkgBwPfNgf/?lang=pt>. Acesso em: 10 abr 2021.

GONRING, A. H. R. et al. Comparative bioassay methods to determine diamide susceptibility for two coffee pests. **Crop Protection**, v. 121, p. 34–38, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.03.010>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219419300845?via%3Dihub>. Acesso em: Acesso em: jun 2021.

GUO, Y. et al. Bio-based clothianidin-loaded solid dispersion using composite carriers to improve efficacy and reduce environmental toxicity. **Pest Management Science**, v. 77, p. 5246-5254, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.6567>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.6567>. Acesso em: 15 ago 2021.

HASHEM, A.S. et al. *Pimpinella anisum* essential oil nanoemulsions against tribolium castaneum-insecticidal activity and mode of action. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 18802-18812. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2068-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-018-2068-1>. Acesso em: 11 dez 2021.

- HAZAFÁ, A. *et al.* Nano-Biopesticides as an Emerging Technology for Pest Management. In: *Insecticides*. **IntechOpen**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.101285>. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/79709>. Acesso em: 08 jun 2021.
- HERRICK, N. J.; CLOYD, R. A. Effect of systemic insecticides on the citrus mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) feeding on coleus. **Journal of Entomological Science**, v. 52, p. 104–118, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18474/JES16-39.1>. Disponível em: <https://bioone.org/journals/journal-of-entomological-science/volume-52/issue-2/JES16-39.1/Effect-of-Systemic-Insecticides-on-the-Citrus-Mealybug-Hemiptera/10.18474/JES16-39.1.short>. Acesso em: 09 abr 2021.
- HUANG, Y. *et al.* Release-controlled microcapsules of thiamethoxam encapsulated in beeswax and their application in field. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 55, p. 342-354, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2019.1697588>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03601234.2019.1697588>. Acesso em: 10 set 2021.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA, **Perfil Ambiental: Tiametoxam cas 153719-23-4**, Brasília, DF, 2019. Portal. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/index.php>. Acesso em: 12 jul 2021.
- KOOKANA, R. S. *et al.* Nanopesticides: guiding principles for regulatory evaluation of environmental risks. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.62, p. 4227-4240, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf500232f>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf500232f>. Acesso em: 12 abr 2021.
- KUMAR, S. *et al.* Synthesis, characterization and on field evaluation of pesticide loaded sodium alginate nanoparticles. **Carbohydrate polymers**, v. 101, p. 1061-1067, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.10.025>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861713010461?via%3Dihub>. Acesso em: 11 jul 2021.
- LAZZARA, G. *et al.* Current status of nanoclay phytotoxicity. In: **Phytotoxicity of nanoparticles**. Springer, Cham, 2018. p. 151-174. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-76708-6_6. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-76708-6_6. Acesso em: 11 jul 2021.
- LEITE, S. A. *et al.* Profile of coffee crops and management of the Neotropical coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella*. **Sustainability**, v. 12, p. 1-14 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12198011>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/19/8011>. Acesso em: 13 ago 2021.
- LIU, Y. *et al.* Thiamethoxam exposure induces endoplasmic reticulum stress and affects ovarian function and oocyte development in mice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 69, p. 1942-1952, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c06340>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.0c06340>. Acesso em: 12 abr 2022.

MAIENFISCH, P. *et al.* Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. **Pest Management Science**, v.57, p. 906-913, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.365>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.365>. Acesso em: 14 jun 2022.

MARTINS, L. D. *et al.* Função de crescimento vegetativo de mudas de cafeeiro conilon a níveis de ciproconazol+ tiametoxam e nitrogênio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 173-183, 2012. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.16171>. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/index.php/rca/article/view/16171>. Acesso em 10 out 2021.

MERINO, D. *et al.* Nanoclay as carriers of bioactive molecules applied to agriculture. In: KHARISSOVA, O. V. *et al.* (eds.), **Handbook of Nanomaterials and Nanocomposites for Energy and Environmental Applications**, Springer Nature, Switzerland 2020. p. 1-22. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-11155-7_62-1. Disponível em: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-030-11155-7_62-1. Acesso em: 14 abr 2021.

NAZIR, M. S. *et al.* Characteristic properties of nanoclays and characterization of nanoparticulates and nanocomposites. In: **Nanoclay reinforced polymer composites**. Springer, Singapore, 2016. p. 35-55. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-1953-1_2. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-1953-1_2. Acesso em: 13 ago 2021.

NISHANTHI, R.; MALATHI, S.; PALANI, P. Green synthesis and characterization of bioinspired silver, gold and platinum nanoparticles and evaluation of their synergistic antibacterial activity after combining with different classes of antibiotics. **Biomaterials Advances**, v. 96, p. 693-707, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.11.050>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928493117350038?via%3Dihub>. Acesso em: 22 jul 2021.

PANTOJA-GOMEZ, L. M. *et al.* Common origin of Brazilian and Colombian populations of the neotropical coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Journal of economic entomology**, v. 112, p. 924-931, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toy416>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/112/2/924/5288332?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 11 abr 2021.

PARRA, J. R. P.; REIS, P. R. Manejo integrado para as principais pragas da cafeicultura, no Brasil. **Visão Agrícola**, v. 8, p. 47-50, 2013. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va12-fitossanidade01.pdf>. Acesso em: 10 Abr 2021.

PATEL, S. *et al.* Sustained release of pesticide (Cypermethrin) from nanocarriers: an effective technique for environmental and crop protection. Process safety and environmental protection, **Process Safety and Environmental Protection**, v. 117, p. 315-325, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582018301812?via%3Dihub>. Acesso em: 09 jun 2021.

PEREIRA, E. J. G. *et al.* Seasonal mortality factors of the coffee leafminer, *Leucoptera coffeella*. **Bulletin of entomological research**, v. 97, p. 421-432, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485307005202>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/bulletin-of-entomological-research/article/abs/seasonal-mortality-factors-of-the-coffee-leafminer-leucoptera-coffeella/8C531FA515132CF57DF3FB33A54278C9>. Acesso 08 jun 2022.

PHUEKPHONG, A. F.; IMWISSET, K. J.; OGAWA, M. Organically modified bentonite as an efficient and reusable adsorbent for triclosan removal from water. **Langmuir**, v. 36, p. 9025-9034, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.0c00407>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.langmuir.0c00407>. Acesso em: 11 ago 2021.

RAMIRO, D. A. *et al.* Phenol contents, oxidase activities, and the resistance of coffee to the leaf miner *Leucoptera coffeella*. **Journal Chemical of Ecology**, v. 32, p. 1977-1988, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-006-9122-z>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10886-006-9122-z>. Acesso em: 11 ago 2021.

R Core Team (2022). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 10 jun 2022.

SABINO, P. H. D. S. *et al.* Nitrogen fertilizers and occurrence of *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet) in transplanted coffee seedlings. **Coffee Science**, v. 13, p. 410-414, 2018. DOI: <https://doi.org/10.25186/cs.v13i3.1458>. Disponível em: <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/1458>. Acesso em: 11 ago 2021.

SANTOS, L.M. *et al.* Vegetation indices applied to suborbital multispectral images of healthy coffee and coffee infested with coffee leaf miner. **AgriEngineering**, v. 4, n. 1, p. 311-319, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriengineering4010021>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2624-7402/4/1/21>. Acesso em: 12 jul 2021.

SHAHID, M. *et al.* Biocidal activity of green synthesized silver nanoformulation by *Azadirachta indica* extract a biorational approach against notorious cotton pest whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera; Aleyrodidae). **International Journal of Tropical Insect Science**, p. 1-12, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42690-022-00771-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42690-022-00771-0>. Acesso em: 10 jan 2022.

SARANYA, S. *et al.* Insecticidal activity of nanoparticles and mechanism of action. In: **Model Organisms to Study Biological Activities and Toxicity of Nanoparticles**. Springer, Singapore, p. 243-266, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-1702-0_12. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-1702-0_12. Acesso em: 13 jan 2022.

SARKAR, D. J. *et al.* Release kinetics of controlled release formulations of thiamethoxam employing nano-ranged amphiphilic PEG and diacid based block polymers in soil. **Journal of Environmental Science and Health, Part A**, v. 47, p. 1701-1712, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/10934529.2012.687294>. Disponível em:

em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10934529.2012.687294>. Acesso em: 04 fev 2022.

SATHISHKUMAR, R. S. *et al.* Green synthesis of silver nanoparticles by bloom forming marine microalgae *Trichodesmium erythraeum* and its applications in antioxidant, drug-resistant bacteria, and cytotoxicity activity. **Journal of Saudi Chemical Society**, v. 23, p. 1180-1191, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2019.07.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S131961031930081X?via%3Dihub>. Acesso em: 30 jan 2022.

SCALON, J, D. *et al.* Spatial and temporal dynamics of coffee-leaf-miner and predatory wasps in organic coffee field in formation. **Ciência Rural**, v. 41, p. 646-652, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011005000037>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/KLZwBffMCJQYDNYsz4r55Pn/?lang=en>. Acesso em: 02 fev 2022.

SINGH, A. *et al.* Advances in controlled release pesticide formulations: Prospects to safer integrated pest management and sustainable agriculture. **Journal of Hazardous Materials**, v. 385, p. 121525, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121525>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389419314797?via%3Dihub>. Acesso em: 03 fev 2022.

SUN, C. *et al.* Studies on applications of nanomaterial and nanotechnology in agriculture. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v.18, p.18–25, 2016. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20163191888>. Acesso em: 15 fev 2022.

THOMPSON, D. A. *et al.* A critical review on the potential impacts of neonicotinoid insecticide use: current knowledge of environmental fate, toxicity, and implications for human health. **Environmental Science: Processes & Impacts**, v. 22, p. 1315-1346, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1039/C9EM00586B>. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/EM/C9EM00586B>. Acesso em: 13 jan 2022.

TSAGANOU, F. K. *et al.* Insecticidal effect of thiamethoxam against seven stored-product beetle species. **Journal of Stored Products Research**, v. 93, p. 1-6, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101843>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022474X21000825?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jan 2022.

WANG, Y. *et al.* Amino graphene oxide/dopamine modified aramid fibers: preparation, epoxy nanocomposites and property analysis. **Polymer**, v. 168, p. 131–137, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2019.02.021>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032386119301521?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jan 2022.

XU, L. *et al.* Potential environmental health risk analysis of neonicotinoids and a synergist. **Environmental Science & Technology**, v. 55, p. 7541-7550, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c00872>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.1c00872>. Acesso em: 22 jan 2022.

XU, X. *et al.* Neonicotinoids: mechanisms of systemic toxicity based on oxidative stress-mitochondrial damage. **Archives of Toxicology**, v. 96, p. 1493-1520, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00204-022-03267-5>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00204-022-03267-5>. Acesso em: 22 jan 2022.

YENDLURI, R. Nanoclays: a new avenue for drug delivery. **EC Pharmacology and Toxicology ECO**, v. 2, p. 20-22, 2019. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=RfCN_sUAAAJ&citation_for_view=RfCN_sUAAAJ:UebtZRa9Y70C. Acesso em: 25 jan 2022.

CAPÍTULO 2 - Plantas de cobertura afetando populações de *Chrysoperla externa* e *Leucoptera coffeella*

RESUMO - Adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) se alimentam principalmente de recursos florais, como pólen e néctar. Os programas de controle biológico conservativo do cafeeiro devem estar associados a práticas culturais como o uso de plantas de cobertura, pois essas plantas liberam compostos orgânicos voláteis que podem repelir pragas e reduzir suas populações ou atrair inimigos naturais. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar se as espécies de plantas de cobertura afetam as populações de *C. externa* e de *Leucoptera coffeella* Guérin-Mèneville e Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) na cultura do café. O estudo foi conduzido em duas regiões produtoras de café arábica do Cerrado mineiro (Indianópolis e Varjão de Minas, com diferentes variedades de café e estádios fenológicos. Nestas regiões produtoras de café o bicho-mineiro é praga-chave. Os tratamentos do experimento 1 foram: trigo-mourisco, nabo-forageiro, misto (trigo-mourisco + nabo-forageiro), plantas espontâneas (plantas que cresceram naturalmente na entrelinha da cultura) e um controle dessecado, com 4 repetições. Para o experimento 2, utilizou-se 3 tipos de plantas de cobertura (trigo-mourisco; nabo-forageiro e plantas espontâneas) em 8 repetições. Todas as avaliações foram feitas 20 dias após a aplicação dos ovos de *C. externa*. Em relação ao impacto do uso de diferentes plantas de cobertura em lavouras de café, verificou-se diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F para o número de adultos de bicho-mineiro (ADBM), o número de minas velhas (NMV) e número de ovos de crisopídeo (OVBX) apenas no experimento 1. Todas as variáveis avaliadas no experimento 2 não foram significativas. Considerando ADBM no experimento 1, os diferentes tipos de plantas de cobertura resultaram em uma diminuição dos indivíduos no cafeeiro, destacando-se a utilização de trigo-mourisco ou nabo-forageiro na entrelinha da cultura do café em referência à prática de se permitir a ocorrência de plantas espontâneas. Em relação ao NMV, a adoção do consórcio de trigo-mourisco e nabo-forageiro promoveu a redução do número de injúrias nas folhas do cafeeiro causadas por *L. coffeella*, em comparação com os demais tratamentos. A adoção do plantio do consórcio de trigo-mourisco e nabo-forageiro também promoveu o maior OVBX na cultura do cafeeiro, por comparação aos outros tratamentos estudados. Nesse sentido, o tratamento com a ausência de plantas (dessecado) reduziu a oviposição de adultos de *C. externa*. Podemos concluir que a utilização de trigo-mourisco e nabo-forageiro favorece a manutenção de *C. externa* em lavouras de café. Além disso, a redução do número de adultos de *L. coffeella* e diminuição de minas velhas confirma a hipótese que estas espécies de plantas de cobertura ajudam a promover o controle biológico de *L. coffeella* na área onde o experimento 1 foi desenvolvido.

Palavras-chave: Controle biológico; inimigos naturais; manejo sustentável.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de sistemas agrícolas mistos mais sustentáveis, que combinam diferentes tecnologias e práticas agrícolas da agricultura orgânica e convencional, é essencial para reduzir danos ao meio ambiente e maximizar a lucratividade do agronegócio (ZIMMERMANN et al., 2021). Na agricultura moderna, o controle biológico de pragas é prática sustentável, que assegura a manutenção de agrossistemas diversos e produtivos, evidenciando o equilíbrio do ambiente, sem prejudicar outros ecossistemas (BEGG et al., 2017).

Os agentes que exercem o controle biológico em organismos considerados pragas são frequentemente chamados de inimigos naturais (HAJEK; EILENBERG, 2019). Nesse sentido, destacam-se os grupos dos parasitoides e dos predadores. Diversas espécies de predadores apresentam atributos que lhes conferem potencial para atuar como agentes de controle biológico de artrópodes-praga em agroecossistemas (SOUZA et al., 2019). Larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) são predadoras generalistas com alto potencial para controle biológico de uma ampla variedade de pragas como pequenas lagartas, pulgões, cochonilhas, moscas-brancas, psilídeos, tripes e ácaros (ISMOILOV et al., 2020) em diversas culturas como algodoeiro, milho, cana, sorgo, arroz, soja, feijoeiro, tomateiro, mandioca, abóbora, batata e cafeeiro (BLASSIOLI-MORAES et al., 2022).

O manejo do habitat é uma forma de conservar os agentes de controle biológico e uma tática ecológica que beneficia e potencializa a atividade de inimigos naturais em diferentes sistemas agrícolas (BLASSIOLI-MORAES et al., 2022; CARVALHO et al., 2019; CZEPAK et al., 2019; MARUCCI et al., 2019; PINTO; BUENO, 2019; QUINTELA et al., 2019). A diversificação das lavouras de café com plantas de cobertura é uma estratégia capaz de aumentar a disponibilidade de alimentos fornecidos por plantas para *C. externa*, aumentando sua sobrevivência e desempenho, resultando em maior eficácia no controle de pragas, incluindo o *Leucoptera coffeella* e o *Hypothenemus hampei* que são pragas de grande importância na cultura do cafeeiro (BOTTI et al., 2022; CARVALHO et al., 2019; ROSADO et al., 2021).

Nesse contexto, o bicho-mineiro (*L. coffeella*) é considerado uma das mais importantes pragas da cultura, pois reduz a produção de frutos (LEITE et al., 2021). As fêmeas depositam seus ovos de forma dispersa na superfície superior da folha. Ao eclodir, a larva emerge através da parede do ovo que faz contato com a folha, para que não fique

exposta aos fatores ambientais de mortalidade. A larva penetra dentro da folha, alimentando-se exclusivamente do parênquima paliçádico (MERIÑO-CABRERA et al. 2018).

Os programas de controle biológico conservativo do cafeeiro devem estar associados a práticas culturais como o uso de plantas de cobertura, pois essas plantas liberam compostos orgânicos voláteis que podem repelir pragas e reduzir suas populações diretamente ou atrair inimigos naturais (CARVALHO et al., 2019). Os adultos do agente de controle biológico *C. externa* se alimentam principalmente de recursos florais, como pólen e néctar (ROSADO et al., 2021), e podem se dispersar facilmente (SILVA et al., 2022), dificultando a sua permanência mesmo com a presença da praga na área. A presença de fontes de alimentos vegetais alternativos é especialmente importante para o sucesso do controle biológico conservativo (BLASSIOLI-MORAES et al., 2022).

Pesquisas têm sido realizadas para selecionar e difundir mais espécies de plantas a serem utilizadas em agroecossistemas de café (REZENDE et al., 2021; VENZON et al., 2018; VENZON et al., 2019). Os benefícios do uso de plantas de cobertura vão além de cobrir a superfície do solo, e impactam diretamente na melhoria de componentes físicos, químicos e biológicos do solo, além de melhorar o controle de pragas em sistemas diversificados (CHERUBIN, 2022; VENZON et al., 2021).

Além dos benefícios diretos no sistema produtivo, a prática do controle biológico permite atender a demandas globais por produtos de origem certificada como *Rainforest Alliance*, *UTZ Certified*, *Global GAP*, *Common Code for the Coffee Community (4C)*, *Nespresso AAA* e *Starbucks CAFÉ*, além das diretrizes de Avaliações de Sustentabilidade de Sistemas Alimentares e Agrícolas (SAFA) que foram desenvolvidas pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2014). Esta prática agrícola também atende aos chamados da Agenda 2030, especialmente ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e a certificação de acordo com esses padrões fornece informações confiáveis aos consumidores sobre os atributos do produto de café e seus produtores, que visam assegurar a conservação da biodiversidade nos agroecossistemas (ONU, 2022; PARTZSCH et al., 2021; SSEBUNYA et al., 2019).

Desta forma, o objetivo foi verificar se diferentes espécies de plantas de cobertura além da aplicação de ovos do agente *C. externa* podem afetar o controle biológico conservativo de *L. coffeella* na cultura do cafeeiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em duas regiões produtoras de café arábica do Cerrado mineiro de grande importância, com diferentes variedades e estádios fenológicos de plantas de café. Nestas regiões produtoras de café o bicho-mineiro é praga-chave.

2.1 Experimento 1 – Fazenda Furnas

A área do experimento 1 é localizada no município de Indianópolis, Minas Gerais, (18°55' 17.3" S e 47°54' 40.2" O), a 849 m de altitude, na Fazenda Furnas. O clima predominante da região é tropical seco do tipo Aw segundo a classificação Köppen-Geiger. Indianópolis tem temperatura média de 22°C, precipitação pluviométrica média anual de 1478 mm e umidade relativa do ar média de 73,5% (REBOITA et al., 2015).

O experimento 1 foi conduzido em 2021, em área plantada com o cultivar IPR-100, irrigado por gotejamento, em fase de produção, com espaçamento de 3,5 x 0,6 m, com 3 anos de idade, totalizando 7,5 hectares. As diferentes plantas de cobertura foram semeadas com auxílio de plantadeira de duas linhas, Jumil®, no dia 25/01/2021.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 4 repetições. A parcela experimental foi composta por seis linhas de plantas espaçadas entre si por 3,5 metros cada (400 m², 20 x 20 m). Os tratamentos foram trigo-mourisco, nabo-forageiro, misto (trigo-mourisco + nabo-forageiro), plantas espontâneas (plantas que cresceram naturalmente na entrelinha da cultura) e um controle dessecado com a aplicação do herbicida Glifosato, dose de 4,0 L.ha⁻¹.

2.2 Experimento 2 – Fazenda São João

A área do experimento 2 é localizada na Rodovia BR 365 - KM 351, zona rural da cidade de Varjão de Minas, Minas Gerais (18° 25' 35.012" S e 46° 4' 3.274" O), a 900 m de altitude, na Fazenda São João. O clima predominante da região é tropical seco do tipo Aw segundo a classificação Köppen-Geiger. Varjão de Minas tem temperatura média de 22°C, precipitação pluviométrica média anual de 1403 mm e umidade relativa do ar média de 75% (REBOITA et al., 2015).

O experimento 2 foi conduzido em 2020/21 em lavoura comercial de café *Coffea arabica* L., cultivar Catuaí 144, cultivado em área de pivô central, plantada com espaçamento de 4,0 x 0,5 m, com área total de 23,3 hectares. As diferentes plantas de

cobertura foram semeadas com auxílio de plantadeira de três linhas, Jumil®, no dia 15/12/2020. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 3 tipos de plantas de cobertura (trigo-mourisco, nabo-forrageiro e plantas espontâneas) em 8 repetições. A parcela experimental foi constituída de 1000 m² (20 m x 50 m).

2.3 Liberação de *Chrysoperla externa*

Os ovos de *C. externa* foram obtidos da criação massal do Laboratório da Associação Mineira de Produtores de Algodão (AMIPA). Os ovos foram mantidos à temperatura de 25 °C, umidade relativa 60-70% e fotofase de 12:12 h até serem levados ao campo para a liberação. Os ovos foram separados em pote de plástico (50 mL) contendo 7.500 ovos por pote. O modelo do drone utilizado foi o X800 da marca Xflay. A altura de voo do equipamento foi de 20 m, com velocidade de 12 ms⁻¹, resultando em uma faixa de aplicação de 15 a 20 metros. A autonomia do equipamento nessas condições foi de 25 a 30 hectares por voo. A aplicação via drone foi realizada com 1.000 ovos.ha⁻¹ em todas as parcelas.

2.4 Avaliações de *C. externa* e *L. coffeella*

As avaliações foram realizadas em área útil de 40 m² (4 x 10 m), centralizada em cada uma das parcelas experimentais. Todas as avaliações foram feitas 20 dias após a liberação dos ovos de *C. externa*. Para essa avaliação agitou-se vigorosamente cinco plantas selecionadas aleatoriamente em cada parcela da cultura, e contabilizou-se o número de adultos em voo de ambas as espécies em um lado da planta.

Para as avaliações do número de lagartas, pupas e ovos de *C. externa* e *L. coffeella*, além do número de minas ativas maiores e menores que 1,5 cm, o número de minas velhas e predadas, foram amostradas cinco plantas aleatórias por parcela, avaliando-se o 4º e 5º par de folhas de um ramo selecionado do terço mediano da planta.

2.5 Avaliação da presença de ácaros e cochonilhas

Para essas avaliações foi amostrado um ramo do terço mediano do dossel de dez plantas aleatórias na parcela, observando-se o percentual de plantas infestadas (ácaros e cochonilhas) e anotando o número separadamente em planilha específica.

2.6 Avaliações na entrelinha do cafeeiro

Selecionou-se cerca de um metro das plantas das entrelinhas para a realização da contagem de insetos presentes, para tanto foi necessário bater as plantas em uma bandeja de plástico. Nessa avaliação foram contabilizados os números de adultos de *L. coffeella* e *C. externa*, ácaro-branco (*Polyphagotarsonemus latus*), ácaro-vermelho (*Oligonychus ilicis*), ácaro-da-leprose (*Brevipalpus phoenicis*), cochonilhas-farinhas (*Planococcus citri*, *Planococcus minor*), cochonilhas-de-escamas (*Praelongorthezia praelonga*), parasitoides.

3. RESULTADOS

Em relação ao impacto do uso de diferentes plantas de cobertura em lavouras de café, verificou-se diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F para o número de adultos de bicho-mineiro (ADBМ), o número de minas velhas (NMV) e número de ovos de crisopídeo (OVБX) apenas no experimento 1. As demais características avaliadas no experimento 1 não foram significativas (Tabela 1). Todas as variáveis avaliadas no experimento 2 não foram significativas (Tabela 2).

Tabela 1. Resumo da análise de variância de características avaliadas quanto a ocorrência de *Leucoptera coffeella* e *Chrysoperla externa* em diferentes tipos de coberturas de plantas na entrelinha do cafeeiro, experimento 1, realizado na Fazenda Furnas, município de Indianópolis (MG), entre janeiro e junho de 2021.

QUADRADOS MÉDIOS						
Fonte de Variação	GL	ADBМ	ADBX	NMAP	NMAG	NMV
Blocos	3	0,1833	1,6667	1,6969	1,4009	3,8021
Tratamentos	4	6,3000*	0,2000	0,1272	0,3442	3,3825*
Resíduo	12	1,4333	2,6667	1,3750	0,5083	13,7250
Média		4,95	4,10	1,30	0,45	17,00
CV (%)		24,19	39,83	90,20	158,44	21,86
Fonte de Variação	GL	NMP	NMPA	OVBM	OVБX	LVBX
Blocos	3	0,7619	0,0000	2,2254	2,7376	1,6000
Tratamentos	4	0,4285	0,0000	1,1239	3,2783*	2,2800
Resíduo	12	1,0500	0,0000	2,9583	10,9580	0,4166
Média		0,40	0,00	1,35	8,20	0,40
CV (%)		256,17	0,00	127,41	40,37	161,37

*Significativo 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F. CV: Coeficiente de variação; GL: Grau de liberdade; ADBM: Adultos de bicho-mineiro; ADBX: Adultos de

crisopídeo; NMAP: Número de minas ativas menores que 1,5cm; NMAG: Número de minas ativas maiores que 1,5cm; NMV: Número de minas velhas; NMP: Número de minas predadas; NMPA: Número de minas parasitadas; OVBM: Ovos de bicho-mineiro; OVBX: Ovos de crisopídeo; LVBX: Larvas de crisopídeo. Fonte: A autora.

Os coeficientes de variação (CV) apresentaram valores distintos entre os diferentes experimentos conduzidos, com valores muito elevados no experimento 2. Para o número de minas ativas maiores que 1,5 cm (NMAG) por exemplo, houve uma diferença de 200,13% entre os dois locais avaliados. Além disso, outras características como número de adultos de bicho-mineiro (ADBM), número de adultos de crisopídeo (ADBX), número de minas ativas menores que 1,5 cm (NMAP), número de minas velhas (NMV) e número de ovos de crisopídeo (OVBX) apresentaram diferenças na ordem de 24,67% (ADBX) à 101,99% (OVBX).

Tabela 2. Resumo da análise de variância de características avaliadas quanto a ocorrência de *Leucoptera coffeella* e *Chrysoperla externa* em diferentes tipos de coberturas de plantas na entrelinha do cafeeiro, experimento 2, realizado na Fazenda São João, município de Varjão de Minas (MG), na safra 2020/21.

QUADRADOS MÉDIOS						
Fonte de variação	GL	ADBM	ADBX	NMAP	NMAG	NMV
Blocos	7	1,3320	1,4560	0,8421	0,8000	0,8749
Tratamentos	2	2,3750	1,5000	0,2916	0,4666	1,8870
Resíduo	14	19,0890	4,7381	0,3392	0,0892	55,3990
Média		5,50	3,37	0,33	0,08	14,79
CV (%)		79,44	64,50	174,74	358,57	50,32
Fonte de variação	GL	NMP	NMPA	OVBM	OVBX	CFAR
Blocos	7	0,7111	1,8657	1,0625	0,7744	1,5454
Tratamentos	2	3,7852	1,0796	0,9525	0,1578	0,2727
Resíduo	14	0,8035	1,1964	33,1130	0,7916	0,4583
Média		0,66	0,71	2,96	0,62	0,37
CV (%)		134,46	154,42	194,51	142,36	180,53
Fonte de variação	GL	CESC	LVBX	ACB	ACL	ACV
Blocos	7	3,8613	7,2609	1,2655	1,3333	0,7576
Tratamentos	2	0,1214	2,7391	0,5011	0,4666	0,9554
Resíduo	14	1,0298	0,1369	2,5774	0,2678	2,1369
Média		0,75	0,37	1,04	0,25	0,66
CV (%)		135,30	98,67	154,12	207,02	219,27

CV: Coeficiente de variação; GL: Graus de liberdade; ADBM: Adultos de bicho-mineiro; ADBX: Adultos de crisopídeo; NMAP: Número de minas ativas menores que 1,5cm; NMAG: Número de minas ativas maiores que 1,5cm; NMV: Número de minas velhas; NMP: Número de minas predadas; NMPA: Número de minas parasitadas; OVBM: Ovos

de bicho-mineiro; OVBX: Ovos de crisopídeo; CFAR: Número de cochonilha farinhenta; CESC: Número de cochonilha-de-escamas; LVBX: Larvas de crisopídeo.; ACB: Número de ácaro-branco; ACL: Número de ácaro-da-leprose; ACV: Número de ácaro-vermelho. Fonte: A autora.

As médias das características avaliadas também apresentaram valores distintos em função da localização do experimento conduzido e dos diferentes tipos de cobertura empregados na entrelinha do cafeeiro. Para o número de ovos de crisopídeo (OVBX) por exemplo, houve uma diferença de 1.222% entre os dois locais avaliados. Além disso, outras características como número de adultos de bicho-mineiro (ADBM), número de adultos de crisopídeo (ADBX), número de minas velhas (NMV) e número de ovos de *L. coffeella* também possuíram diferenças de 11,11%; 21,66%; 14,94% e 119,25%, respectivamente.

As características significativas do experimento 1 estão apresentadas na Tabela 3. Considerando o número de adultos de bicho-mineiro (ADBM), os diferentes tipos de plantas de cobertura resultaram em uma diminuição dos indivíduos no cafeeiro, destacando-se a utilização de trigo-mourisco ou nabo-forageiro na entrelinha da cultura do café em referência à prática de se permitir a ocorrência de plantas espontâneas.

Tabela 3. Número de adultos de bicho-mineiro (ADBM), número de minas velhas (NMV) e número de ovos de crisopídeo (OVBX) em função de tipos de coberturas de plantas na entrelinha do cafeeiro, experimento 1, realizado na Fazenda Furnas, município de Indianópolis (MG), entre janeiro e junho de 2021.

Tipos de cobertura	ADBM	NMV	OVBX
Plantas espontâneas	7,00 a	19,00 ab	6,50 ab
Trigo-mourisco + nabo-forageiro	5,25 ab	11,25 b	13,25 a
Dessecado	4,50 ab	18,25 ab	5,50 b
Nabo-forageiro	4,00 b	19,75 a	8,00 ab
Trigo-mourisco	4,00 b	16,50 ab	7,75 ab

Médias na mesma coluna seguidas de letras minúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: A autora.

Em relação ao número de minas velhas (NMV), a adoção do consórcio de trigo-mourisco e nabo-forageiro promoveu a redução do número de injúrias nas folhas do cafeeiro causadas por *L. coffeella*, em comparação com os demais tratamentos, assim como proporcionou o maior número de ovos de crisopídeo (OVBX) na cultura do

cafeeiro. O tratamento com a ausência de plantas (dessecado) reduziu a oviposição de adultos de *C. externa*.

4. DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo confirmam a hipótese de que os diferentes tipos de plantas de cobertura interferem na abundância de *L. coffeella* na cultura do café. Este é o primeiro trabalho que avalia a incidência desta praga e seu potencial agente de controle biológico *C. externa* em função de diferentes espécies de plantas de cobertura cultivadas na entrelinha de lavouras comerciais de café.

Os resultados também reforçaram que o uso de plantas de cobertura pode potencializar a sobrevivência de *C. externa* onde o inimigo natural pode contribuir no controle biológico conservativo de insetos (BLASSIOLI-MORAES et al., 2022). Isto ocorre principalmente por causa do hábito diversificado de alimentação dos crisopídeos, tanto em sua fase jovem quanto adulta. Rosado et al. (2021) indicaram que quando as plantas de cobertura foram utilizadas em consórcio com a cultura do cafeeiro, houve o aumento do fornecimento do alimento, pois as plantas disponibilizaram diferentes fontes de carboidratos e proteínas, além de refúgio e microclima favorável aos predadores, aumentando sua sobrevivência e desempenho.

As fontes de alimentos derivados de plantas variam o seu valor nutricional, de acordo com a espécie vegetal, e por esta razão, nem todos os tipos de recurso alimentares são benéficos aos crisopídeos (VENZON et al., 2021). A presença de plantas de cobertura benéficas aos predadores no campo é extremamente importante para a manutenção da população do inseto, mesmo em situações de ausência da presa (BATISTA et al., 2017; UGINE et al., 2021). Venzon (2021) mostrou que nem todos os tipos de pólen são igualmente benéficos para *C. externa* e que uma fonte de carboidratos pode aumentar a taxa de oviposição e sobrevivência desses organismos quando acompanhados por uma fonte de proteína (pólen), indicando que o plantio de coberturas vegetais deve ser bem planejado para beneficiar o predador e não outros tipos de pragas que se alimentem destas plantas.

Nesse sentido, apesar do número de adultos de *L. coffeella* em áreas com plantio do consórcio contendo trigo-mourisco e nabo-forrageiro não ter diferido estatisticamente do manejo com plantas espontâneas, a sua utilização resultou no menor impacto na lavoura de café do experimento 1, visto que a média do número de minas velhas foi a

menor entre todos os tratamentos. Este resultado confirma que as plantas de cobertura que contribuem com fontes de néctar ou pólen devem ser consideradas um fator importante na manutenção da população de inimigos naturais em diferentes sistemas de produção (ANDRADE et al., 2018; RESENDE et al., 2017; ROSADO et al., 2021).

Além disso, a diferenciação do cultivo sem plantas dos demais tratamentos testados suportam a ideia de que a planta de cobertura interfere na taxa de oviposição de adultos de *C. externa*. Os resultados do aumento do número de ovos de *C. externa* sugerem que o uso de herbicidas para dessecação de plantas espontâneas na entrelinha do café, como usualmente realizado, desfavorece a manutenção das populações de *C. externa*. Além da remoção da fonte de alimento, que pode interferir na dinâmica populacional do agente de controle biológico, o herbicida também pode alterar a fecundidade e a fertilidade de *C. externa* em longo prazo e afetar a densidade populacional de insetos predadores (PEREIRA et al., 2018; SCHNEIDER et al., 2009).

O número de adultos de *L. coffeella* foi menor quando plantas de cobertura foram cultivadas na entrelinha. Discutindo sobre a influência da diversidade de plantas em sistemas de produção, alguns autores relataram que, em alguns casos, as plantas de cobertura podem promover diversos tipos de interações, como predação intraguilda ou competição aparente, o que pode reduzir ou aumentar o impacto dos inimigos naturais nas populações de pragas (BEGG et al., 2017; BLASSIOLI-MORAES et al., 2022; JANSSEN et al., 2007; VENZON, 2021;).

O número de adultos de *C. externa* não diferiu entre as áreas com cultivos do cafeeiro no presente estudo em função das diferentes coberturas utilizadas, de modo similar a outros autores (BLASSIOLI-MORAES et al., 2022; RESENDE et al., 2014). Uma hipótese para esse resultado é que o aumento populacional desse agente de controle biológico está condicionado a muitos fatores bióticos, como fonte de alimentos para os adultos, preferência de espécies de plantas de cobertura, e abióticos, como condições climáticas favoráveis (BLASSIOLI-MORAES et al., 2022; RESENDE et al., 2017; SILVA, et al., 2006), além da seletividade de defensivos agrícolas empregados no manejo fitossanitário da cultura do café, que parecem desfavorecer a manutenção e a abundância dessa espécie nesses cultivos. Porém estudos adicionais precisam ser realizados para confirmar esta hipótese (SARAIVA et al., 2021; VILELA et al., 2020).

Embora não sendo o objetivo do presente trabalho, foram avaliados a presença de outros artrópodes como cochonilhas e ácaros (experimento 2), mas sem efeito significativo. Estudos de campo contemplando a dinâmica de sistemas de controle

biológico conservativo e sistemas em transição devem ser realizados comparando-se os níveis populacionais destes organismos em áreas com as diferentes formas de manejo integrado de pragas, ao mesmo tempo em que se determinam também os níveis populacionais dos predadores que nos testes de laboratório se mostraram potencialmente mais eficazes no combate a diversas pragas agrícolas (VENZON, 2021; VENZON et al., 2021).

Pode-se concluir que a utilização de trigo-mourisco e nabo-forrageiro favorece a manutenção de *C. externa* em lavouras de café. Além disso, a redução do número de adultos de *L. coffeella* e a diminuição de minas velhas confirma a hipótese que estas espécies de plantas de cobertura ajudaram a promover o controle biológico do agente *C. externa* na área onde o experimento 1 foi desenvolvido.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, K. A. *et al.* Pollen ingestion by *Chrysoperla externa* (Hagen) adults in a diversified organic agroecosystem. **Neotropical entomology**, v. 47, p. 118-130, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0537-8>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13744-017-0537-8>. Acesso em: 14 dez 2021.
- BATISTA, M.C. *et al.* Basil Basil (*Ocimum basilicum* L.) attracts and benefits the green lacewing *Ceraeochrysa cubana* Hagen. **Biological Control**, v.110, p. 98-106, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.04.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964417300932?via%3DiHub>. Acesso em: 14 dez 2021.
- BEGG, G. S. *et al.* A functional overview of conservation biological control. **Crop Protection**, v. 97, p. 145-158, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219416303210?via%3DiHub>. Acesso em: 15 dez 2021.
- BLASSIOLI-MORAES, M. C. *et al.* Companion and smart plants: scientific background to promote conservation biological control. **Neotropical Entomology**, v. 51, p. 171-187, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-021-00939-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13744-021-00939-2>. Acesso em: 18 dez 2021.
- BOTTI, J. M. C. *et al.* Predation of coffee berry borer by a green lacewing. **Neotropical Entomology**, v. 51, p. 160-163, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-021-00884-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13744-021-00884-0>. Acesso em: 18 dez 2021.
- CARVALHO, C. F.; CARVALHO, S. M.; SOUZA, B. Coffee. *IN*: SOUZA, B.; VÁZQUEZ, L. L.; MARUCCI, R. C. (Eds.). **Natural enemies of insect pests in neotropical agroecosystems: biological control and functional biodiversity**, Springer: Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019. p. 277-291. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1_23. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-24733-1_23. Acesso em: 01 dez 2021.
- CHERUBIN, M. R. **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos filotécnicos e impactos sobre a saúde do solo**. Piracicaba, ESALQ-USP, 126 p, 2022. DOI: <https://doi.org/10.11606/9786589722151>. Disponível em: <https://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/782>. Acesso em: 30 dez 2021.
- CZEPAK, C. *et al.* Cotton. *IN*: SOUZA, B.; VÁZQUEZ, L. L.; MARUCCI, R. C. (Eds.). **Natural enemies of insect pests in neotropical agroecosystems: biological control and functional biodiversity**, Springer: Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019. p. 293-303. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1_24. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-24733-1_24. Acesso em: 20 fev 2022.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA), Version 3**. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/sustainability/sustainability-assessments-safa/en/>. Acesso em: 14 jan 2022.

JANSSEN, A. *et al.* Habitat structure affects intraguild predation. **Ecology**, v. 88, p. 2713-2719, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1890/06-1408.1>. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/06-1408.1>. Acesso em: 11 jan 2022.

HAJEK, A.; EILENBERG, J. Introduction to biological control. In: **Natural Enemies: an introduction to biological control**, p. 22-38, 2019. Cambridge: Cambridge University Press. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781107280267.003>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/books/abs/natural-enemies/introduction-to-biological-control/068D120EA038A4676797B6654D0AB3CD>. Acesso em: 10 fev 2022.

ISMOILOV, K. *et al.* First report using a native lacewing species to control *Tuta absoluta*: from laboratory trials to field assessment. **Insects**, v. 11, p. 286, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects11050286>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-4450/11/5/286>. Acesso em: 17 jan 2022.

LEITE, S. A. *et al.* Time-concentration interplay in insecticide resistance among populations of the neotropical coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella*. **Agricultural and Forest Entomology**, v.23, p.232–241. 2021. <https://doi.org/10.1111/afe.12425>. Disponível em: <https://resjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/afe.12425>. Acesso em: 17 jan 2022.

MARUCCI, R. C.; MENDES, S. M.; SOUZA, I. L. Maize. *IN*: SOUZA, B.; VÁZQUEZ, L. L.; MARUCCI, R. C. (Eds.). **Natural enemies of insect pests in neotropical agroecosystems: biological control and functional biodiversity**, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019. p. 329-340. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1_27. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-24733-1_27. Acesso em: 18 jan 2022.

MERIÑO-CABRERA, Y. *et al.* 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, p.236–243, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/aab.12416>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/aab.12416>. Acesso em: 20 jan 2022.

ONU. Organizações das Nações Unidas. **Metas de desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment>. Acesso em: 14 ago 2022.

PARTZSCH, L. *et al.* Water in your coffee? Accelerating SDG 6 through voluntary certification programs. **Journal of Cleaner Production**, v. 324, p. 129252, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129252>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621034387?via%3DiHub>. Acesso em: 21 fev 2022.

PEREIRA, J. L. *et al.* Effects of glyphosate on the non-target leaf beetle *Cerotoma arcuata* (Coleoptera: Chrysomelidae) in field and laboratory conditions. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 53, p. 447-453, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2018.1455363>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03601234.2018.1455363>. Acesso em: 15 jan 2022.

PINTO, A. S.; BUENO, R. C. O. F. Soybean. *IN*: SOUZA, B.; VÁZQUEZ, L. L.; MARUCCI, R. C. (Eds.). **Natural enemies of insect pests in neotropical agroecosystems: biological control and functional biodiversity**, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019. p.396-411. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-24733-1>. Acesso em: 12 jan 2022.

QUINTELA, E. D.; COSTA-LIMA, T. C.; DINIZ, A. J. F. Beans. *IN*: SOUZA, B.; VÁZQUEZ, L. L.; MARUCCI, R. C. (Eds.). **Natural enemies of insect pests in neotropical agroecosystems: biological control and functional biodiversity**, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019. p.263-275. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1_22. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-24733-1_22. Acesso em: 12 out 2021.

REBOITA, M. S. *et al.* Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v17i0.41493>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/41493>. Acesso em: 11 out 2021.

RESENDE, A. L. S. *et al.* Influência de diferentes cultivos e fatores climáticos na ocorrência de crisopídeos em sistema agroecológico. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, p. 257-263, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657001082012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/NDHFC3TLvD6mXJZp3WvYwQD/?lang=pt>. Acesso em: 10 out 2021.

RESENDE, A. L. S. *et al.* Flowers of Apiaceous species as sources of pollen for adults of *Chrysoperla externa* (Hagen)(Neuroptera). **Biological Control**, v. 106, p. 40-44, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.12.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964416302547?via%3Dihub>. Acesso em: 07 set 2021.

REZENDE, M. Q. *et al.* Extrafloral nectary-bearing leguminous trees enhance pest control and increase fruit weight in associated coffee plants. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 319, p. 107538, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107538>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880921002425?via%3Dihub>. Acesso em: 08 set 2021.

ROSADO, M. C. *et al.* Cover crop intercropping increases biological control in coffee crops. **Biological Control**, v. 160, p. 104675, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104675>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964421001456?via%3Dihub>. Acesso em: 13 set 2021.

SARAIVA, W. V. A. *et al.* Toxic effects of an essential oils mixture on *Aleurodicus cocois* (Hemiptera: Aleyrodidae) and *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). **Biocontrol Science and Technology**, v. 31, p. 526-540, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1871468>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09583157.2020.1871468>. Acesso em: 12 nov 2021.

SCHNEIDER, M. I. *et al.* Impact of glyphosate on the development, fertility and demography of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): ecological approach. **Chemosphere**, v. 76, p. 1451-1455, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.05.029>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653509006699?via%3Dihub>. Acesso em: 14 nov 2021.

SILVA, R. A. *et al.* Flutuação populacional de adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em cafeeiros conduzidos em sistemas orgânico e convencional. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología Número 77**, 2006. Disponível em: <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6328/Flutuacao%20populacional%20de%20adultos%20de%20Chrysoperla%20externa%20Hagen%20Neuroptera%20Chrysopidae%20en%20cafeeiros%20conduzidos%20em%20sistemas%20organico%20e%20convencional.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 11 nov 2021.

SILVA, B. K. D. *et al.* A feasible sampling unit for monitoring *Chrysoperla spp.* eggs and their potential in biological control on *Coffea arabica* L. **International Journal of Pest Management**, p. 1-7, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670874.2022.2050834>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09670874.2022.2050834>. Acesso em: 13 dez 2021.

SOUZA, B. *et al.* Predatory insects. *IN: SOUZA, B.; VÁZQUEZ, L. L.; MARUCCI, R. C. (Eds.). Natural enemies of insect pests in neotropical agroecosystems: biological control and functional biodiversity*, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019. p.73-87. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1_7. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-24733-1_7. Acesso em: 13 dez 2021.

SSEBUNYA, B. R. *et al.* Sustainability performance of certified and non-certified smallholder coffee farms in Uganda. **Ecological economics**, v. 156, p. 35-47, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.09.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800916309004?via%3Dihub>. Acesso em: 15 jan 2022.

UGINE, T. A. *et al.* Predator performance and fitness is dictated by herbivore prey type plus indirect effects of their host plan. **Journal of Chemical Ecology**, v. 47, p. 877-888, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-021-01251-4>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10886-021-01251-4>. Acesso em: 10 jan 2022.

VENZON, M. *et al.* Agrobiodiversidade como estratégia de manejo de pragas. **Informe Agropecuário (Belo Horizonte)**, v. 40, p. 21-29, 2019. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/340487841_Agrobiodiversidade_como_estrategia_de_manejo_de_pragas. Acesso em: 11 já 2022.

VENZON, M. *et al.* Mobilisation les mécanismes de régulation naturelle des ravageurs via des plantes à multiples services écosystémiques. **Innovations Agronomiques** v.64, p.83-95, 2018. Disponível em: <https://ecophytopic.fr/pic/prevenir/mobilisation-des-mecanismes-de-regulation-naturelle-des-ravageurs-des-plantes>. Acesso em: 11 jan 2022.

VENZON, M. *et al.* **Controle alternativo de pragas e doenças: opção ou necessidade.** Belo Horizonte, EPAMIG, 152 p, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Michela-Batista/publication/355916721_Green_lacewings_and_their_role_in_pest_management/links/6184352deef53e51e12e9baf/Green-lacewings-and-their-role-in-pest-management.pdf. Acesso em: 11 jan 2022.

VENZON, M. Agro-ecological management of coffee pests in Brazil. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, p. 323, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.721117>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2021.721117/full>. Acesso em: 30 nov 2021.

VILELA, M. *et al.* Seletividade de acaricidas utilizados em cafeeiro para pré-pupas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, p. 505-510, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657v77p5052010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/G5kKbz6gThbjDnCXK3dHXwn/?lang=pt>. Acesso em: 30 nov 2021.

ZIMMERMANN, B. *et al.* Mineral-ecological cropping systems—a new approach to improve ecosystem services by farming without chemical synthetic plant protection. **Agronomy**, v. 11, p. 1710, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11091710>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/9/1710>. Acesso em: 30 nov 2021.