

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**Distribuição espacial e temporal de crisopídeos associados a pragas do café e
culturas de inverno no Alto Paranaíba-MG**

Erick Alcides Amaral Rocha
Magister Scientiae

**RIO PARANAÍBA - MINAS GERAIS
2025**

ERICK ALCIDES AMARAL ROCHA

Distribuição espacial e temporal de crisopídeos associados a pragas do café e culturas de inverno no Alto Paranaíba-MG

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

Orientador: Flavio Lemes Fernandes

Coorientador: Artur V. F. dos Santos

**RIO PARANAÍBA - MINAS GERAIS
2025**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba

T

R672d
2025

Rocha, Érick Alcides Amaral, 2000-
Distribuição espacial e temporal de crisopídeos associados a pragas do café e culturas de inverno: no Alto Paranaíba-MG / Érick Alcides Amaral Rocha. – Rio Paranaíba, MG, 2025.
42 f.: il. (algumas color.).

Orientador: Flávio Lemes Fernandes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Campus de Rio Paranaíba - Instituto de Ciências Agrárias, 2025.
Inclui bibliografia.
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvcrp.2025.019>

1. Sazonalidade de crisopídeos. 2. pulgões.
3. bicho-mineiro-do-cafeeiro. I. Fernandes, Flávio Lemes, 1979-. II. Universidade Federal de Viçosa. Campus de Rio Paranaíba - Instituto de Ciências Agrárias. Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal). III. Título.

633.73

ERICK ALCIDES AMARAL ROCHA

Distribuição espacial e temporal de crisopídeos associados a pragas do café e culturas de inverno no Alto Paranaíba-MG

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

APROVADA: 6 de março de 2025.

Assentimento:

Erick Alcides Amaral Rocha
Autor

Flavio Lemes Fernandes
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pelo autor em 13/06/2025 às 13:06:43 e pelo orientador em 13/06/2025 às 13:40:57. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **NX9S.75TA.IR5H** e clique no botão 'Validar documento'.

A Deus, a minha família que não mediu esforços para que conseguisse alcançar mais este objetivo. E, ainda, muito especial, a minha esposa, que me incentivou e cobrou dedicação...

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, minha fonte criadora, a energia que me impulsionou a seguir em frente e vencer mais este desafio. Sem minha fé e as bênçãos recebidas, esta conquista não teria sido possível.

À minha família, meu pai, minha mãe e meu irmão Gustavo, que celebrou comigo cada vitória desde os primeiros passos. Mais do que comemorar, estiveram ao meu lado em cada batalha, sendo meu suporte emocional, pessoal e financeiro ao longo de toda essa jornada.

À minha esposa, Gabriela, meu maior incentivo diário. Rígida nas cobranças, me estimulou constantemente e vibrou com cada conquista. Aos sábados, dedicou inúmeras horas ao meu lado nas avaliações a campo, não apenas me apoiando, mas literalmente colocando a mão na massa.

Aos meus colegas do Grupo de Pesquisa em Manejo Integrado de Pragas (GPMIP), que me auxiliaram desde os primeiros períodos da graduação e seguiram comigo ao longo da pós-graduação. Foram incontáveis avaliações, idas ao campo e eventos para apresentação de resultados, e sou imensamente grato por toda essa parceria.

Ao Dr. Flávio Lemes Fernandes e sua família, que me acolheram ao longo desses anos como se eu fosse um membro da própria casa. Agradeço por cada conselho, apoio e ensinamento. Quero que saibam que o carinho e a consideração são recíprocos, os tenho como parte da minha família.

Ao Dr. Carlos Gustavo da Cruz, uma verdadeira enciclopédia científica, sempre disponível para compartilhar conhecimentos, revisar textos e dar conselhos. Nos momentos de desânimo, sua frase “Tá ficando bom demais” foi, em diversas vezes, o combustível que me manteve firme nesta reta final.

Ao Dr. Artur Vinícius Ferreira dos Santos, cuja expertise e ensinamentos em geoestatística foram fundamentais para a realização deste trabalho. Obrigado pela paciência, disponibilidade e contribuições valiosas em cada reunião e consulta.

Ao Matheus Adami, grande parceiro de avaliações e idas ao campo. Juntos, aprendemos, crescemos e tornamos este estudo possível.

À Santinato Cafés, na pessoa de Felipe e Roberto Santinato, pelo conhecimento compartilhado em cafeicultura, que ampliou minha visão e expandiu os objetivos deste estudo. Sou grato pelo incentivo e pela oportunidade de conciliar o trabalho com este sonho.

Por fim, há tantas pessoas que fizeram parte desta trajetória que seria impossível nomear todas. No entanto, cada uma delas tem minha gratidão eterna e um lugar especial em meu coração.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

RESUMO

ROCHA, Erick Alcides Amaral, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2025. **Distribuição espacial e temporal de crisopídeos associados a pragas do café e culturas de inverno no Alto Paranaíba-MG.** Orientador: Flavio Lemes Fernandes. Coorientador: Artur Vinícius Ferreira dos Santos.

O bicho-mineiro-do-cafeeiro causa sérios problemas em cafezais do Cerrado, enquanto os pulgões afetam significativamente culturas de inverno, como trigo e sorgo. Os crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) são predadores generalistas amplamente distribuídos e desempenham um papel essencial no controle biológico dessas pragas, auxiliando na redução dos danos causados às culturas agrícolas. Assim, o objetivo foi determinar a distribuição espacial e temporal de crisopídeos em cafeeiros e culturas de inverno na região do Alto Paranaíba, MG, Brasil. As avaliações foram conduzidas em áreas com diferentes paisagens agrícolas adjacentes, trigo, sorgo e cafeeiro, durante os anos de 2023 e 2024. Para determinar a oviposição dos crisopídeos no cafeeiro, utilizou-se uma armação de madeira para subdividir a planta e registrar a distribuição dos ovos. Além disso, a distribuição espacial de bicho-mineiro, crisopídeos e afídeos foi avaliada em campo por meio da marcação de pontos georreferenciados em diferentes áreas agrícolas, avaliando vinte e três pontos por área. Técnicas geoestatísticas foram aplicadas para mapear a distribuição das populações, como a Krigagem e Índice Moran, e análises foram conduzidas para identificar padrões de agregação entre predadores e suas presas ao longo das paisagens agrícolas estudadas. Os resultados indicaram que a oviposição dos crisopídeos ocorre de forma agregada, com preferência pelo terço superior do dossel das plantas. A distribuição espacial desses predadores está fortemente correlacionada com a presença de suas presas, especialmente *L. coffeella* no café e pulgões no sorgo e trigo. A análise da flutuação populacional revelou que a abundância de crisopídeos acompanha o aumento das populações de presas ao longo do tempo, sugerindo que esses predadores ajustam sua distribuição conforme a disponibilidade de alimento. Além disso, as populações demonstraram uma forte dependência espacial entre crisopídeos e suas presas. Conclui-se que, no cafeeiro e nas culturas de invernos avaliadas, a presença e abundância de crisopídeos são influenciadas pela oferta de presas e pelo ambiente agrícola ao redor do cafeeiro.

Palavras-chave: sazonalidade de crisopídeos; pulgões; bicho-mineiro-do-cafeeiro; trigo; sorgo; predadores

ABSTRACT

ROCHA, Erick Alcides Amaral, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2025. **Spatial and temporal distribution of chrysopids associated with coffee pests and winter crops in Alto Paranaíba - MG.** Adviser: Flavio Lemes Fernandes. Co-adviser: Artur Vinícius Ferreira dos Santos.

The coffee leaf miner (*Leucoptera coffeella*) causes serious damage in coffee plantations in the Brazilian Cerrado, while aphids significantly affect winter crops such as wheat and sorghum. Green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) are widely distributed generalist predators and play a key role in the biological control of these pests, helping to reduce damage to agricultural crops. Therefore, the objective of this study was to determine the spatial and temporal distribution of lacewings in coffee and winter crops in the Alto Paranaíba region, MG, Brazil. Evaluations were conducted in areas with different surrounding agricultural landscapes, including wheat, sorghum, and coffee, during the years 2023 and 2024. To assess lacewing oviposition in coffee plants, a wooden frame was used to subdivide the plant canopy and record the distribution of eggs. Additionally, the spatial distribution of the coffee leaf miner, lacewings, and aphids was assessed through georeferenced sampling points in different agricultural areas, with twenty-three points per area. Geostatistical techniques such as Kriging and the Moran's I index were applied to map population distribution, and analyses were conducted to identify aggregation patterns between predators and their prey across the studied landscapes. The results indicated that lacewing oviposition occurred in an aggregated manner, with a preference for the upper third of the plant canopy. The spatial distribution of these predators was strongly correlated with the presence of their prey, especially *L. coffeella* in coffee and aphids in sorghum and wheat. Population fluctuation analysis revealed that lacewing abundance follows the increase in prey populations over time, suggesting that these predators adjust their distribution according to food availability. Furthermore, a strong spatial dependence was observed between lacewing populations and their prey. It is concluded that in coffee and the evaluated winter crops, the presence and abundance of lacewings are influenced by prey availability and the surrounding agricultural environment.

Keywords: seasonality of lacewings; aphids; coffee leaf miner; wheat; sorghum; predators

SUMÁRIO

1. Introdução	9
2. Material e métodos	11
2.1 Áreas e paisagens de estudo	11
2.2 Local de preferência de oviposição dos crisopídeos na planta.....	12
2.2.1 Análise dos dados	13
2.3 Distribuição espacial de <i>L. coffeella</i> , crisopídeos e afídeos nas paisagens agrícolas	14
2.3.1 Análise de dados	15
2.3.2 Geoestatística	16
2.3.3 Índice de Moran.....	16
2.4 Flutuação populacional de <i>L. coffeella</i> , crisopídeos e pulgões nas paisagens agrícolas	16
3. Resultados.....	17
3.1 Local de preferência de oviposição dos crisopídeos na planta.....	17
3.2 Distribuição espacial de <i>L. coffeella</i> , crisopídeos e afídeos.....	19
3.3 Flutuação populacional de <i>L. coffeella</i> , crisopídeos e afídeos nas paisagens agrícolas	28
4. Discussão	32
4.1 Local de preferência de oviposição dos crisopídeos na planta.....	32
4.2 Distribuição espacial de <i>L. coffeella</i> , crisopídeos e afídeos.....	32
4.3 Flutuação populacional de <i>L. coffeella</i> , crisopídeos e afídeos nas paisagens agrícolas	33
5. Conclusões.....	35
Referências	36

1. Introdução

A migração é um comportamento essencial de adaptação para diversas espécies de insetos, que permite ajustes frente às variações ambientais e proporcione sucesso ecológico e evolutivo (Kral-O'Brien e Harmon, 2021). A migração, assim como a dispersão, resulta da interação entre características biológicas intrínsecas das espécies e fatores bióticos, como a disponibilidade de recursos, além de condições abióticas do ambiente (Vilchez-Mendoza et al., 2024). Tanto insetos herbívoros quanto seus inimigos naturais podem migrar ou dispersar, e variações temporais em sua abundância influenciam o impacto dos danos causados às plantações (Kesar et al., 2023).

A maioria dos insetos localiza hospedeiros por meio de pistas visuais e químicas, essenciais para a seleção em diferentes distâncias, enquanto fatores mecânicos e gustativos atuam no contato direto (Anton e Cortesero, 2022; Saitta et al., 2024; Huang et al., 2025). No entanto, a colonização pode falhar devido à inadequação do hospedeiro ou a condições desfavoráveis, que aumentam a mortalidade (Enders e Begcy, 2021; Chapman et al., 2015). Espécies polípagas e altamente móveis, como *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), mitigam esses riscos, enquanto pragas monófagas possuem deslocamento aéreo reduzido, como *Leucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville) (Lepidoptera: Lyonetiidae), apresentam maior vulnerabilidade à dispersão e migração malsucedidas (Calixto et al., 2024; Walerius et al., 2023).

O bicho-mineiro-do-cafeeiro (*L. coffeella*) é uma das principais pragas do cafeeiro no Brasil, podendo reduzir a produtividade em até 50% (Altamiranda-Saavedra et al., 2024; Parra e Reis, 2013; Dantas et al., 2021; Martins et al., 2004). Esse inseto holometábolo possui quatro estágios: ovo, lagarta, pupa e adulto. Os adultos são pequenas mariposas esbranquiçadas de hábito noturno, e as fêmeas ovipositam de 3 a 7 ovos (~0,3 mm) na face inferior das folhas. As lagartas, ao eclodirem, perfuram o tecido foliar para se alimentar e, ao final do desenvolvimento, pupam na folha ou no solo (Dantas et al., 2021). Cada fêmea pode ovipositar até 70 ovos ao longo da vida (Góngora e Constantino, 2023). O ciclo de vida varia conforme as condições ambientais. No Cerrado mineiro, as condições térmicas permitem a ocorrência de *L. coffeella* durante todo o ano, com 8 a 16 gerações anuais (Giraldo-Jaramillo, Quiroga-Mosquera e Fernandes, 2024). Porém, os surtos ocorrem principalmente na estação quente e seca, quando as populações atingem o pico (Pereira et al., 2007).

A migração de *L. coffeella* é limitada, em razão de sua dependência exclusiva da cultura do café. Essa especialização ecológica limita sua dispersão para outras plantas hospedeiras. No entanto, dentro da lavoura, a infestação pode se expandir rapidamente devido ao alto potencial

reprodutivo da espécie (Walerius et al., 2023). Para combater essa rápida disseminação, o controle químico com inseticidas de amplo espectro é comumente empregado (Leite et al., 2022). Entretanto, o controle biológico por predadores, como *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), tem ganhado destaque nos últimos anos (Dami et al., 2023).

Os crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) são comumente encontrados em lavouras de café, desempenhando um papel fundamental no controle biológico (Farias et al., 2024). Sua elevada capacidade de oviposição em folhas de café contribui para a regulação de diversas pragas da cultura (Luna-Espino et al., 2020; Mahzoum et al., 2020; Silva et al., 2022; Koutsoula et al., 2023; Dami et al., 2023;). Devido o comportamento noturno na fase adulta, e dificuldade de encontrar larvas na planta, o seu monitoramento se torna mais eficiente pela contagem do número de ovos nas plantas (Keulder e Berg, 2013). Embora ocorram naturalmente no cafeeiro, sua abundância nem sempre é suficiente para reduzir as populações de pragas abaixo dos níveis de dano econômico (Rosado et al., 2021). Nesses casos, pode ser necessária a liberação massal do predador criado em meios artificiais e/ou a implantação de técnicas culturais que promovam o crescimento e a permanência da população natural na área (Dami et al., 2023).

As abordagens envolvidas nos programas de controle biológico estão intimamente relacionadas a conceitos ecológicos, especialmente os ciclos populacionais presa-predador e a ecologia da teia alimentar (Masson et al., 2024; Yadav e Kumar, 2024). As larvas de crisopídeos são predadoras generalistas, consumindo uma ampla gama de presas (Braghini et al., 2024). No entanto, os adultos requerem recursos como pólen (fonte de proteínas) e néctar (fonte de carboidratos). A ausência desses recursos pode comprometer a eficácia do controle biológico, uma vez que os crisopídeos podem emigrar da área para encontrá-los (Rosado et al., 2021). Portanto, o manejo cultural pode interferir no desenvolvimento dos predadores e na manutenção da população de inimigos naturais (Defarge et al., 2023).

O manejo cultural tem sido amplamente utilizado na cafeicultura, especialmente com o uso de plantas de cobertura. Além de melhorar a nutrição e as propriedades físicas do solo (Adetunji et al., 2020), as plantas de cobertura auxiliam na utilização e no sucesso do controle biológico. O uso de plantas como trigo-mourisco e crotalária aumenta a taxa de predação e de parasitismo em *Coffea arabica*, pois fornece fontes de néctar e pólen (Rosado et al., 2021). Além do aumento desses recursos para os adultos, a maior diversidade de plantas pode ampliar a oferta de presas para a prole dos crisopídeos em períodos de baixa infestação de pragas (Rosado et al., 2021; Wen et al., 2024).

Chrysoperla externa, quando liberado em áreas de café, reduz a infestação de *L. coffeella* em meses favoráveis à praga, como fevereiro e março (Silva et al., 2024). Sua resposta funcional do tipo II indica que o consumo de presas aumenta com a densidade de *L. coffeella*,

estabilizando-se em níveis mais altos (Dami et al., 2023). No Cerrado mineiro, entretanto, a população de *L. coffeella* diminui no inverno (Giraldo-Jaramillo, Quiroga-Mosquera e Fernandes, 2024), o que pode reduzir a disponibilidade de alimento para *C. externa* e impactar sua abundância na entressafra, visto que já foi constatada uma dependência espacial moderada a forte para predadores *Chrysoperla* spp. (Silva et al., 2024). Assim, é provável que a escassez de presas no inverno afete negativamente a população de crisopídeo nessas áreas.

Apesar de existirem estudos que exploram a distribuição espacial de crisopídeos em cafezais, ainda não há pesquisas que abordem sua interação com a paisagem agrícola e *L. coffeella*, bem como sua distribuição nas plantas de café durante a estação de inverno no Cerrado mineiro. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar de forma espacial e temporal crisopídeos associados a pragas do café e culturas de inverno no Alto Paranaíba, MG.

2. Material e métodos

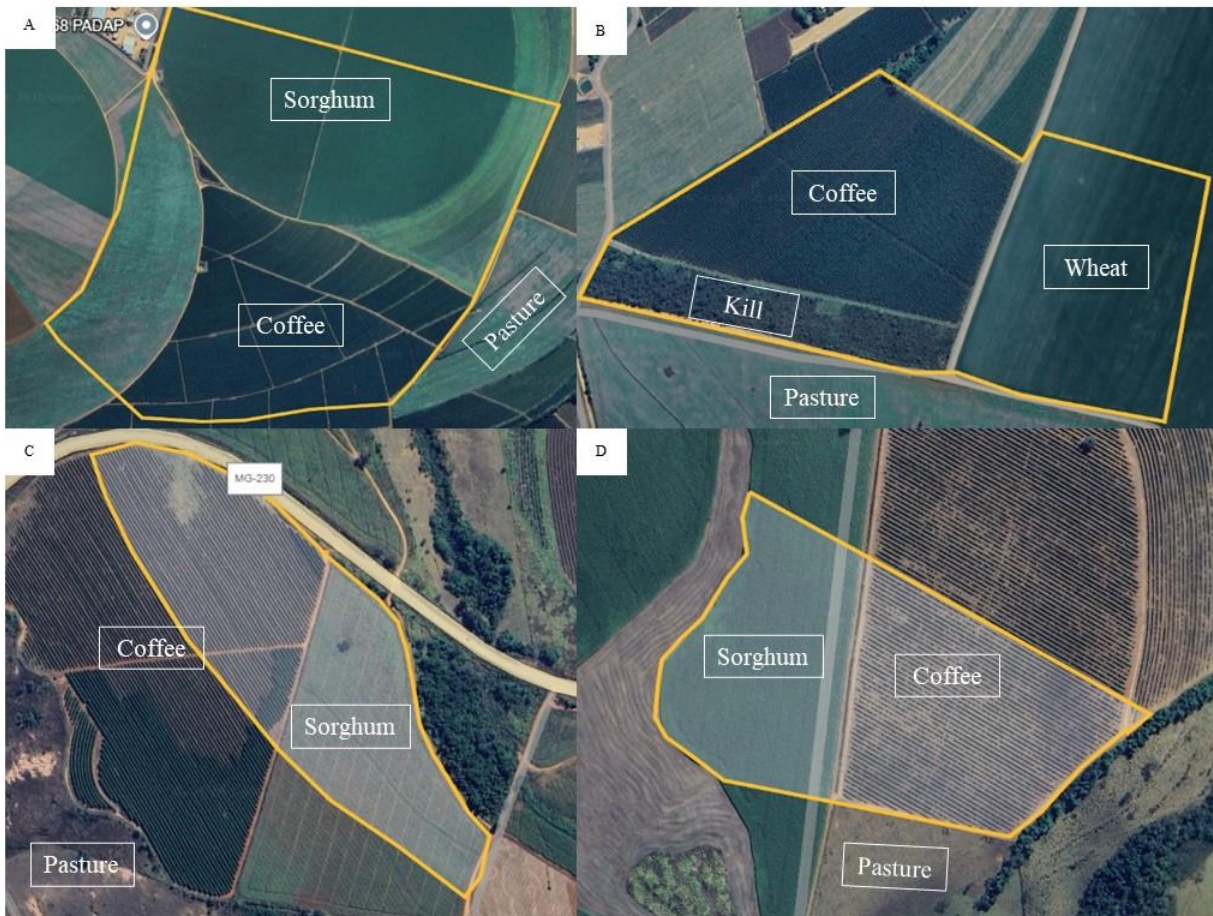
2.1 Áreas e paisagens de estudo

O estudo foi conduzido em quatro áreas de *C. arabica* em fase de produção, no município de Rio Paranaíba, no estado de Minas Gerais, Brasil, com diferentes paisagens agrícolas nos entornos da cultura do café (plantios de trigo, sorgo e pastagens com tigueras de milho) nos entornos durante o inverno dos anos de 2023 e 2024 (Tabela 1). Todas as áreas de estudo foram mapeadas e georeferenciadas coletando-se as coordenadas com auxílio de um GPS, e demarcadas no aplicativo Google Earth para referência espacial.

Tabela 1. Características das Áreas Experimentais de *Coffea arabica* em diferentes paisagens agrícolas nos anos de 2023 e 2024, em Rio Paranaíba, Minas Gerais – Brasil.

Area (ha)	Evaluation year	Coordinate (Elevation)	Landscape (Neighborhood - see Fig.1)	Coffee			
				Yaars	Cultivar	Stage	Harves
1(60.8)	2023	19°16'53.71"S 46°12'44.70"O (1143 m)	Sorghum, degraded pasture	12	Catuai vermelho IAC 144	Production	May - July
2(13.2)		19°15'40.18" S 46°13'44.10" O (1145 m)	Wheat, forest, coffee, degraded pasture	9	IPR 100		May - July
3(12.4)	2024	19°11'57.89"S 46°21'32.47"O (872 m)	Sorghum, degraded pasture	21	Catuai vermelho IAC 144		May - August
4(16)		19°11'43.49"S 46°19'29.28"O (874 m)	Sorghum, degraded pasture	9	Catuai vermelho IAC 144		May - August

Fig. 1. Imagens de satélite das áreas de estudo no município de Rio Paranaíba, Minas Gerais, Brasil. Linhas laranja demarcam as áreas de coleta de dados. (A) Área 1: *C. arabica* (Catuaí IAC 144), sorgo e pastagem degradada. (B) Área 2: *C. arabica* (IPR 100), trigo, mata, café e pastagem degradada. (C) Área 3: *C. arabica* (Catuaí IAC 144), sorgo e pastagem degradada. (D) Área 4: *C. arabica* (Catuaí IAC 144), sorgo, tiguera de milho e pastagem degradada. Imagens obtidas em 29 de junho de 2023.



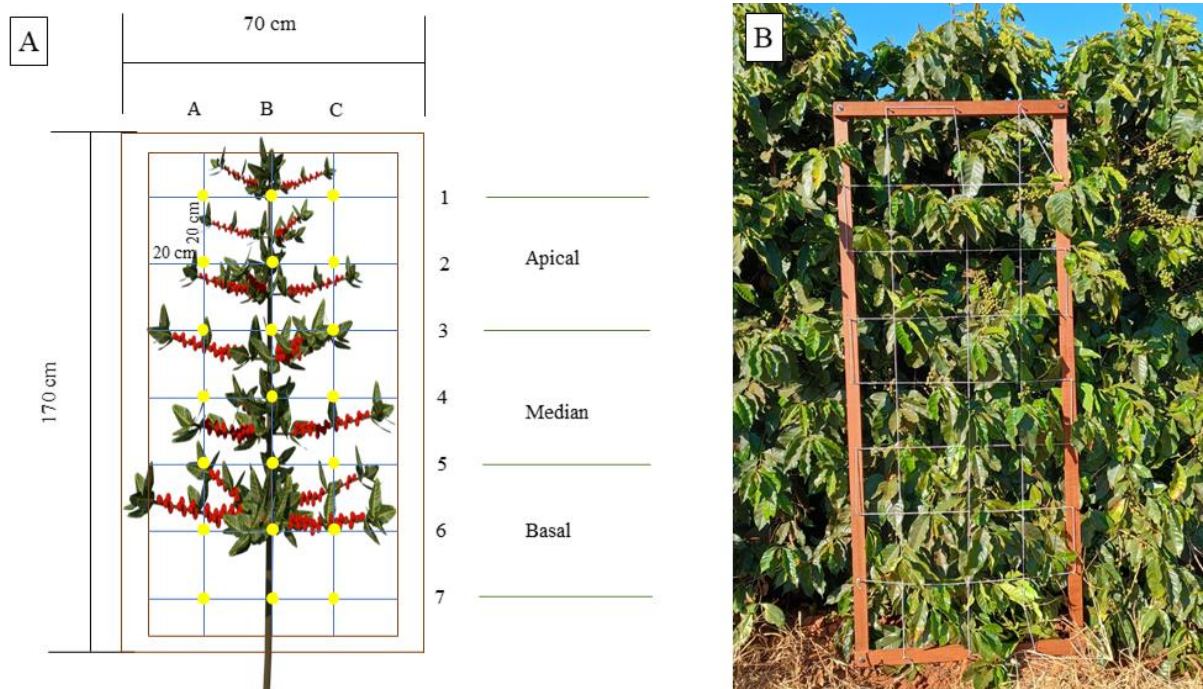
Fonte: Google Earth.

2.2 Local de preferência de oviposição dos crisopídeos na planta

Para determinar o local de preferência de oviposição dos crisopídeos nas plantas de café (*C. arabica*), foram avaliadas 80 plantas, da área 4 (2024) (Tabela 1). Foram selecionados 8 pontos de amostragem, e em cada ponto foram selecionadas 10 plantas. Inicialmente, foi confeccionada uma armação de madeira do tipo jatobá, com dimensões de 170 x 70 x 2 cm (altura x largura x espessura). A altura e largura foram definidas de forma a ser as mesmas medidas das plantas de café. No interior dessa armação, foi cruzado um barbante liso de algodão 1180 TEX, a cada 20 cm, formando uma grade de 21 cruzamento de quadrantes de 20 x 20 cm

(Figura 2). A armação foi posicionada paralela à planta de café (Figura 2B), e em cada ramo posicionado no cruzamento do barbante foi realizada a contagem do número de ovos de crisopídeos presentes na superfície foliar. O terço do dossel foi dividido em três partes (apical, mediano e basal) (Figura 2). O terço apical foi posicionado nos quadrantes 1A a 3 C, o terço mediano 4A a 5C e o terço basal 6A a 7C.

Fig. 2. A- Esquema de armação de madeira para avaliação de ovos de crisopídeos em plantas de café. Linha verde = terços do dossel do coffeeiro; linhas azuis = amarração dos barbantes; ponto amarelo = ponto de amostragem; linhas marrons = moldura de madeira. B- Modelo de avaliação em campo.



2.2.1 Análise dos dados

Para determinar o local de preferência de oviposição dos crisopídeos na planta foram realizadas análise de correlação de Pearson entre a quantidade de ovos encontrados em cada terço do dossel e o total, sendo selecionado o local com maior valor de correlação.

O Índice de Dispersão (ID) foi utilizado para avaliar a distribuição espacial dos ovos nos quadrantes amostrados. Esse índice permite descrever se a oviposição dos crisopídeos em *Coffea arabica* ocorre de maneira uniforme, aleatória ou agregada ao longo do dossel. Valores de ID iguais a 1 indicam uma distribuição aleatória, em que os ovos não seguem um padrão específico de deposição. Valores superiores a 1 indicam uma distribuição agregada, sugerindo que a oviposição ocorre em agrupamentos. Já valores inferiores a 1 indicam uma distribuição uniforme, caracterizada pela deposição homogênea dos ovos entre os quadrantes. O ID foi

calculado pela seguinte equação:

$$ID = \frac{\text{Variância dos ovos por unidade amostral}}{\text{Média dos ovos por unidade amostral}}$$

A frequência de oviposição foi determinada por meio do cálculo da frequência de ocorrência (F_i) para cada quadrante do dossel, expressa pela razão entre o número de vezes em que ovos foram encontrados no quadrante e o total de plantas avaliadas, multiplicada por 100. Sendo calculado pela seguinte fórmula:

$$F_i = \frac{100 \times N_i}{N_t}, \text{ em que: } F_i: \text{Frequência de ocorrência (\%); } N_i: \text{Número de vezes que ovos}$$

foram encontrados no quadrante; N_t : Total de plantas avaliadas.

Para determinar a precisão das unidades amostrais, foi calculada a Variância Relativa (VR), utilizando a razão entre o erro-padrão da média e a média de ovos por quadrante, multiplicada por 100.

$$VR = \frac{100 \times EP}{X}, \text{ em que: VR= Variância relativa (\%); EP= Erro-padrão da média; X=}$$

Média de ovos por quadrante.

O Índice de Poisson (IP) foi utilizado para avaliar o padrão de distribuição espacial dos ovos nas plantas. O índice foi empregado para descrever a distribuição dos ovos de crisopídeos em *Coffea arabica*, indicando se a oviposição ocorre de maneira uniforme, aleatória ou agregada nos diferentes quadrantes avaliados. IP iguais a 1 indicam uma distribuição aleatória, na qual a oviposição não segue um padrão específico e ocorre de maneira dispersa nos quadrantes avaliados. IP é superior a 1, a distribuição é considerada agregada, sugerindo que a oviposição ocorre em agrupamentos. Já valores de IP inferiores a 1 indicam uma distribuição uniforme, em que os ovos estão distribuídos de maneira homogênea entre os quadrantes, sem formação de agrupamentos.

$$IP = \frac{S^2}{X}, \text{ em que: IP = Índice de Poisson; } S^2 = \text{variância do número de ovos por unidade}$$

amostral; X = média do número de ovos por unidade amostral.

2.3 Distribuição espacial de *L. coffeella*, crisopídeos e afídeos nas paisagens agrícolas

O estudo da distribuição espacial de *L. coffeella* e de crisopídeos foi realizado nas áreas 3 e 4 (2024). Inicialmente, foi realizada a marcação dos pontos de amostragem nas áreas de *C. arabica* (ver Fig. 4, 5, 6 e 7 e Tabela 1). Os pontos de amostragem foram selecionados de forma aleatória, e georreferenciados a fim de avaliar sempre as mesmas plantas. As avaliações no café e no sorgo foram realizadas no plantio, no florescimento, e após a colheita do sorgo, em plantas de café e sorgo. Para cada ponto, cinco plantas de café e cinco plantas de sorgo foram

submetidas à agitação para a contagem de insetos adultos, seguida da avaliação de cinco ramos no café, e cinco plantas de sorgo para a obtenção das demais variáveis.

A população de adultos de crisopídeos (ChA) e do bicho-mineiro-do-cafeeiro (LcA) foram avaliada por meio da contagem dos indivíduos que sobrevoaram após a agitação das plantas. A densidade larval de bicho-mineiro-do-cafeeiro foi quantificada considerando a diferença entre lagartas vivas (LcLL) e lagartas mortas (LcLD). A intensidade da infestação foi determinada pelo número de minas ativas por ramo (AM) e pelo número de minas velhas/inativas (OM), a fim de verificar uma infestação anterior. A fase de pupa de *L. coffeella* foi avaliada por meio do número de pupas por ramo (Pup).

A reprodução de crisopídeos, foi monitorada em ambas as culturas a partir da contagem do número de ovos de crisopídeos (ChE), sendo que, no caso do sorgo, os ovos foram quantificados em toda a planta, e no café, nos ramos avaliados. Além disso, nas plantas de sorgo, foi realizada a avaliação da quantidade de pulgões (Aph), considerando a contagem de indivíduos na segunda folha aberta de cada planta. A presença de *honeydew* (Hon), indicativo da infestação por pulgões, foi verificada visualmente em toda a planta, contabilizando sua presença ou ausência. Por fim, a presença de ácaros (Aca) no café, também foi registrada como uma variável categórica, sendo determinada pela sua presença ou ausência nos ramos avaliados.

2.3.1 Análise de dados

A análise dos dados obtidos nos estudos das áreas 3 e 4 (Tabela 1) foi realizada utilizando técnicas da geoestatística. As análises foram conduzidas utilizando softwares especializados em geoestatística, para realização dos semivariogramas experimentais foi utilizado o software Golden Surfer Versão 11 e para realização do I Moran foi utilizado o software GeoDA Versão 1.22.0.4.

2.3.2 Geoestatística

Foi determinada uma malha amostral com 47 pontos amostrais geoposicionados, distribuídos dentro da área experimental em diferentes períodos de coleta sendo estes pontos amostrais compostos por uma planta georreferenciada em sistema de coordenadas cartesianas (x;y). A área e as plantas foram georreferenciadas a partir dos pontos de controle obtidos com o Receptor GNSS, obtendo-se coordenadas no sistema de projeção em UTM (Universal Transverso de Mercator), compostas por uma medida de distância a leste (Easting) e uma medida de distância ao norte (Northing). As populações de insetos e ovos coletadas e quantificadas em cada ponto amostral foram consideradas as variáveis regionalizadas Z, que variam continuamente no espaço geográfico, a partir dos valores de coordenadas obtidos de cada ponto amostral. A partir das plantas georreferenciadas foram gerados banco de dados espaciais, para posterior geração de análises e mapas vetoriais para melhor visualização da distribuição espacial. A partir do banco de dados foi utilizada a geoestatística, iniciando com a modelagem dos semivariogramas experimentais para cada amostragem e em seguida geração dos mapas de krigagem.

2.3.3 Índice de Moran

A estatística representada pelo Índice de Moran Local é utilizada para avaliar a existência de autocorrelação espacial de uma variável em uma determinada região, além de gerar valores específicos para cada área através de clusters espaciais (Almeida, 2004; Celebioglu e Dall'erba, 2009). Será utilizada para matriz de peso espacial baseada na proximidade a convenção de contiguidade do tipo Rainha (queen), pois essa faz relação entre todas as amostras que fazem fronteira (Druck et al., 2004; Seffrin, et al., 2018). O cálculo do diagrama de dispersão de Moran é realizado para a visualização da autocorrelação espacial e a medida global de associação linear espacial entre os seus vizinhos, o I de Moran esperado é dado por $E(I) = [-1/(n-1)]$, onde: $E(I)$ = valor esperado do índice Moran; n = número total de amostragem. Valores positivos indicam correlação positiva, valores negativos indicam correlação negativa, e valores nulos indicam ausência de correlação espacial (Almeida, 2004; Rodrigues et al., 2015).

2.4 Flutuação populacional de *L. coffeella*, crisopídeos e pulgões nas paisagens agrícolas

O estudo da flutuação populacional de *L. coffeella*, crisopídeos e pulgões foi realizado nas áreas 1 e 2 (2023), e áreas 3 e 4 (2024) (Tabela 1). Foram marcados 10 pontos em cada área (café, sorgo e trigo) e avaliada as densidades de folhas minadas por *L. coffeella* (%) apenas no

café *C. arabica*, número de ovos e adultos de crisopídeos (café, sorgo e trigo) e número de pulgões (trigo e sorgo). A distância dos pontos de avaliação foi de aproximadamente 50 m, com caminhamento em linhas distanciadas de 100 m. No café e na cultura adjacente, foram agitadas 5 plantas para avaliar a presença de adultos de insetos pragas e predadores. No café, em cada ponto, foram coletadas 10 folhas do 3º ao 6º par (100 folhas) na interseção entre os terços médio-superior do dossel do cafeeiro (Figura 2), no sorgo e no trigo foram avaliadas 5 plantas em cada ponto de amostragem, contando-se o número total de pulgões por planta, totalizando 50 plantas. Todas as avaliações foram realizadas de março a setembro de 2023. As datas de plantio e colheita de cada cultura avaliada foram registradas para associar estas atividades com as flutuações populacionais das pragas e dos crisopídeos em cada área de estudo. Os dados foram submetidos a cálculo de médias e erro padrão para verificar os picos populacionais em cada área de estudo, e acompanhar os movimentos migratórios das áreas em função de tratos culturais, como épocas de colheita e plantio.

3. Resultados

3.1 Local de preferência de oviposição dos crisopídeos na planta

A oviposição de crisopídeos ocorreu de forma agregada em plantas de *C. arabica*, índice de dispersão (ID)=74,8. Os crisopídeos apresentam um padrão de oviposição agregado, sugerindo que eles não distribuem os ovos ao acaso, mas preferem regiões específicas da planta. Especialmente em quadrantes superiores, como A1 (IP=10,1), C1 (IP=7,2) e A2 (IP=7,0) (Tabela 2).

Foi observada uma frequência de oviposição com maior preferência para o terço superior do dossel da planta, A1 (30,5%), C1 (21,2%) e B1 (18,6%) (Tabela 2). Por outro lado, regiões inferiores da planta, como A6 e A7 (2,5%), apresentam uma baixa frequência, reforçando a hipótese de que a oviposição ocorre com mais frequência nos terços médio e superior da planta.

Os quadrantes A1 e C1 apresentaram as maiores médias de ovos, sugerindo uma preferência de oviposição para o terço superior da planta. A correlação entre os terços do dossel ($r=0,80$) reforça essa tendência, indicando que os locais superiores da planta foram os mais utilizados para oviposição de crisopídeos.

A média de ovos por quadrante variou consideravelmente, sendo os valores mais altos registrados nos quadrantes A1, B1 e C1, enquanto regiões inferiores, como A6 e B6, apresentaram médias muito baixas e até mesmo ausência de ovos. Essa variação sugere que

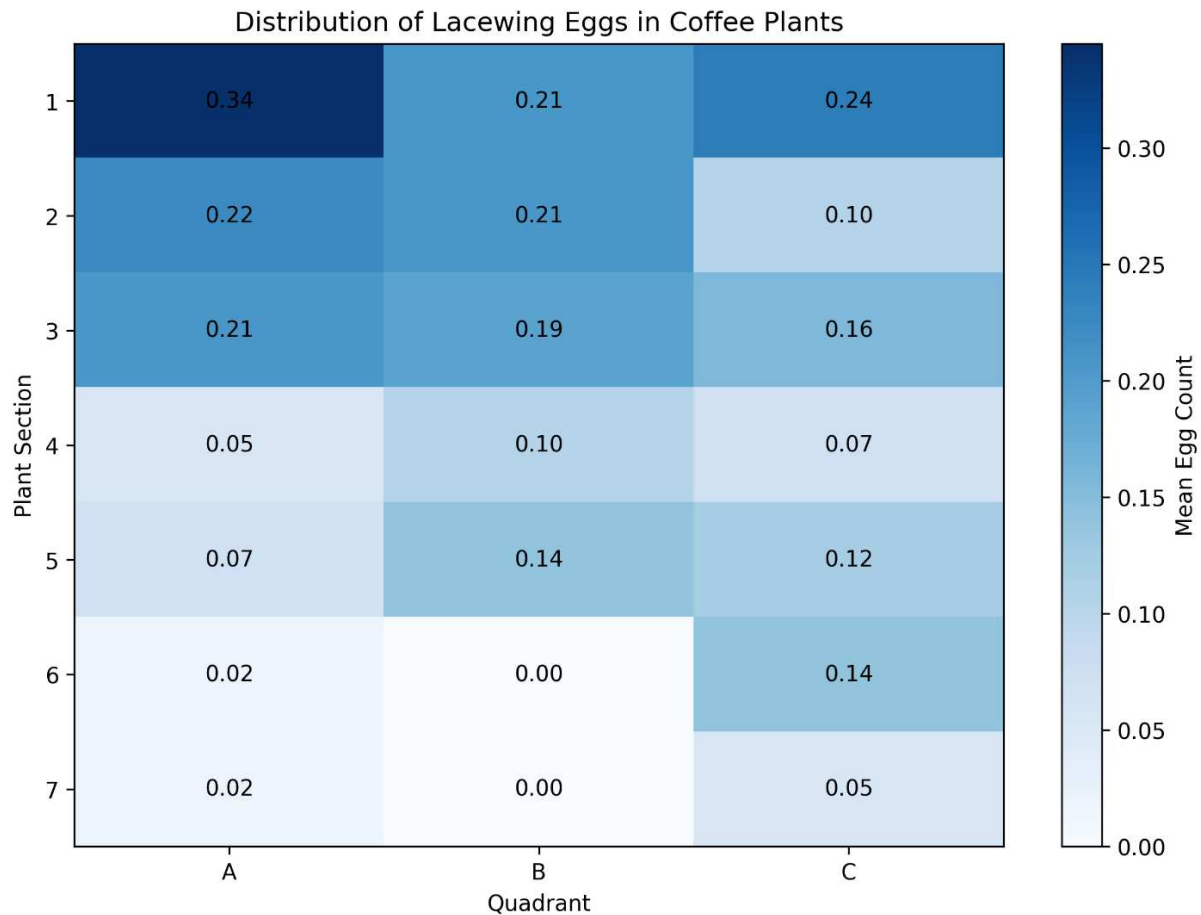
fatores ambientais, como microclima, exposição solar e presença de pragas, podem influenciar o comportamento de oviposição dos crisopídeos. Além disso, a análise da variância relativa mostrou que alguns quadrantes, como A1 e A2, apresentaram valores inferiores a 25%, indicando maior precisão e menor variabilidade nos dados, tornando-os mais representativos para monitoramento.

Tabela 2. Frequência de oviposição (%), índice de Poisson (IP), média de ovos, erro padrão e variância relativa da oviposição de crisopídeos em *Coffea arabica* por quadrante de avaliação e terço do dossel.

Point of sample	Oviposition Frequency (%)	Canopy (r)	IP	Mean Eggs	Relative Variance (%)
A1	30.50		10.10	0.34±0.06	17.9
A2	17.00		7.00	0.22±0.05	24.2
A3	18.60		6.40	0.21±0.05	25.5
B1	18.60	Apical (0.80*)	6.50	0.21±0.05	25.5
B2	18.60		6.40	0.21±0.05	25.5
B3	17.00		5.80	0.19±0.05	26.9
C1	21.20		7.20	0.24±0.06	23.1
C2	8.50		3.50	0.10±0.04	38.3
C3	12.70		4.80	0.16±0.06	30.4
A4	6.80		1.90	0.05±0.03	55.7
A5	8.50		2.40	0.07±0.03	47.8
B4	8.50	Median (0.42 ^{ns})	3.40	0.10±0.04	38.3
B5	11.9		4.60	0.14±0.05	32.5
C4	5.10		2.40	0.07±0.03	47.8
C5	9.30		3.80	0.12±0.04	35.1
A6	2.50		1.00	0.02±0.02	98.3
A7	2.50		1.00	0.02±0.02	98.3
B6	0.00	Basal (0.07 ^{ns})	0.00	0.00±0.00	nan
B7	0.00		0.00	0.00±0.00	nan
C6	10.20		4.30	0.14±0.05	32.5
C7	3.40		2.30	0.05±0.03	55.7

IP=Índice de Poisson. r= coeficiente de correlação de Pearson; significância: *p<0.001; ns= não significativo; nan= Cálculo indefinido (denominador igual a zero).

Fig. 3. Esquema de quadrante da distribuição do número médio de ovos de crisopídeos encontrados por região da planta de *Coffea arabica*. Cores mais escuras representam locais de maiores densidades de ovos de crisopídeos.



3.2 Distribuição espacial de *L. coffeella*, crisopídeos e afídeos

Análise espacial utilizando o Índice de Moran univariado e bivariado local revelou padrões distintos na distribuição dos parâmetros amostrados nas culturas de café e sorgo (Tabela 3). Para o café, observou-se que ovos de bicho-mineiro-do-cafeeiro (LcE), mina velha (OM), pupa (Pup) e pulgão (Aph) apresentaram padrões espaciais significativamente agrupados, indicando que esses parâmetros tendem a se concentrar em áreas específicas da lavoura. Por outro lado, adultos de bicho-mineiro-do-cafeeiro (LcA), lagartas mortas de bicho-mineiro-do-cafeeiro (LcLD), mina ativa (AM), ovos de crisopídeos (ChE), ácaros (Aca) e *honeydew* (Hon) exibiram padrões aleatórios, sugerindo uma distribuição espacial sem tendência de agrupamento ou dispersão significativa. Esses resultados destacam a presença de agrupamentos significativos de pragas como LcE e OM, o que pode indicar áreas de maior vulnerabilidade ou condições favoráveis para sua proliferação.

Tabela 3: Análise espacial dos parâmetros amostrados na área 3, em 06/05/2024, na cultura do café e do sorgo usando o Índice de Moran univariado e bivariado local (Moran's I). Rio Paranaíba, MG, Brasil, 2024.

Variable	Caffee and Sorghum		
	Moran's I	P value	Pattern
LcA	0.063	0.150	Random
ChA	-	-	-
LcLD	-0.023	0.378	Random
AM	0.079	0.094	Random
LcE	0.319	0.004	Clustered
ChE	-0.006	0.304	Random
OM	0.382	0.002	Clustered
Pup	0.327	0.002	Clustered
Aca	-0.041	0.458	Random
Aph	0.182	0.032	Clustered
Hon	0.103	0.108	Random
LcA			
Variable	Moran's I	P value	Pattern
LcLL	0.091	0.084	Random
LcLD	0.017	0.382	Random
ChA			
Variable	Moran's I	P value	Pattern
ChE	-	-	-
OM	-	-	-
Aca	-	-	-

LcA = adulto de *Leucoptera coffeella*; ChA = adulto de crisopídeo; LcLD = lagarta morta de *L. coffeella*; AM = minas ativas; LcE = ovos de *L. coffeella*; ChE = ovos de crisopídeo; LcLL = lagarta viva de *L. coffeella*; OM = minas velhas/inativas; Pup = pupa de *L. coffeella*; Aca = Ácaros; Aph = Pulgões; Hon = *honeydewm*; hífen - = ausência de população.

A análise espacial realizada na área 4, em 28/05/2024, para as culturas de café e sorgo, utilizando o Índice de Moran univariado e bivariado local, identificou comportamentos espaciais variados entre os parâmetros avaliados (Tabela 4). No café, LcA, ChA, AM, OM, Pup e Aph mostraram padrões de agrupamento significativo, sugerindo que esses elementos estão concentrados em regiões específicas da lavoura. Em contraste, ChE apresentou uma distribuição espacial aleatória, sem evidências de concentração ou dispersão significativa. No sorgo, LcLL e Aph também exibiram padrões agrupados, enquanto ChE demonstrou um padrão de dispersão significativo. Esses achados indicam que determinadas pragas e parâmetros, como mina ativa e pulgão, tendem a se concentrar em áreas específicas, possivelmente devido a condições ambientais ou de manejo favoráveis.

A análise espacial dos parâmetros amostrados na área 3, em 08/10/2024, para as culturas de café e sorgo, utilizando o Índice de Moran univariado e bivariado local, revelou que a maioria

dos parâmetros avaliados apresentou padrões espaciais aleatórios (Tabela 5). No café, LcA, ChA, LcLL, AM, ChE, OM, Pup e Aca não demonstraram tendências significativas de agrupamento ou dispersão, indicando uma distribuição espacial sem padrões claros. Da mesma forma, no sorgo, LcLL, ChE, OM e Aca também exibiram padrões aleatórios. Apenas Pup, na cultura do café, apresentou um valor de Moran's I relativamente mais alto (0,160), embora ainda não significativo ($P = 0,076$), sugerindo uma leve tendência de agrupamento que não atingiu significância. Esses resultados indicam que, na data analisada, não houve evidências de concentração ou dispersão significativa dos parâmetros avaliados, o que pode refletir uma distribuição homogênea das pragas e outros fatores nas lavouras de café e sorgo na área 1.

Tabela 4: Análise espacial dos parâmetros amostrados na área 4, em 28/05/2024, na cultura do café e do sorgo usando o Índice de Moran univariado e bivariado local (Moran's I). Rio Paranaíba, MG, Brasil, 2024.

Variable	Coffee plant		
	Moran's I	<i>P</i> value	Pattern
LcA	0.495	0.002	Clustered
ChA	0.193	0.026	Clustered
LcLD	-	-	-
AM	0.431	0.002	Clustered
ChE	-0.035	0.442	Random
OM	0.507	0.002	Clustered
Pup	0.131	0.036	Clustered
Aca	-	-	-
Aph	0.504	0.002	Clustered
Hon	-	-	-

Variable	LcA		
	Moran's I	<i>P</i> value	Pattern
LcLL	0.408	0.002	Clustered
LcLD	-	-	-

Variable	ChA		
	Moran's I	<i>P</i> value	Pattern
ChE	-0.157	0.004	Clustered
Aph	0.168	0.018	Clustered
Aca	-	-	-

LcA = adulto de *Leucoptera coffeella*; ChA = adulto de crisopídeo; LcLD = lagarta morta de *L. coffeella*; AM = minas ativas; LcE = ovos de *L. coffeella*; ChE = ovos de crisopídeo; LcLL = lagarta viva de *L. coffeella*; OM = minas velhas/inativas; Pup = pupa de *L. coffeella*; Aca = ácaros; Aph = pulgões; Hon = honeydew; hífen- = ausência de população.

Tabela 5: Análise espacial dos parâmetros amostrados na área 3, em 08/10/2024, na cultura do café e do sorgo usando o Índice de Moran univariado e bivariado local (Moran's I). Rio Paranaíba, MG, Brasil, 2024.

Variable	Coffee plant		
	Moran's I	P value	Pattern
LcA	0.067	0.204	Random
ChA	-0.093	0.060	Random
LcLL	-0.017	0.382	Random
AM	0.039	0.262	Random
ChE	0.036	0.280	Random
OM	0.015	0.302	Random
Pup	0.160	0.076	Random
Aca	-0.051	0.228	Random
Variable	LcA		
	Moran's I	P value	Pattern
LcLL	-0.009	0.490	Random
LcLD	-	-	Random
Variable	ChA		
	Moran's I	P value	Pattern
ChE	0.081	0.246	Random
AM	-0.078	0.206	Random
Aca	0.059	0.282	Random

LcA = adulto de *Leucoptera coffeella*; ChA = adulto de crisopídeo; LcLL = lagarta viva de *L. coffeella*; AM = minas ativas; ChE = ovos de crisopídeo; OM = minas velhas/inativas; Pup = pupa de *L. coffeella*; Aca = ácaros; hífen - = ausência de população.

A análise espacial dos parâmetros amostrados na área 4, em 08/10/2024, para as culturas de café e sorgo, utilizando o Índice de Moran univariado e bivariado local, mostrou uma combinação de padrões aleatórios e agrupados (Tabela 6). Na cultura do café, ChA e LcLL apresentaram padrões significativamente agrupados, indicando que esses parâmetros tendem a se concentrar em áreas específicas da lavoura. Por outro lado, LcA, AM, ChE, OM, Pup e Aca exibiram padrões aleatórios, sugerindo uma distribuição espacial sem tendência de agrupamento ou dispersão significativa. No sorgo, todos os parâmetros avaliados, como LcLL, ChE e OM, também apresentaram padrões aleatórios. Esses resultados destacam que, embora alguns parâmetros, como ChA e LcLL, demonstrem agrupamentos significativos no café, a maioria dos fatores analisados na área 2, na data em questão, não apresentou padrões espaciais claros. Isso pode refletir uma distribuição mais homogênea ou condições ambientais que não favoreceram a formação de agrupamentos significativos naquela época.

Tabela 6: Análise espacial dos parâmetros amostrados na área 4, em 08/10/2024, na cultura do café e do sorgo usando o Índice de Moran univariado e bivariado local (Moran's I). Rio Paranaíba, MG, Brasil, 2024.

Variable	Coffee plant		
	Moran's I	P value	Pattern
LcA	0.029	0.27	Random
ChA	0.302	0.016	Clustered
LcLL	0.129	0.040	Clustered
AM	0.147	0.084	Random
ChE	-0.112	0.318	Random
OM	-0.020	0.386	Random
Pup	0.074	0.190	Random
Aca	-	-	-
LcA			
Variable	Moran's I	P value	Pattern
LcLL	0.072	0.198	Random
LcLD	-	-	-
ChA			
Variable	Moran's I	P value	Pattern
ChE	-0.090	0.216	Random
OM	-0.030	0.444	Random
Aca	-	-	-

LcA = adulto de *Leucoptera coffeella*; ChA = adulto de Crisopídeo; LcLL = Lagarta viva de *L. coffeella*; AM = Minas ativas; ChE = ovos de Crisopídeo; OM = Minas velhas/inativas; Pup = Pupa de *L. coffeella*; Aca = Ácaros; hífen - = ausência de população.

A distribuição espacial dos parâmetros das variáveis analisadas no cultivo de café e sorgo foi representada pelos modelos esférico e exponencial, apresentando grau de dependência espacial (GDE) forte ($GDE < 25\%$) para a maioria das variáveis analisadas (Tabela 7), indicando que existe um comportamento de agregação populacional para as variáveis analisadas que pode ser visualizado no mapa obtido a partir da krigagem ordinária (Fig. 4, 5, 6 e 7). Na distribuição espacial das variáveis modelos de semivariogramas que mais se ajustaram, foram o esférico com GDE forte e exponencial (GDE forte), indicando também que existe um comportamento de agregação populacional das variáveis que pode ser visualizado no mapa (Fig. 4, 5, 6 e 7), bem como os locais de maior e menor infestação da praga e predadores.

Tabela 7: Parâmetros dos semivariogramas ajustados ao modelo teórico e parâmetro k para análise do grau de dependência espacial (GDE) do adulto de bicho-mineiro-do-cafeeiro (LcA) e adulto de crisopídeos (ChA), lagartas vivas (LcLL), lagartas mortas (LcLD), mina ativa (AM), ovo de bicho-mineiro-do-cafeeiro (LcE), ovos de crisopídeos (ChE), mina velha (OM), pupa (Pup), ausência/presença de ácaros (Aca), pulgão e ausência/presença de *honeydew* (Hon) na cultura do sorgo e café. Rio Paranaíba. MG.

Period	Evaluation	Average	Md	Parameters			⁴ K ^a	⁵ R ²
				¹ C ₀	² C ₁	³ a (m)		
Área 3 06.05.24	LcA		Spherical	0.00	13.10	40.00	0.00	Strong
	ChA		-	-	-	-	-	-
	LcLL		-	-	-	-	-	-
	LcLD		-	-	-	-	-	-
	AM		-	-	-	-	-	-
	LcE		Spherical	0.00	24.00	72.00	0.00	Strong
	ChE		-	-	-	-	-	-
	OM		Exponential	0.00	1.80	20.00	0.00	Strong
	Pup		Spherical	0.00	3.70	69.00	0.00	Strong
	Aca		-	-	-	-	-	-
	Aph		Spherical	0.00	5000.00	72.00	0.00	Strong
Hon		-	-	-	-	-	-	
Área 4 28.05.24	LcA		-	-	-	-	-	-
	ChA		Spherical	0.00	1.12	48.00	0.00	Strong
	LcLL		Spherical	0.50	2.80	76.00	0.15	Strong
	LcLD		-	-	-	-	-	-
	AM		Exponential	0.00	2.55	25.00	0.00	Strong
	ChE		-	-	-	-	-	-
	OM		Spherical	0.50	6.90	70.00	0.07	Strong
	Pup		-	-	-	-	-	-
	Aca		-	-	-	-	-	-
	Aph		Spherical	0.00	9000.00	62.00	0.00	Strong
	Hon		-	-	-	-	-	-
Área 3 08.10.24	LcA		Spherical	0.00	172.00	50.00	0.00	Strong
	ChA		-	-	-	-	-	-
	LcLL		-	-	-	-	-	-
	LcLD		-	-	-	-	-	-
	AM		-	-	-	-	-	-
	ChE		-	-	-	-	-	-
	OM		Spherical	0.00	17.50	60.00	0.00	Strong
	Pup		-	-	-	-	-	-
	Aca		-	-	-	-	-	-
Área 4 08.10.24	LcA		Spherical	0.00	300.00	60.00	0.00	Strong
	ChA		-	-	-	-	-	-
	LcLL		-	-	-	-	-	-
	LcLD		-	-	-	-	-	-
	AM		-	-	-	-	-	-
	ChE		-	-	-	-	-	-
	OM		Spherical	0.00	6.00	53.00	0.00	Strong
	Pup		Spherical	0.00	1.40	43.00	0.00	Strong
	Aca		-	-	-	-	-	-

¹Efeito pepita; ²Variância espacial; ³Alcance (metros); ⁴Calculado pela fórmula $C0/(C0 + C1)$; ⁵Os valores obtidos foram classificados em forte dependência espacial se $k < 0,25$, moderada dependência espacial se $0,25 \leq k \leq 0,75$ e fraca dependência espacial se $k > 0,75$; - Não houve ajuste. LcA = adulto de *Leucoptera coffeella*; ChA = adulto de crisopídeo; LcLL = lagarta viva de *L. coffeella*; LcLD = lagarta morta de *L. coffeella*; AM = minas ativas; LcE = ovos de *L. coffeella*; ChE = ovos de crisopídeo; OM = minas velhas/inativas; Pup = pupa de *L. coffeella*; Aca = ácaros; Aph = pulgões; Hon = *Honeydew*; hífen - = ausência de população.

Fig. 4. Mapa de Krigagem na área 3, em 28/05/2024, na cultura do café e do sorgo, pupa (*Pup*) (A), pulgão (*Aph*) (B), ovos de *L. coffeella* (*LcE*) (C), mina velha (*OM*) (D) e adulto de *L. coffeella* (*LcA*) (E). Rio Paranaíba, MG, Brasil, 2024.

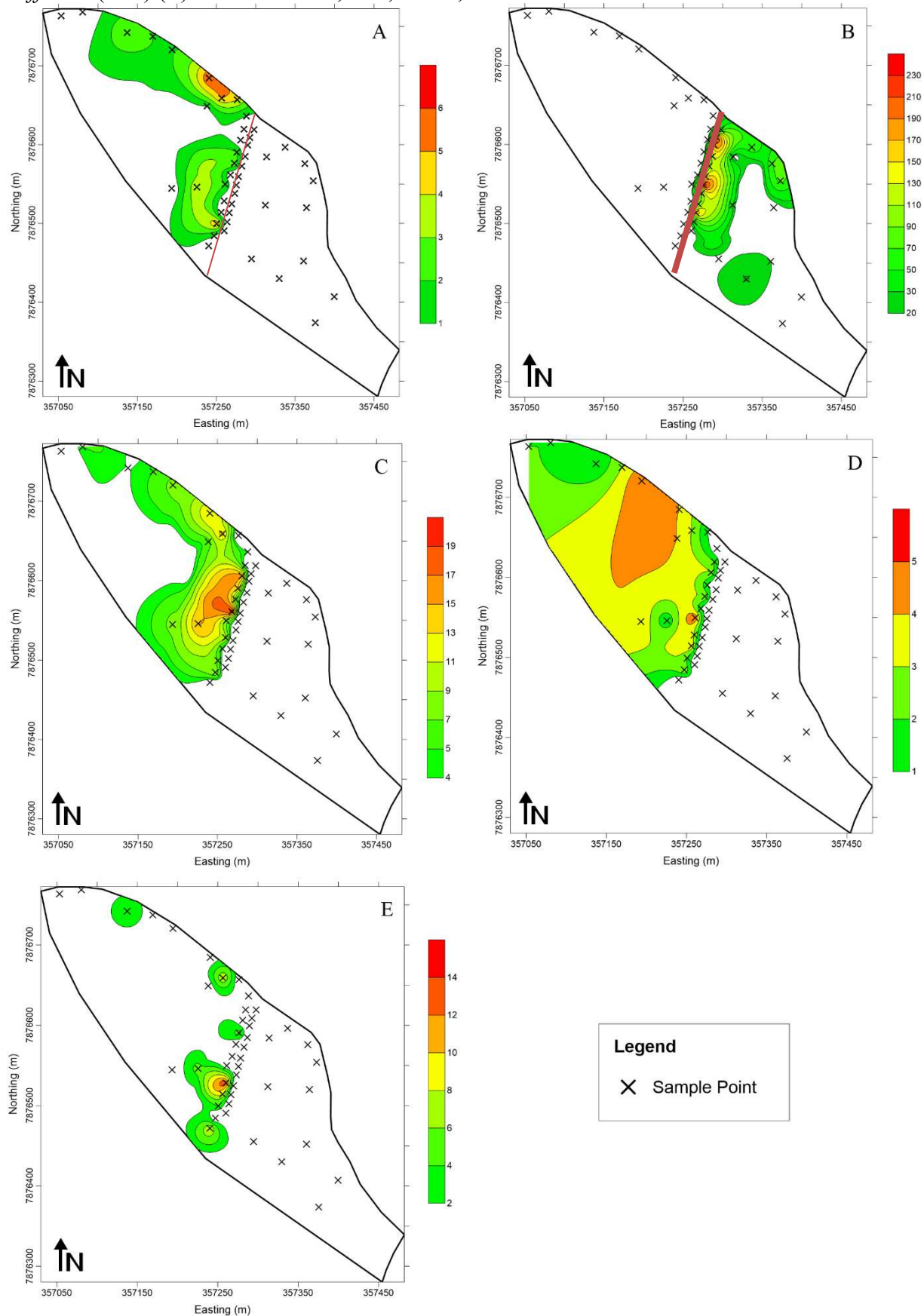


Fig. 5. Mapa de Krigagem na área 4, em 06/05/2024, na cultura do café e do sorgo, adulto de crisopídeos (*ChA*) (A), lagarta viva *L. coffeella* (*LcLL*) (B), mina ativa (AM) (C), mina velha (*OM*) (D) e pulgão (*Aph*) (E). Rio Paranaíba, MG, Brasil, 2024.

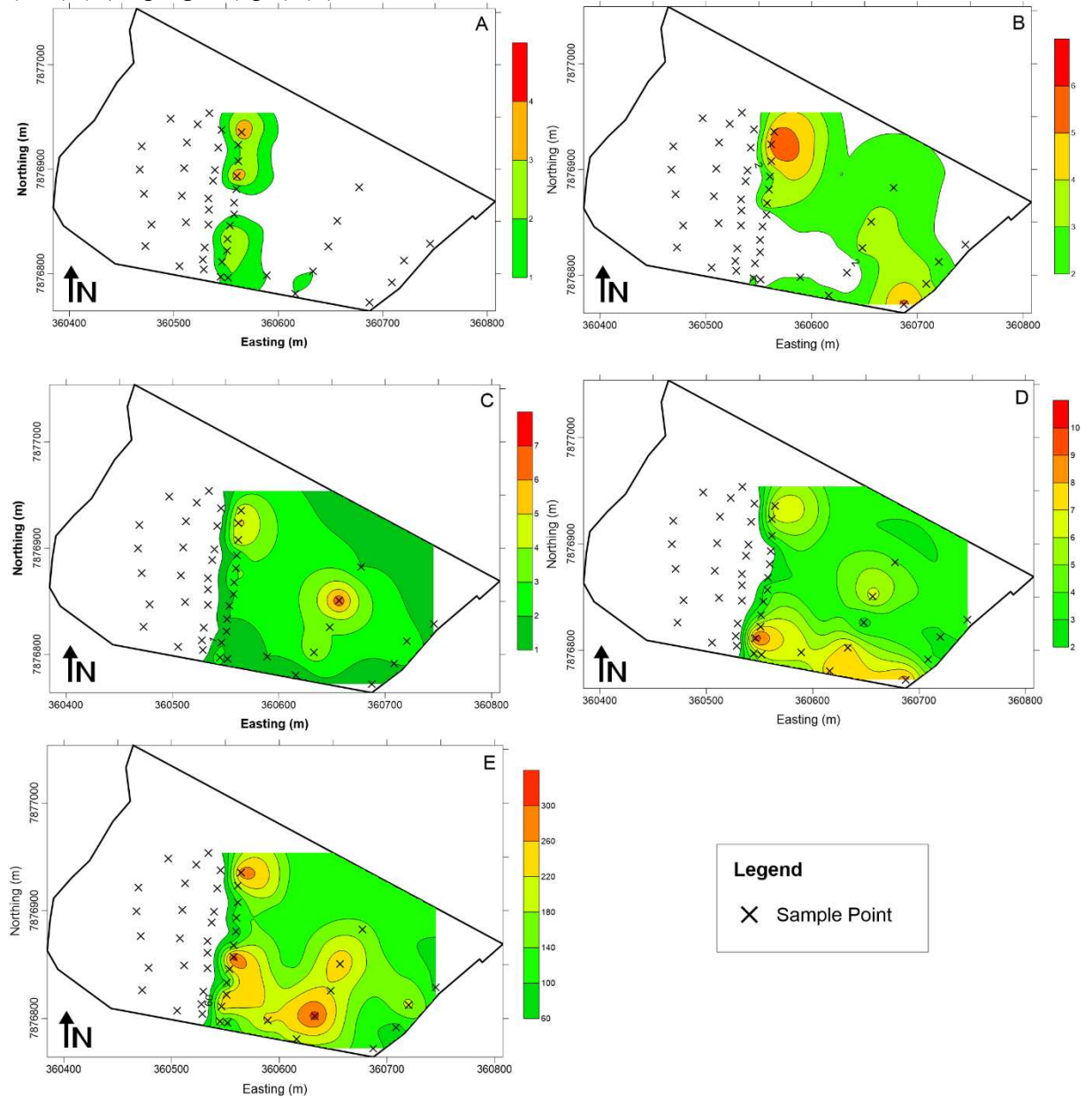


Fig. 6. Mapa de Krigagem na área 3, em 08/10/2024, na cultura do café e do sorgo, adulto de *L. coffeella* (*LcA*) (A), mina velha (*OM*) (B). Rio Paranaíba, MG, Brasil, 2024.

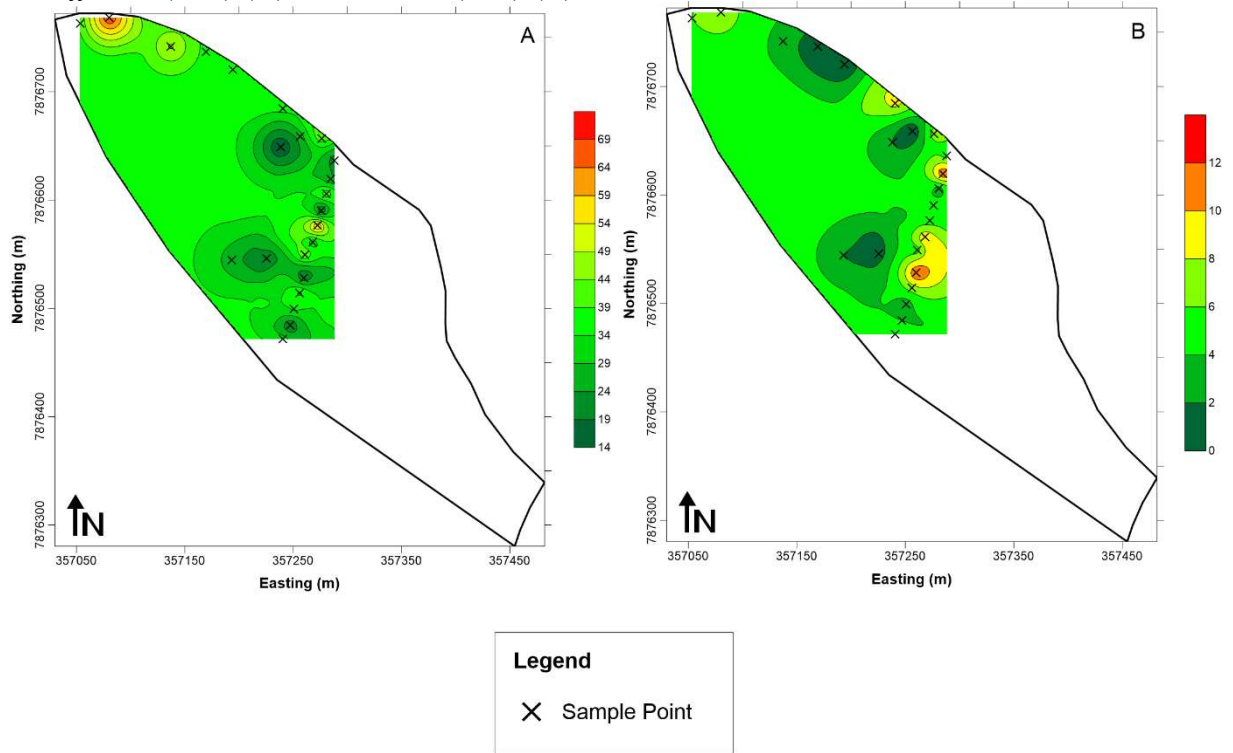
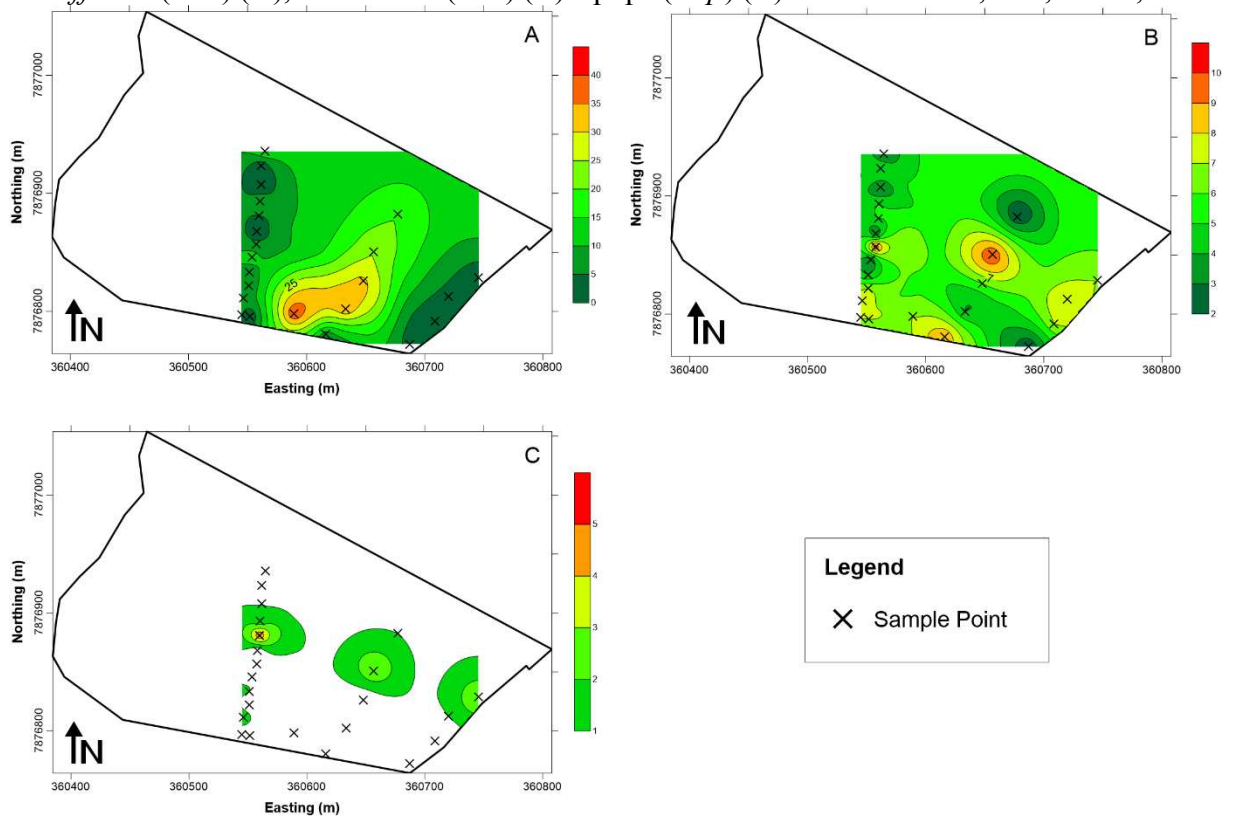


Fig. 7. Mapa de Krigagem na área 4, em 08/10/2024, na cultura do café e do sorgo, adulto de *L. coffeella* (*LcA*) (A), mina velha (*OM*) (B) e pupa (*Pup*) (C). Rio Paranaíba, MG, Brasil, 2024.

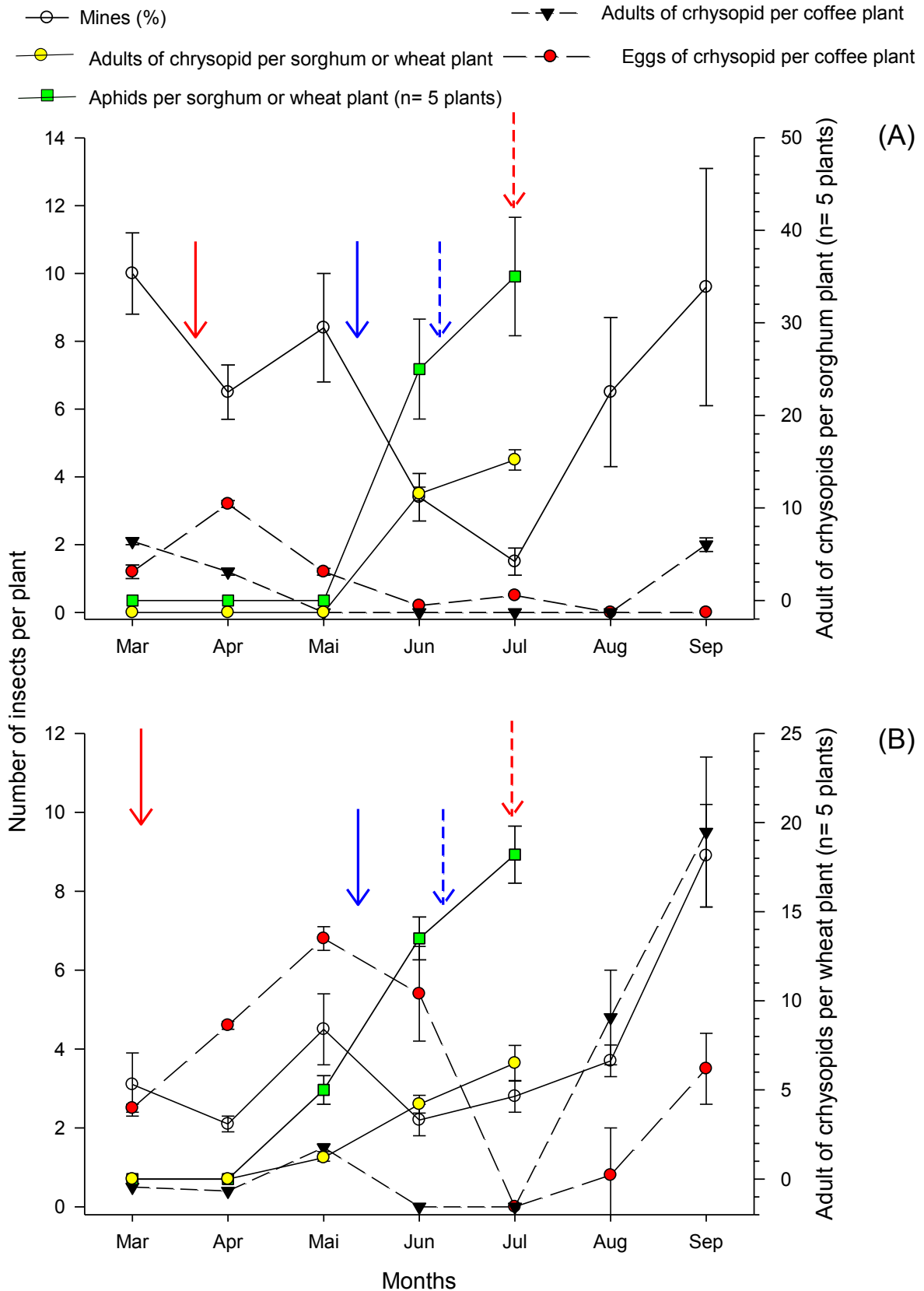


3.3 Flutuação populacional de *L. coffeella*, crisopídeos e afídeos nas paisagens agrícolas

A população de afídeos no sorgo aumentou gradualmente de maio à julho, atingindo um pico em julho (~35 afídeos por planta) (Figura 8A). Esse aumento foi acompanhado por um crescimento na população de crisopídeos adultos no sorgo, que passou de valores próximos de zero em abril para cerca de 15 adultos por planta em julho. Em contrapartida, no cafeeiro, a densidade de crisopídeos adultos permaneceu baixa ao longo do período, com uma leve elevação entre abril e maio (~2 adultos por planta), seguida por um declínio acentuado a partir de junho, coincidindo com a fase de colheita.

A população de afídeos no trigo apresentou um aumento expressivo em maio (~8 afídeos por planta) e junho (~8 afídeos por planta), seguido por uma queda em julho (Figura 8B). Durante esse período, a densidade de crisopídeos adultos no trigo também aumentou, atingindo um pico de aproximadamente 15 adultos por planta em junho, antes de reduzir em julho. No entanto, em agosto e setembro, quando a população de afídeos voltou a aumentar (~6 afídeos por planta), também houve um crescimento da população de crisopídeos no trigo, que atingiu cerca de 20 adultos por planta em setembro.

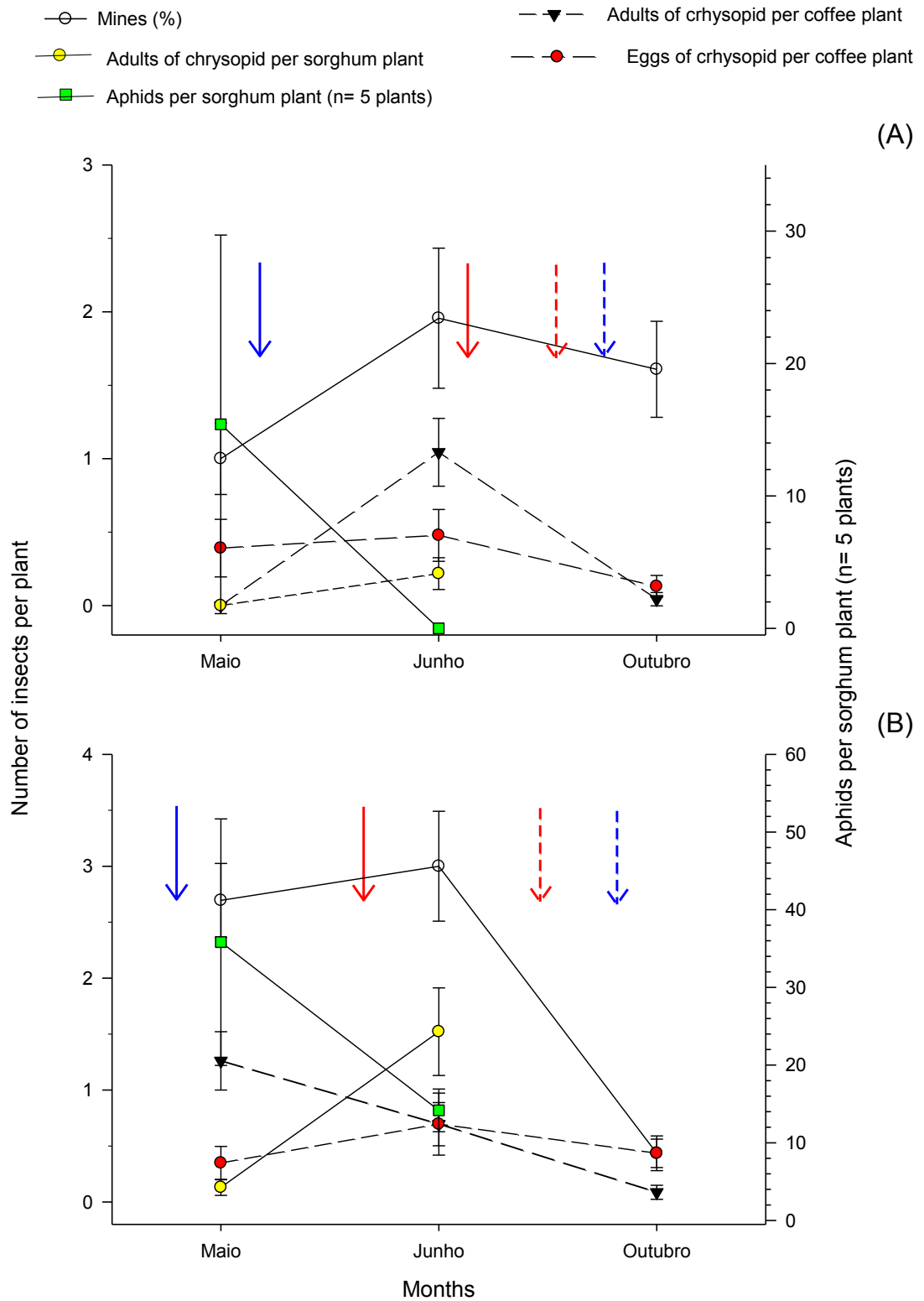
Fig. 8. Média \pm erro padrão das populações de crisopídeos, bicho-mineiro-do-cafeeiro e pulgões nas culturas do café, sorgo (A) e trigo (B). Rio Paranaíba, MG (2023). Seta vermelha contínua significa início do plantio do sorgo; Seta vermelha tracejada significa colheita do sorgo ou trigo; Seta azul contínua significa início da colheita do café e seta azul tracejada fim da colheita do café.



A dinâmica populacional dos crisopídeos nas culturas de café e sorgo variou ao longo do tempo entre essas culturas. Observa-se que a população de afídeos no sorgo aumentou de maio para junho, passando de aproximadamente 1 para 10 afídeos por planta (Figura 9A). Esse aumento foi acompanhado por um leve crescimento na população de crisopídeos adultos no sorgo, que subiu de valores próximos de zero em maio para cerca de 0,5 adultos por planta em junho. Em outubro, quando a densidade de afídeos no sorgo foi reduzida para valores próximos de zero, a população de crisopídeos também diminuiu.

A densidade de afídeos no sorgo foi maior em maio (~35 afídeos por planta), reduzindo em junho (~10 afídeos por planta) e apresentando nova queda em outubro (~5 afídeos por planta) (Figura 9B). A população de crisopídeos no café seguiu uma tendência semelhante, com maior abundância em maio (~1 adulto por planta), aumento em junho (~1,5 adultos por planta) e redução em outubro (~0,5 adultos por planta).

Fig. 9. Média \pm erro padrão das populações de crisopídeos, bicho-mineiro-do-cafeeiro e pulgões nas culturas do café e sorgo (área 3) (A) e café e sorgo (área 4) (B). Rio Paranaíba, MG (2024). Seta vermelha contínua significa início do plantio do sorgo; Seta vermelha tracejada significa colheita do sorgo ou trigo; Seta azul contínua significa início da colheita do café e seta azul tracejada fim da colheita do café.



4. Discussão

4.1 Local de preferência de oviposição dos crisopídeos na planta

Nossos resultados indicam que os adultos de crisopídeos ovipositaram preferencialmente no terço superior do dossel das plantas de café. Esse local de preferência de oviposição dos crisopídeos também é o local de preferência do bicho-mineiro (*L. coffeella*) (Dantas et al., 2021; Walerius et al., 2023). Esse padrão de oviposição está alinhado com o comportamento observado em diversas espécies de predadores, que selecionam locais com maior disponibilidade de recursos para o desenvolvimento de sua prole, neste caso, o bicho-mineiro-do-cafeeiro (Faraji et al., 2002; Moawad et al., 2024). Os compostos voláteis, como o p-cimeno, liberados por folhas novas presentes na parte superior do cafeeiro são pistas utilizadas pelas fêmeas do bicho-mineiro para selecionar seu sítio de acasalamento e oviposição (Dantas et al. 2021; Magalhães et al., 2008). Por suas vez, o ataque das larvas de bicho-mineiro-do-cafeeiro aumentam a emissão desses voláteis que também são pistas olfativas que inimigos naturais utilizam para localizar suas presas (Fernandes et al., 2010). Estudos anteriores já relataram a preferência de crisopídeos por ramos e folhas onde ocorrer maior infestação da praga (Skaife, 1979; Kunkel e Cottrell, 2007; Silva et al., 2024).

4.2 Distribuição espacial de *L. coffeella*, crisopídeos e afídeos

Foi observado uma tendência de agregação de crisopídeos em áreas com maior disponibilidade de pulgões e bicho-mineiro, com uma forte dependência espacial. Isso sugere que a presença e densidade de presas são variáveis-chave avaliadas pelos adultos durante o estabelecimento e a escolha de locais para oviposição. A forte dependência espacial de crisopídeos em relação ao bicho-mineiro já foi documentada no cerrado mineiro (Silva et al., 2024). Nossos resultados sugerem que esse comportamento também pode estar associado a outras presas, como pulgões no sorgo. A agregação ocorreu predominantemente nas áreas de borda entre as culturas avaliadas, corroborando estudos que demonstram que a infestação do bicho-mineiro geralmente tem início nas bordas das plantações (Walerius et al., 2023), onde os crisopídeos se agregam em resposta à disponibilidade de presas. No entanto, a maior agregação dos insetos foi observada apenas na borda entre plantações de café e sorgo, onde não havia margens com outras culturas. Nessas áreas, a ausência de infestações significativas de pragas resultou em menor abundância de crisopídeos. Esses resultados estão provavelmente associados à oferta de recursos e condições favoráveis, fatores essenciais para a colonização de áreas por insetos (Chapman et al., 2015; Enders e Begcy, 2021). O processo de migração e

estabelecimento de crisopídeos é influenciado por diversos fatores, sendo os recursos alimentares, como néctar e pólen, fundamentais para a manutenção da fertilidade e fecundidade das fêmeas (Nepi et al., 2018; González et al., 2022; Martins et al., 2025). Contudo, nossos dados indicam que a presença de presas é o fator determinante na decisão de migração entre áreas.

Os resultados evidenciam uma forte correlação entre a dinâmica populacional de presas e a presença de crisopídeos nas culturas de sorgo, trigo e café, sugerindo que a sua disponibilidade é um fator determinante na distribuição e abundância desses predadores. O padrão de crescimento rápido da população de crisopídeos no sorgo diante da disponibilidade de presas, pulgões, sugerem que estão migrando para áreas onde os recursos alimentares são mais abundantes, neste caso do cafeeiro, conforme observado em estudos anteriores com outros predadores (Chapman et al., 2015; Dai et al., 2023).

4.3 Flutuação populacional de *L. coffeella*, crisopídeos e afídeos nas paisagens agrícolas

No cafeeiro, em 2023, a baixa densidade de crisopídeos ao longo do período, com uma leve elevação entre abril e maio e um declínio acentuado a partir de junho, pode estar relacionada à menor disponibilidade de presas devido inverno (Giraldo-Jaramillo, Quiroga-Mosquera e Fernandes, 2024) e ao impacto da colheita, que pode alterar as condições microclimáticas e a disponibilidade de recursos. Esse comportamento reforça a ideia de que os crisopídeos são altamente dependentes da presença de presas para seu estabelecimento e reprodução, como destacado por Silva et al. (2024). No trigo, a população de afídeos apresentou um aumento expressivo em maio e junho, seguido por uma queda em julho, o que coincidiu com o pico de densidade de crisopídeos. Esse padrão sugere que os crisopídeos são capazes de detectar e responder rapidamente a flutuações na densidade de presas, migrando para áreas onde os recursos são mais abundantes. A recuperação da população de afídeos em agosto e setembro (~6 afídeos por planta) foi acompanhada por um novo aumento na densidade de crisopídeos (~20 adultos por planta em setembro), reforçando a relação predador-presa observada.

Nas avaliações de 2024, novamente a dinâmica populacional nas culturas de café e sorgo também evidenciou a influência da disponibilidade de presas na distribuição de crisopídeos. No sorgo, o aumento da população de afídeos de maio para junho foi acompanhado por um leve crescimento na população de crisopídeos (~0,5 adultos por planta em junho). Já no café, a densidade de crisopídeos seguiu uma tendência semelhante à dos afídeos, com maior abundância em maio (~1 adulto por planta) e junho (~1,5 adultos por planta), seguida por uma redução em outubro (~0,5 adultos por planta). Esses resultados indicam que, embora os

crisopídeos possam se estabelecer em diferentes culturas, sua presença e abundância estão diretamente relacionadas à disponibilidade de presas, concordando com estudos que destacam a importância de recursos alimentares para a manutenção da população e atividade de inimigos naturais (Nepi, Grasso e Mancuso, 2018; Rosado et al., 2021; Defarge et al., 2023).

Os dados demonstram que a dinâmica populacional de crisopídeos é fortemente influenciada pela disponibilidade de presas, com migração e estabelecimento ocorrendo preferencialmente em áreas onde os recursos são mais abundantes. Além disso, a presença de maior diversidade como nas bordas entre culturas parece desempenhar um papel importante na agregação de inimigos naturais, como observado em estudos anteriores (Wan et al., 2018; Rosado et al., 2021; Walerius et al., 2023). Os resultados deste estudo reforçam a importância de práticas de manejo que promovam a conservação de crisopídeos, como a manutenção de habitats diversificados e a preservação de recursos alimentares, visando o controle biológico de pragas em sistemas agrícolas.

5. Conclusões

Os crisopídeos possuem preferência de oviposição no terço superior do dossel da planta de café.

Os crisopídeos possuem distribuição espacial agregada nas culturas do café e sorgo.

Ovos e adultos de crisopídeos são influenciados pela presença de suas presas nas culturas do trigo, sorgo e café, sendo que, na ausência das presas elas podem migrar entre as culturas adjacentes.

Os resultados contribuem para entender a dinâmica populacional de crisopídeos em paisagens agrícolas, bem como entender como funcionar seus processos de dispersão e migração. Essas informações são cruciais para alinhar o controle biológico natural com o controle químico, além de contribuir com conhecimento para aplicação do controle biológico aplicado com liberação massal de crisopídeos.

Estudos de correlação entre ocorrência de bicho-mineiro-do-cafeeiro e crisopídeos podem agregar mais conhecimento e ajudar a compreender a provável correção entre ovos de crisopídeo e presença de bicho-mineiro em plantas de café. Ademais, estudos sobre desempenho de crisopídeos criados sobre pulgões e bicho-mineiro em situação de campo.

Referências

- Abdelwahab, S.I., Taha, M.M.E., Jerah, A.A., Aljahdali, I.A., Oraibi, B., Alfaifi, H.A., Farasani, A., 2024. Coffee Arabica Research (1932-2023): Performance, Thematic Evolution and Mapping, Global Landscape, and Emerging Trends. *Heliyon* 10, e36137. <https://doi.org/10.1007/s11252-013-0336-x>
- Adugna, B.G., 2021. Review on coffee production and quality in Ethiopia. *Agric. For. Fish.* 10, 208. <https://doi.org/10.11648/j.aff.20211006.11>
- Almeida, E.S., 2004. Curso de econometria espacial aplicada. Piracicaba: ESALQ.
- Anton, S., Cortesero, A.M., 2022. Plasticity in chemical host plant recognition in herbivorous insects and its implication for pest control. *Biology* 11, 1842. <https://doi.org/10.3390/biology11121842>
- Braghini, A., Lima, V.D.O., Dami, B.G., Souza, J.M.R., Barbosa, E.P., Figueiredo, G.P., Fernandes, F.S., Silva, J.M., Queiroz, A.L.L., Vacari, A.M., 2024. Testing the Effects of Prey Type on the Life History and Population-Level Parameters of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). *Insects* 15, 330. <https://doi.org/10.3390/insects15050330>
- Calixto, E.S., Paula-Moraes, S.V., Reisig, D.D., Santos, A.A., Reay-Jones, F.P., 2024. Beyond wingbeats: dispersal capacity and morphophysiological determinants in *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 117, 309-318. <https://doi.org/10.1093/aesa/saae025>
- Celebioglu, F., Dall'erba, S., 2009. Spatial disparities across the regions of Turkey: an exploratory spatial data analysis. *Ann. Reg. Sci.* 45, 379-400. <https://doi.org/10.1007/s00168-009-0313-8>
- Chapman, J.W., Reynolds, D.R., Wilson, K., 2015. Long-range seasonal migration in insects: mechanisms, evolutionary drivers and ecological consequences. *Ecol. Lett.* 18, 287-302. <https://doi.org/10.1111/ele.12407>
- Chapman, J.W., Reynolds, D.R., Smith, A.D., Riley, J.R., Telfer, M.G., Woiwod, I.P., 2005. Mass aerial migration in the carabid beetle *Notiophilus biguttatus*. *Ecol. Entomol.* 30, 264-272. <https://doi.org/10.1111/j.0307-6946.2005.00702.x>
- Dai, X., Jiao, H., Jiao, J., Quan, Q., 2023. Survival analysis of a predator–prey model with seasonal migration of prey populations between breeding and non-breeding regions. *Mathematics* 11, 3838. <https://doi.org/10.3390/math11183838>
- Dami, B.G., Dos Santos, J.A., Barbosa, E.P., Rodriguez-Saona, C., Vacari, A.M., 2023. Functional response of 3 green lacewing species (Neuroptera: Chrysopidae) to *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *J. Insect Sci.* 23, 15.

- <https://doi.org/10.1093/jisesa/iead038>
- Dantas, J., Motta, I.O., Vidal, L.A., Nascimento, E.F.M.B., 2021. A comprehensive review of the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae)—a major pest for the coffee crop in Brazil and other neotropical countries. *Insects* 17, 1-21. <https://doi.org/10.3390/insects1212113>
- Defarge, N., Otto, M., Hilbeck, A., 2023. Roundup herbicide causes high mortality and impairs development of *Chrysoperla carnea* (Stephens)(Neuroptera: Chrysopidae). *Sci. Total Environ.* 865, 161158. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161158>
- Druck, S., Carvalho, M.S., Câmara, G., Monteiro, A.M.V., 2004. Análise espacial de dados geográficos. Brasília, DF: EMBRAPA.
- Enders, L., Begcy, K., 2021. Unconventional routes to developing insect-resistant crops. *Mol. Plant* 14, 1439-1453. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161158>
- Faraji, F., Janssen, A., Sabelis, M.W., 2002. Oviposition patterns in a predatory mite reduce the risk of egg predation caused by prey. *Ecol. Entomol.* 27, 660-664. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2002.00456.x>
- Farias, E.S., Fernandes, A.F., Andrade, E.D., Picanço, M.C., Carvalho, G.A., 2023. Comparative toxicity of coffee insecticides to the green lacewing *Chrysoperla externa* in laboratory and persistence trials. *Crop Prot.* 172, 106336. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106336>
- Fernandes, F.L., Sena, F.M.E., Picanço, M.C., Geraldo, G.C., Demuner, A.J., Silva, R.D., 2010. Coffee volatiles and predatory wasps (Hymenoptera: Vespidae) of the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. *Sociobiology* 56, 455-464.
- Giraldo-Jaramillo, M.; Quiroga-Mosquera, A.; Fernandes, F. L. Thermal requirements and estimation of the number of generations of *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) in Minas Gerais state, Brazil. *Crop Protection*, 175: 106483, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106483>
- Gole, T.W., Seyoum, A., 2024. The economic values of *Coffea arabica* biodiversity in Ethiopia. *J. Earth Environ. Sci. Res.* 6, 2-10.
- Góngora, C.E., Gil, Z.N., Constantino, L.M., Benavides, P., 2023. Sustainable Strategies for the Control of Pests in Coffee Crops. *Agronomy* 13, 2940. <https://doi.org/10.3390/agronomy13122940>
- González, E., Bianchi, F.J., Wizorek, S., Schumacher, M., Entling, M.H., 2022. Variation between plant species in pollen digestion rates in the green lacewing *Chrysoperla carnea*. *Entomol. Exp. Appl.* 170, 1049-1054. <https://doi.org/10.1111/eea.13233>
- Harelimana, A., Rukazambuga, D., Hance, T., 2022. Pests and diseases regulation in coffee agroecosystems by management systems and resistance in changing climate conditions: a

- review. *J. Plant Dis. Prot.* 129, 1041-1052. <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00628-1>
- Hernández-Andrade, A., Parra-Gómez, L., Ferrer, M.M., Montañez-Escalante, P.I., Jiménez-Osornio, J., 2019. Agrodiversity of *Hylocereus undatus* in Maya homegardens: management and genetic variability. *Herpetologica* 39, 530-548. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-39.4.530>
- Huang, Z.Y., Tang, L.H., Wang, X.Y., Lu, W., Zheng, X.L., 2025. Host location of gall parasitoids—A case study using the *Quadrastichus mendeli*–*Leptocybe invasa* system. *Entomol. Exp. Appl.* 173, 156-165. <https://doi.org/10.1111/eea.13527>
- John, A., Kaur, A., Bhat, K.A., Ganie, S.A., Nugroho, C., Handoko, I., Wani, A.K., 2024. Adapting to climate extremes: Implications for insect populations and sustainable solutions. *J. Nat. Conserv.* 79, 126602. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2024.126602>
- Keasar, T., Wajnberg, E., Heimpel, G., Hardy, I.C., Harpaz, L.S., Gottlieb, D., van Nouhuys, S., 2023. Dynamic economic thresholds for insecticide applications against agricultural pests: Importance of pest and natural enemy migration. *J. Econ. Entomol.* 116, 321-330. <https://doi.org/10.1093/jee/toad019>
- Keulder, R., Van den Berg, J., 2013. Patterns of lacewing (Neuroptera: Chrysopidae) flight activity, flight height and spatial distribution of eggs on maize plants. *Afr. Entomol.* 21, 1-9. <https://hdl.handle.net/10520/EJC132838>
- Koutsoula, G., Stamkopoulou, A., Pekas, A., Wäckers, F., Broufas, G., Pappas, M.L., 2023. Predation efficiency of the green lacewings *Chrysoperla agilis* and *C. mutata* against Aph and mealybugs in sweet pepper. *Bull. Entomol. Res.* 113, 162-168. <https://doi.org/10.1017/S0007485322000426>
- Kral-O'Brien, K.C., Harmon, J.P., 2021. The expanding role of movement behavior in insect conservation ecology. *Curr. Opin. Insect Sci.* 45, 69-74. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.02.006>
- Kunkel, B.A., Cottrell, T.E., 2007. Oviposition response of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) to aphids (Hemiptera: Aphididae) and potential attractants on pecan. *Environ. Entomol.* 36, 577-583. [https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2007\)36\[577:OROGLN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2007)36[577:OROGLN]2.0.CO;2)
- Laska, A., Przychodzka, A., Puchalska, E., Lewandowski, M., Karpicka-Ignatowska, K., Skoracka, A., 2022. Mechanisms of dispersal and colonisation in a wind-borne cereal pest, the haplodiploid wheat curl mite. *Sci. Rep.* 12, 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04525-9>
- Leite, S.A., Guedes, R.N.C., da Costa, D.R., Colmenarez, Y.C., Matsumoto, S.N., dos Santos, M.P., Coelho, B.S., Moreira, A.A., Castellán, M.A., 2022. The effects of thiamethoxam on

- coffee seedling morphophysiology and Neotropical leaf miner (*Leucoptera coffeella*) infestations. *Pest Manag. Sci.* 78, 2581-2587. <https://doi.org/10.1002/ps.6889>
- Luna-Espino, H.M., Jiménez-Pérez, A., Castrejón-Gómez, V.R., 2020. Assessment of *Chrysoperla comanche* (Banks) and *Chrysoperla externa* (Hagen) as biological control agents of *Frankliniella occidentalis* (Pergande)(Thysanoptera: Thripidae) on tomato (*Solanum lycopersicum*) under glasshouse conditions. *Insects* 11, 87. <https://doi.org/10.3390/insects11020087>
- Magalhães, S.T.V., Guedes, R.N.C., Lima, E.R., Demuner, A.J., 2008. Coffee leaf volatiles and egg laying by the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. *Crop Prot.* 27, 1038–1041. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.12.005>
- Mahzoum, A.M., Villa, M., Benhadi-Marín, J., Pereira, J.A., 2020. Functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae on *Saissetia oleae* (Olivier)(Hemiptera: Coccidae): Implications for biological control. *Agronomy* 10, 1511. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101511>
- Martins, E.F., Andrade, F.P., Botti, J.M.C., Perez, A.L., Schmidt, J., Venzon, M., 2025. Role of a medicinal plant in attracting Chrysopidae predators and controlling *Leucoptera coffeella*. *Crop Prot.* 187, 106944. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106944>
- Martins, M., Mendes, A.N.G., Alvarenga, M.I.N., 2004. Incidência de pragas e doenças em agroecossistemas de café orgânico de agricultores familiares em Poço Fundo-MG. *Ciênc. Agrotecnol.* 28, 1306-1313. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000600012>
- Masson, A.L., Rastello, K., de Preville, A.S.M., Tricault, Y., Poggi, S., Canard, E., Etienne, M.-P., Plantegenest, M., 2024. Unveiling the Hidden Feast: from molecular detection to predation rate—An example on biological control by generalist predators. *bioRxiv*, 20, 1-20. <https://doi.org/10.1101/2024.11.18.624133>
- Moawad, S.S., Ebadah, I.M., Lamloom, M., Momen, F., 2024. Oviposition and larval performance of *Chrysoperla carnea* S. on four natural preys with emphasis to life tables. *Arch. Phytopathol. Plant Prot.* 57, 491-508. <https://doi.org/10.1080/03235408.2024.2370571>
- Nepi, M., Grasso, D.A., Mancuso, S., 2018. Nectar in plant–insect mutualistic relationships: from food reward to partner manipulation. *Front. Plant Sci.* 9, 1063. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01063>
- Nitta, A., Natarajan, V., Reddy, A.J., Rakesh, T., 2024. Impact of Climate Change on Pest Biology, Behaviour and Their Distributions. *Int. J. Environ. Clim. Change* 14, 46-56.
- Parra, J.R.P., Reis, P.R., 2013. Manejo integrado para as principais pragas da cafeicultura, no Brasil. *Rev. Visão Agric.* 12, 1-4.

- Pereira, E.J.G., Picanço, M.C., Bacci, L., Crespo, A.L.B., Guedes, R.N.C., 2007. Seasonal mortality factors of the coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella* Touro. Entomol. Res. 97, 421-432. <https://doi.org/10.1017/S0007485307005202>
- Rodrigues, K.C.T.T., Brambilla, M.A., Camara, M.R.G., Venson, A.H., 2015. Uma análise espacial da imigração no Brasil. Econ. Desenvolv. 27, 164-182.
- Rosado, M.C., de Araújo, G.J., Pallini, A., Venzon, M., 2021. Cover crop intercropping increases biological control in coffee crops. Biol. Control 160, 104675. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104675>
- Saitta, V., Reborá, M., Piersanti, S., Antonini, G., Santoro, E., Ferlini, A., 2024. Visual and chemical cues in the host plant selection of the melon ladybird *Chnootriba elaterii* (Coleoptera: Coccinellidae). Arthropod-Plant Interact. 18, 637–649. <https://doi.org/10.1007/s11829-023-10018-5>
- Seffrin, R., Araújo, E.C., Bazzi, C.L., 2018. Análise espacial de área aplicada à produtividade de soja na região oeste do Paraná utilizando o software R. Rev. Bras. Geomática 6, 23-43. <https://doi.org/10.3895/rbgeo.v6n1.5912>
- Shaw, A.K., Levin, S.A., 2011. To breed or not to breed: a model of partial migration. Oikos 120, 1871-1879. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2011.19443.x>
- Shimales, T., Mendesil, E., Zewdie, B., Ayalew, B., Hylander, K., Tack, A.J., 2023. The intensity of management affects insect pests and natural pest control in arabica coffee in its native area. J. Appl. Ecol. 60, 911-922. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14410>
- Silva, B.K.D., Sairre, L.A.D., Eugênio, J.L., Silva, T.L.D., Rocha, E.A., Dayrell, D.V., Fernandes, F.L., 2022. A feasible sampling unit for monitoring *Chrysoperla* spp. eggs and their potential in biological control on *Coffea arabica* L. Int. J. Pest Manag. 1-7. <https://doi.org/10.1080/09670874.2022.2050834>
- Skaife, S.H., 1979. African insect life. Struik, Cape Town. pp.106.
- Szyniszewska, A.M., Akrivou, A., Björklund, N., Boberg, J., Bradshaw, C., Damus, M., MacLeod, A., 2024. Beyond the present: How climate change is relevant to pest risk analysis. EPPO Bull. 54, 20-37. <https://doi.org/10.1111/epp.12986>
- Vilchez-Mendoza, S.J., Ronin, A., Bommel, P., Cilas, C., Bagny Beilhe, L., 2024. Quantifying movement of the coffee berry borer at the interface between coffee plantations and adjacent land uses. Front. Sustain. Food Syst. 8, 1356650. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1356650>
- Walerius, A.H., Pallini, A., Venzon, M., Santana Júnior, P.A., Costa, T.L., Paes, J.D.S., Silva, E.F., Lopes, L.F., Barbosa, E.P., Silva, F.C., Figueiredo, G.P., Picanço, M.C., 2023. Use of Geostatistics as a Tool to Study Spatial-Temporal Dynamics of *Leucoptera coffeella* in

- Coffee Crops. *Agriculture* 13, 438. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020438>
- Wan, N.F., Ji, X.Y., Kiær, L.P., Liu, S.S., Deng, J.Y., Jiang, J.X., Li, B., 2018. Ground cover increases spatial aggregation and association of insect herbivores and their predators in an agricultural landscape. *Landsc. Ecol.* 33, 799-809. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0635-y>
- Wen, Z., Fu, Y., Zheng, H., Ouyang, Z., 2024. Metapopulation networks unlock the effects of landscape fragmentation on agricultural pests and natural predators. *Glob. Ecol. Conserv.* 50, e02849. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e02849>
- Yadav, S., Kumar, V., 2024. Study of Prey–Predator System with Additional Food and Effective Pest Control Techniques in Agriculture. *Iran. J. Sci.* 48, 193-211. <https://doi.org/10.1007/s40995-023-01558-9>