



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

Área de Concentração em Fitotecnia

**INFESTAÇÃO E PARASITISMO DE *Leucoptera coffeella*
(LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE) E MACROFAUNA
EDÁFICA EM CAFEIEIRO, SOB DIFERENTES MÉTODOS DE
CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS**

ÓSCAR BAPTISTA NIPATO

**VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA – BRASIL
2023**

ÓSCAR BAPTISTA NIPATO

**INFESTAÇÃO E PARASITISMO
DE *Leucoptera coffeella* (LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE) E
MACROFAUNA EDÁFICA EM CAFEEIRO, SOB DIFERENTES
MÉTODOS DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Aparecida Castellani

Coorientadora: Dra. Aldenise Alves Moreira

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA-BRASIL

2023

N626i

Nipato, Óscar Baptista.

Infestação e parasitismo de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) e macrofauna edáfica em cafeeiro, sob diferentes métodos de controle de plantas daninhas. / Óscar Baptista Nipato, 2023.
103 f.

Orientador (a): Dr^a. Maria Aparecida Castellani.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2023.

Inclui referência F. 85 – 93.

1. *Coffea arabica*. 2. Cobertura vegetal. 3. Bicho-mineiro. 4. Braconidae. 5. Eulophidae. 6. Fauna do Solo. I. Castellani, Maria Aparecida. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. T.

CDD: 633.73

Catlogação na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista -BA



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA
BAHIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia**

Campus de Vitória da Conquista, BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: “INFESTAÇÃO E PARASITISMO DE *Leucoptera coffeella*
(LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE) E MACROFAUNA EDÁFICA EM
CAFEIEIRO, SOB DIFERENTES MÉTODOS DE CONTROLE DE
PLANTAS DANINHAS”.**

AUTOR (A): Óscar Baptista Nipato

**Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM
AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte
Banca**

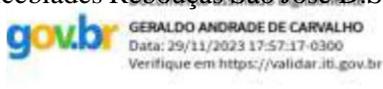
Examinadora:



Maria Aparecida Castellani, D.Sc. (UESB)



Alcebíades Rebouças, São José D.Sc. (UESB)



Geraldo Andrade de Carvalho, D.Sc. (UFLA)

Data de realização: 29 de Novembro de 2023.

Estrada do Bem Querer, Km 4, CEP 45031-900, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia,
Brasil Telefone: (77) 3425-9383, e- mail: ppgagronomia@uesb.edu.br

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e irmãos

Dedico

AGRADECIMENTOS

A DEUS, Pai todo poderoso, pela graça e dom da vida e por tudo que tem feito e ainda irá fazer em minha vida.

Aos meus pais, Baptista Nipato e Cristina Francisco Muarrawane, pela vida, apoio e pela persistente exortação e apego à educação formativa.

Aos meus irmãos, Orlando, Ernesto, Filomeno e Vasco, pelo apoio emocional durante a minha estadia na maravilhosa cidade (Vitória da Conquista). À Sheila Henriques Macie, “*amica*”, pelas orações, pelo apoio amoroso e emocional.

Ao meu primo Carlos, pela ajuda financeira no pagamento do emulumento na embaixada do Brasil em Moçambique. Aos meus tios, Santos e Jaime Nipato (*in memorian*), por incentivarem-me a estudar.

Na qualidade de Coordenadoras do Programa de Pós-graduação em Agronomia, minha imensa gratidão às Doutoradas Maria Aparecida Castellani e Aldenise Alves Moreira, por nunca ter-lhes faltado vontade de ajudar-me, a fim de fazer-me presente em Vitória da Conquista; agradeço-lhes também pelo apoio científico e emocional que, de forma zelosa, souberam transmitir-me, enquanto Orientadora e Coorientadora.

À Elizeth, pela recepção gentil, quando da minha chegada em Vitória da Conquista.

À equipe do Laboratório de Entomologia: Ana Carolina Plácido, Beatriz Coelho, Talytha Ravenna de Melo Souza, Micaela Matos, Francisca de Jesus, Ariel Castro, Suzy Aguiar Leite, Benício Neto, Jaqueline Rocha, Jáslem Silva Santos, Jislane Silva Santos, Denilson Cabral dos Santos, Mateus Pereira dos Santos, pelo apoio durante a condução do experimento, pelas risadas e novas palavras aprendidas.

Ao Doutor Alcebiades Rebouças São José, pelo apoio nos primórdios da implementação do experimento.

Ao Doutor Daniel Fernandes, pela ajuda na identificação dos parasitoides.

Ao Doutor Maurício Robério Silva Soares, pela ajuda na identificação de espécies de plantas daninhas.

À Professora Patrícia Anjos Bittencourt Barreto Garcia e à doutoranda Mariana dos Santos Nascimento, pelo apoio e ensinamentos na realização dos estudos com a macrofauna.

Ao Professor Divino Levi Miguel, pela ajuda com as análises de solo.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pelos ensinamentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), por toda infraestrutura colocada sempre à disposição.

Aos Senhores Diego e Amenor, proprietário e gerente da Fazenda Primavera, pela concessão da área para implementação do experimento.

À Diretoria de Campo (DICAP) e, especialmente, ao Dui e à equipe de trabalhadores de campo.

Aos motoristas do Setor de Transporte e à Luana, do mesmo setor, pela gentil comunicação e disposição no atendimento.

RESUMO GERAL

NIPATO, O. B. **Infestação e parasitismo de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) e macrofauna edáfica em cafeeiro, sob diferentes métodos de controle de plantas daninhas.** Vitória da Conquista - BA, UESB, 2024. 103 p. (Dissertação: Mestrado em Agronomia; Área de Concentração: Fitotecnia*)

Em agroecossistemas cafeeiros, a cobertura vegetal do solo pode influenciar na dinâmica das populações de insetos herbívoros, de seus inimigos naturais e da fauna edáfica, impactando em serviços ecossistêmicos, como controle biológico e ciclagem de nutrientes. O manejo de plantas daninhas é realizado sistematicamente nos cafezais, mas pouco se conhece sobre seus efeitos nas populações das pragas, inimigos naturais, e na biota edáfica. O estudo avaliou a influência de métodos de controle de plantas daninhas na infestação e parasitismo de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae), bem como na macrofauna edáfica. O experimento foi desenvolvido em lavoura cafeeira da cultivar Catuaí, localizada em Barra do Choça - BA, de julho/22 a agosto/23, e constou de seis tratamentos e quatro repetições. As parcelas consistiram de sete linhas de plantas de café (espaçamento 3 m x 1m) de 10 m de comprimento, equidistantes 20 m, e distância de 50 m entre blocos. Os tratamentos foram: (i) sem controle, (ii) roçagem, (iii) gradagem, (iv) herbicida, (v) capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e (vi) capina manual e remoção da biomassa vegetal. Antes da implantação dos tratamentos, realizou-se amostragem de plantas daninhas, e avaliação prévia da infestação e parasitismo da praga. Após implantação dos tratamentos, realizaram-se 12 amostragens (intervalos mensais) com coletas de folhas para contagem do número de minas, folhas minadas, minas com larvas vivas, minas parasitadas e parasitoides emergidos, para estimativa da infestação e parasitismo. Adicionalmente, coletaram-se folhas com minas sem sinais de predação e/ou parasitismo. A macrofauna do solo foi amostrada pelo método Tropical Soil Biological Fertility (TSBF), com extração de monólitos de solo de 25 cm x 25 cm x 30 cm e retirada manual dos espécimes, os quais foram conservados em álcool 70 %. A identificação dos espécimes foi feita em nível de Ordem e Família para Arthropoda e de Ordem para Annelida, do qual se obteve a biomassa seca. Estimou-se a abundância, riqueza e diversidade da macrofauna. Realizou-se análise do solo para pH, Ca, P, Mg, soma de bases (SB), matéria orgânica (MO) e carbono orgânico total (CO). A gradagem proporcionou menor porcentagem de folhas minadas em relação à capina manual e remoção da biomassa vegetal e menor densidade de minas em relação à capina manual sem remoção da biomassa vegetal. Os métodos de controle não reduziram a Porcentagem de infestação (minas ativas/minas), densidade de lagartas e a porcentagem de minas ativas. Na fase de maturação dos frutos, a porcentagem de parasitismo foi maior na capina manual e remoção da biomassa vegetal do que na gradagem. Os parasitoides obtidos pertencem às famílias Eulophidae (96,43 %) e Braconidae (3,67 %). Métodos de controle de plantas daninhas não favoreceram a riqueza e diversidade da macrofauna edáfica e os atributos químicos do solo. A abundância da macrofauna foi maior no tratamento sem controle de plantas daninhas em nível do táxon família. A massa seca de Haplotaxida correlacionou-se positivamente com atributos químicos do solo, sendo maior na roçagem, comparativamente à aplicação de herbicida e capina manual e remoção da biomassa vegetal. Conclui-se que métodos de controle de plantas daninhas têm pouca influência no parasitismo do bicho-mineiro e grande influência na conservação da macrofauna edáfica em cafeeiro.

* Orientadora: Maria Aparecida Castellani

*Corientadora: Aldenise Alves Moreira

Palavras-chave: Bicho-mineiro; Braconidae; Cobertura vegetal; *Coffea arabica*; Eulophidae; Fauna do Solo.

GENERAL ABSTRACT

NIPATO, O. B. **Infestation and parasitism of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) and edaphic macrofauna in coffee plants, under different weed control methods.** Vitória da Conquista - BA, UESB, 2024. 103 p. (Dissertation: Master's in Agronomy; Area of Concentration: Phytotechnics*)

In coffee agroecosystems, soil vegetation cover can influence the dynamics of populations of herbivorous insects, their natural enemies and soil fauna, impacting ecosystem services, such as biological control and nutrient cycling. Weed management is carried out systematically in coffee plantations, but little is known about its effects on pest populations, natural enemies, and soil biota. The study evaluated the influence of weed control methods on the infestation and parasitism of *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae), as well as on soil macrofauna. The experiment was carried out in a coffee plantation of the Catuaí cultivar, located in Barra do Choça - BA, from July/22 to August/23, and consisted of six treatments and four replications. The plots consisted of seven rows of coffee plants (3 m x 1 m spacing) 10 m long, 20 m equidistant, and a distance of 50 m between blocks. The treatments were: (i) no control, (ii) mowing, (iii) harrowing, (iv) herbicide, (v) manual weeding without removing plant biomass, and (vi) manual weeding and removal of plant biomass. Before implementing the treatments, sampling of weeds was carried out, and prior assessment of pest infestation and parasitism was carried out. After implementing the treatments, 12 samplings were carried out (monthly intervals) with leaf collections to count the number of mines, mined leaves, mines with live larvae, parasitized mines and emerged parasitoids, to estimate infestation and parasitism. Additionally, leaves were collected with mines without signs of predation and/or parasitism. The soil macrofauna was sampled using the *Tropical Soil Biological Fertility* (TSBF) method, with extraction of soil monoliths measuring 25 cm × 25 cm × 30 cm and manual removal of the specimens, which were preserved in 70% alcohol. The identification of the specimens was made at the level of Order and Family for Arthropoda and Order for Annelida, from which the dry biomass was obtained. The abundance, richness and diversity of macrofauna was estimated. Soil analysis was carried out for pH, Ca, P, Mg, sum of bases (SB), organic matter (OM) and total organic carbon (CO). Harrowing provided a lower percentage of mined leaves in relation to manual weeding and removal of plant biomass and a lower mine density in relation to manual weeding without removing plant biomass. Control methods did not reduce Infestation Percentage (active mines/mines), caterpillar density, and percentage of active mines. In the fruit maturation phase, the percentage of parasitism was higher in manual weeding and removal of plant biomass than in harrowing. The parasitoids obtained belong to the Eulophidae (96.43%) and Braconidae (3.67%) families. Weed control methods did not favor the richness and diversity of soil macrofauna and the chemical attributes of the soil. The abundance of macrofauna was greater in the treatment without weed control at the family taxon level. The dry mass of Haplotaxida was positively correlated with chemical attributes of the soil, being higher during mowing, compared to the application of herbicide and manual weeding and removal of plant biomass. It is concluded that weed control methods have little influence on the parasitism of the leaf miner and a great influence on the conservation of edaphic macrofauna in coffee trees.

Keywords: Braconidae; *Coffea arabica*; Coffee leaf miner; Eulophidae; Vegetation

* Orientadora: Maria Aparecida Castellani

* Corientadora: Aldenise Alves Moreira

cover; Soil fauna.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Representação esquemática da área experimental: SC: Sem controle de plantas daninhas, RCT: Roçagem tratorizada, GDR: Gradagem tratorizada, HRCB: Aplicação de herbicida, CMPD: Capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal. O espaçamento foi de 3 m × 1 m, com distância entre parcelas de 20 m e entre blocos de 50 m. As áreas entre blocos e parcelas foram mantidas roçadas.....60

Figura 1.2. Boxplot com a Porcentagem de Folhas Minadas: (A) entre métodos de controle de plantas daninhas ($\pm IQ$) e (B) em função do tempo. Boxplot mostra percentis 25 e 75, linha grossa escura dentro do boxplot indica a mediana. Pontos escuros nas figuras indicam valores extremos (outlier) e pontos circulares abertos indicam valores observados. SC: Sem controle de plantas daninhas, RCT: Roçagem tratorizada, GDR: Gradagem tratorizada, HRCB: Aplicação de herbicida, CMPD: Capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal.61

Figura 1.3. Boxplot com a Porcentagem de Infestação: (A) entre método de controle de plantas daninhas ($\pm IQ$) e (B) em função do tempo. Boxplot mostra percentis 25 e 75, linha grossa escura dentro do boxplot indica a mediana. Pontos escuros nas figuras indicam valores extremos (outlier) e pontos circulares abertos indicam valores observados. SC: Sem controle de plantas daninhas, RCT: Roçagem tratorizada, GDR: Gradagem tratorizada, HRCB: Aplicação de herbicida, CMPD: Capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal.....62

Figura 1.4. Boxplot com a Densidade de Minas: (A) entre métodos de controle de plantas daninhas ($\pm IQ$) e (B) em função do tempo. Boxplot mostra percentis 25 e 75, linha grossa escura dentro do boxplot indica a mediana. Pontos escuros nas figuras indicam valores extremos (outlier) e pontos circulares abertos indicam valores observados. SC: Sem controle de plantas daninhas, RCT: Roçagem tratorizada, GDR: Gradagem tratorizada, HRCB: Aplicação de herbicida, CMPD: Capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal.....63

Figura 1.5. Boxplot com a Densidade de Lagartas: (A) entre métodos de controle de plantas daninhas ($\pm IQ$) e (B) em função do tempo. Boxplot mostra percentis 25 e 75, linha grossa escura dentro do boxplot indica a mediana. Pontos escuros nas figuras indicam valores extremos (outlier) e pontos circulares abertos indicam valores observados. SC: Sem controle de plantas daninhas, RCT: Roçagem tratorizada, GDR: Gradagem tratorizada, HRCB: Aplicação de herbicida, CMPD: Capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal.....64

Figura 1.6. Boxplot com a Porcentagem de Minas Ativas: (A) entre métodos de controle de plantas daninhas ($\pm IQ$) e (B) em função do tempo. Boxplot mostra percentis 25 e 75, linha grossa escura dentro do boxplot indica a mediana. Pontos escuros nas figuras indicam valores extremos (outlier) e pontos circulares abertos indicam valores observados. SC: Sem controle de plantas daninhas, RCT: Roçagem tratorizada, GDR: Gradagem tratorizada, HRCB: Aplicação de herbicida, CMPD: Capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal65

Figura 1.7. Boxplot com a Porcentagem de Parasitismo I: (A) entre método de controle de plantas daninhas ($\pm IQ$) e (B) em função do tempo. Boxplot mostra percentis 25 e 75, linha grossa escura dentro do boxplot indica a mediana. Pontos escuros nas figuras indicam valores extremos (outlier) e pontos circulares abertos indicam valores observados. SC: Sem controle de plantas daninhas, RCT: Roçagem tratorizada, GDR: Gradagem tratorizada, HRCB: Aplicação de herbicida, CMPD: Capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal66

Figura 1.8. Boxplot com a Porcentagem de Parasitismo II: (A) entre método de controle de plantas daninhas ($\pm IQ$) e (B) em função do tempo. Boxplot mostra percentis 25 e 75, linha grossa escura dentro do boxplot indica a mediana. Pontos escuros nas figuras indicam valores extremos (outlier) e pontos circulares abertos indicam valores observados. SC: Sem controle de plantas daninhas, RCT: Roçagem tratorizada, GDR: Gradagem tratorizada, HRCB: Aplicação de herbicida, CMPD: Capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal67

Figura 2.1. Média (\pm SE) da riqueza (A) e diversidade (B) de Famílias da macrofauna edáfica em função dos métodos de controle de plantas daninhas em cafeeiro. Barra do Choça, Bahia, Brasil. SC: sem controle de plantas daninhas, RC: roçagem tratorizada, GDR: gradagem tratorizada, HRCD: aplicação de herbicida, CMPD: capina manual sem remoção da biomassa vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal..99

Figura 2.2. Média (\pm SE) da biomassa seca (g) dos espécimes da Ordem Haplotaxida (Annelida) em função dos métodos de controle de plantas daninhas em cafeeiro. Barra do Choça, Bahia, Brasil. SC: sem controle de plantas daninhas, RC: roçagem tratorizada, GDR: gradagem tratorizada, HRCD: aplicação de herbicida, CMPD: capina manual sem remoção da biomassa vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal99

Figura 2.3 Correlação de Pearson entre biomassa seca (g) de Haplotaxida e abundância de Haplotaxida (A) e Fósforo (B). Barra do Choça, Bahia, Brasil100

Figura 2.4. Correlação de Pearson entre biomassa seca (g) de Haplotaxida e matéria orgânica do solo (A) e carbono orgânico do solo (B). Barra do Choça, Bahia, Brasil. 100

Figura 2.5. Resultado da análise de componente principal em nível de Ordem; SC: sem controle de plantas daninhas, RC: roçagem tratorizada, GDR: gradagem tratorizada, HRCD: aplicação de herbicida, CMPD: capina manual sem remoção da biomassa vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal. Dip: Diptera, Hym: Hymenoptera, Ara: Aranae, Hem: Hemiptera, Hap: Haplotaxida, Col: Coleoptera, Sco: Scolopendrida, Spi: Spirotreptida, Iso: Isopoda, Bla: Blattodea.....100

Figura 2.6. Resultado da Análise de componente principal da macrofauna edáfica em nível de Família associado aos métodos de controle de plantas daninhas; SC: sem controle de plantas daninhas, RC: roçagem tratorizada, GDR: gradagem tratorizada, HRCD: aplicação de herbicida, CMPD: capina manual sem remoção da biomassa vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal. Bib: Bibionidae, Cic: Cicadeliidae, Cyd: Cydnidae, Bla: Blatteliidae, For: Formicidae, Spi: Spirotreptidae, Sco:

Scolopendridae, Ter: Termitidae, Lin: Linyphiidae, Sca: Scarabaeidae, Ela: Elateridae
.....101

Figura 2.7. Resultado da análise de redundância da macrofauna edáfica em nível de Família associado aos atributos químicos do solo. MO: Matéria orgânica do solo, CO: Carbono orgânico do solo, SB: Soma de bases. Bib: Bibionidae, Cic: Cicadeliidae, Cyd: Cydnidae, Bla:Blatteliidae, For: Formicidae, Spi: Spirotreptidae, Sco:Scolopendridae, Ter:Termitidae, Lin: Linyphiidae, Sca: Scarabaeidae, Ela: Elateridae101

Figura 2.8. Resultado da análise de redundância de atributos químicos do solo e abundância e biomassa de Haplotaxida. MO: Matéria orgânica do solo, CO: Carbono orgânico do solo, SB: Soma de bases101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1. Caracterização dos métodos de controle de plantas daninhas estudados. Barra do Choça, Bahia, Brasil, 2023	53
Tabela 1.2 Médias (\pm SE) dos parâmetros avaliados, em função dos métodos de controle de plantas daninhas sem considerar as fases fenológicas do cafeeiro.....	55
Tabela 1.3. Médias (\pm SE) dos parâmetros avaliados no estudo prévio da infestação e parasitismo do bicho-mineiro, em função dos métodos de controle. Barra do Choça, Bahia, Brasil.....	56
Tabela 1.4. Médias (\pm SE) dos parâmetros avaliados em função dos métodos de controle de plantas daninhas sem consideração das fases fenológicas do cafeeiro, em função dos métodos de controle de plantas daninhas. Barra do Choça, Bahia, Brasil.....	56
Tabela 1.5. Significância da infestação pelo bicho-mineiro e parasitismo natural da praga, em função dos métodos de controle de plantas daninhas e estádios fenológicos do cafeeiro	57
Tabela 1.6. Médias (\pm SE) da Porcentagem de Folhas Minadas (PFM), Porcentagem de Infestação (TI), Densidade de Minas (DM), Densidade de Lagartas (DL), Porcentagem de Minas Ativas (PMA), Porcentagem de Parasitismo I (TPI) e Porcentagem de Parasitismo II (PPII), em função das fases fenológicas do cafeeiro e dos métodos de controle de plantas daninhas. Barra do Choça, Bahia, Brasil	58
Tabela 2.1. Abundância (N ^o) e frequência relativa (%) da macrofauna edáfica em função de Ordens dos organismos e métodos de controle de plantas daninhas no cafeeiro. Barra do Choça, Bahia, Brasil	91
Tabela 2.2. Abundância (N ^o) e frequência relativa (%) da macrofauna edáfica em função das famílias dos organismos e métodos de controle de plantas daninhas no cafeeiro. Barra do Choça, Bahia, Brasil	95

Tabela 2.3 Média (\pm SE) dos atributos químicos do solo em função de métodos de controle de plantas daninhas em cafeeiro. Barra do Choça, Bahia, Brasil96

Tabela 2.4. Correlação de Pearson da macrofauna edáfica e atributos químicos do solo . 97

Tabela 2.5. Resultado de análise de redundância da abundância da macrofauna e atributos químicos do solo98

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SIMBOLOS

° C	Graus celsius
%	Porcentagem
>	Maior que
<	Menor que
g	Grama
=	Igual
±	Mais ou menos
X ²	Qui-quadrado
gl	Graus de liberdade
kg	Quilograma
L	Litro
m	Metro
cm	Centímetro
mL	Mililitro
SE	Erro padrão
RDA	Análise de redundância
PCA	Análise de componentes principais
cmolc	Centimol
cmolc.dm ⁻³	Centimol por decímetro cúbico
dm ³	Decímetro cúbico
g.kg ⁻¹	Grama por quilograma
IQ	Intervalo interquartil
pH	Potencial de hidrogénio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio

P	Fósforo
SB	Soma de bases
GAM	Modelo Aditivo Generalizado
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
SEI	Superintendência de Estudos Econômicos
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>
BA	Bahia
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
ARTIGO I. Controle de plantas daninhas no cafeeiro: efeitos na infestação do bicho- mineiro e no seu parasitismo natural	26
RESUMO.....	28
1. INTRODUÇÃO.....	29
2. MATERIAL E MÉTODOS	31
2.1. Área de estudo.....	31
2.2. Caracterização da comunidade de plantas daninhas	33
2.3. Amostragem do bicho-mineiro e seus parasitoides	33
2.4. Infestação do bicho-mineiro.....	34
2.5. Parasitismo natural do bicho-mineiro	34
2.6. Análises estatísticas	35
3. RESULTADOS	36
3.1. Composição de plantas daninhas	36
3.2. Porcentagens prévias de infestação e parasitismo do bicho-mineiro	36
3.3. Infestação do bicho-mineiro.....	37
3.4. Parasitismo do bicho- mineiro	38
4. DISCUSSÃO	39
5. AGRADECIMENTOS.....	44
REFERÊNCIAS.....	45
ARTIGO II. Controle de plantas daninhas em cafeeiro: efeitos na macrofauna edáfica	68
Resumo	70
1. Introdução	71
2. Material e métodos.....	73
2.1. Área do estudo	73
2.2. Desenho experimental	73
2.3. Macrofauna edáfica	74
2.4. Propriedades químicas do solo.....	75
2.4.1. Características químicas e físicas do solo na área experimental	75
2.5. Análise estatística.....	75

3. Resultados	76
3.1. Efeito de métodos de controle de plantas daninhas na comunidade da macrofauna edáfica	76
3.1.1. Biomassa seca de Haplotaxida	77
3.2. Efeito de métodos de controle de plantas nos atributos químicos do solo	77
3.3. Correlação da macrofauna edáfica e atributos químicos do solo	77
3.4. Resposta da macrofauna edáfica aos métodos de controle de plantas daninhas ...	77
3.5. Efeito de atributos químicos do solo na macrofauna edáfica	78
4. Discussão	79
4.1. Efeito de métodos de controle de plantas daninhas na macrofauna edáfica	79
4.2. Efeito de métodos de controle de plantas nos atributos químicos do solo	81
4.3. Correlação da macrofauna edáfica e atributos químicos do solo	81
4.4. Resposta da macrofauna edáfica aos métodos de controle de plantas daninhas ...	82
4.5. Efeito de atributos químico do solo na macrofauna edáfica	82
5. Conclusão.....	83
6. Agradecimentos	84
Referências.....	85
CONSIDERAÇÕES FINAIS	103

INTRODUÇÃO GERAL

A expansão e a produção de café (*Coffea arabica* L.) pelo mundo foram motivadas pelo efeito da cafeína no metabolismo humano e, dentre vários países produtores do café, o Brasil destaca-se como maior produtor e exportador (USDA, 2023). A estimativa da produção mundial de café, na safra 2023/2024, é de 178,6 milhões de sacas (60 kg) (USDA, 2023).

O Brasil produziu 54,36 milhões de sacas (60 kg), de acordo com a estimativa feita até agosto de 2023, sendo que de janeiro a agosto exportou 22,9 milhões de sacas (60 kg) (CONAB, 2023). A produção nacional do café, que coloca o Brasil na primeira posição do ranking mundial, resulta da contribuição do Estado de Minas Gerais (52,05 %), Espírito Santo (24,03 %), São Paulo (9,25 %), Bahia (6,29 %) e Paraná (1,26 %) (CONAB, 2023). O estado da Bahia lidera a 4ª posição do ranking nacional, sendo a região do Atlântico a maior produtora (66,96 %) (engloba região Sul e Extremo Sul), seguida do Planalto (26,4 %) (compreende a região do Sudoeste e da Chapada Diamantina) e do Cerrado (6,64 %) (região do Oeste) (CONAB, 2023).

A exigência do consumidor impõe novas abordagens, trazendo a preocupação da qualidade gustativa e sanitária do café. A mesma preocupação constitui um nicho de mercado, no qual, através da produção orgânica, agrega-se mais valor econômico ao produto, pelas qualidades adquiridas durante a cadeia produtiva, sendo as informações de qualidade passíveis de rastreamento, dando, assim, maior segurança ao consumidor (Alamsyah et al., 2023).

A satisfação desse nicho de mercado exige o uso de práticas sustentáveis, principalmente no controle de pragas, plantas daninhas e doenças, com redução do uso de produtos fitossanitários sintéticos. Alternativas sustentáveis e de baixo custo, no controle fitossanitário, podem contribuir para a produção e crescimento do mercado de café orgânico.

Na produção convencional de café no Brasil, os problemas fitossanitários, decorrentes de pragas, doenças e plantas daninhas, ainda são manejados com ênfase no controle químico, especialmente inseticidas, cujos alvos são as pragas-chave da cultura, como o bicho-mineiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera: Lynotiidae) e broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera:

Scolytidae), e herbicidas para plantas daninhas que crescem nas entrelinhas das plantas de café.

Dependendo das condições de umidade do solo e da temperatura do ar, as infestações do bicho-mineiro ocasionam excessiva queda de folhas minadas, influenciando negativamente na produtividade do grão (Lomeli-Flores et al., 2010). Estima-se que o prejuízo pode chegar até 70% da produtividade do café (Reis et al., 2002). Fatores bióticos e abióticos naturais reduzem a população do inseto; contudo, quando esses fatores não atuam significativamente, criam-se condições favoráveis para o ataque (Pereira et al., 2007a), o que ocasiona em maior uso de inseticidas e consequente seleção de populações resistentes (Leite et al., 2020). Além do fenômeno da resistência, o uso inadequado dos inseticidas causa desequilíbrios biológicos (Melo et al., 2020; Santos et al., 2023), reduzindo populações de espécimes das Ordens Hymenoptera e Neuroptera, sendo a primeira predominante em registros de literatura (Vargas et al., 2022). Estudos conduzidos na região Neotropical demonstram ocorrer maior incidência e ação de espécies predadoras da família Vespidae (Pereira et al., 2007; Androcioli et al., 2018; Tomazella et al., 2018), e parasitoides das famílias Braconidae e Eulophidae (Lomeli-Flores et al., 2009; Marques et al., 2023).

Diversos parasitoides ocorrem no cafeeiro, sendo sua intensidade e diversidade em função das condições climáticas, manejo do cafeeiro, dentre outros fatores. Em Minas Gerais, as espécies *Orgilus niger* (Penteado-Dias, 1999) (Hymenoptera: Braconidae) e *Stiropius reticulatus* (Penteado-Dias, 1999) (Hymenoptera: Braconidae) são reguladores naturais de populações do bicho-mineiro nos diversos tipos de agroecossistemas cafeeiros, principalmente em sistemas sombreado em transição para orgânico e a pleno sol em transição para orgânico (Marques et al., 2023). Outras espécies de parasitoides, como *Cirrospilus neotropicus* (Diez-Fidalgo, 2003), (Hymenoptera: Eulophidae), *Closterocerus coffeellae* (Ihering, 1914) (Hymenoptera: Eulophidae), *Horismenus aeneicollis* (Ashmead, 1904) (Hymenoptera: Eulophidae), *Neochrysocharis coffeae* (Ihering, 1914) (Hymenoptera: Eulophidae), *Stiropius* sp.1 (Hymenoptera: Eulophidae) e *Stiropius* sp. 2 (Hymenoptera: Eulophidae), foram identificadas nas regiões Oeste e Sudoeste da Bahia (Melo et al., 2007). Ainda na Bahia, Santos et al. (2023) registraram a ocorrência das espécies *Stiropius reticulatus* (Hymenoptera: Braconidae), *Neochrysocharis* sp. 01 (Hymenoptera: Eulophidae), *Neochrysocharis* sp. 02 (Hymenoptera: Eulophidae) e *Zagrammosoma* sp. (Hymenoptera: Eulophidae).

Condições favoráveis à manutenção da entomofauna benéfica estão relacionadas ao clima (Thomson et al., 2010; Alyokhin et al., 2011; Skendžić et al., 2021) e à disponibilidade de alimento e abrigo (Vialatte et al., 2016; González et al., 2022), ou seja, presença de presa e/ou hospedeiro e recursos florais ou extraflorais adequados. Pólen e néctar são recursos florais, fontes de proteínas e energia, sendo que a manipulação de plantas produtoras pode alterar a dinâmica dos insetos em lavouras cafeeiras (Haslett, 1989; Van rijm e Wackers, 2016). Assim, a manipulação correta da cobertura vegetal pode constituir em importante ferramenta para favorecer a manutenção de inimigos naturais em agroecossistema cafeeiro.

Quanto ao manejo de plantas daninhas em cafeeiro, os principais métodos incluem o cultural, o mecânico e o químico. Dentre os mecânicos, constam roçagem, capina manual, gradagem, a trituração e enxada rotativa (Alcântara; Silva, 2010). O método cultural tem sido praticado pelo uso de plantas de sombra (Santos et al., 2014), cobertura morta (Ranaivoson et al., 2018) e por meio de plantas com efeito alelopático (Jabran et al., 2015). No entanto, o método químico, com uso de herbicida via solo e ou em pulverização, é amplamente empregado. Há uma grande preocupação com a molécula glifosato, grandemente empregada na cafeicultura, em fase de proibição na União Europeia (Fabian, 2023). O limite máximo de resíduo (LMR) para essa molécula na União Europeia é de $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$, enquanto, no Brasil e em outros países, é de $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$ (Moraes, 2019), havendo grande possibilidade de detecção de resíduos nos produtos brasileiros, já que aproximadamente 50% da produção brasileira de cafés arábica e 60% de conillon são exportados para o mercado europeu (PLATAFORMA GLOBAL DO CAFÉ, 2023).

É necessário que as ações de manejo de plantas daninhas e de pragas sejam consideradas dentro de um programa geral de manejo da cultura, que possa estar pautado em boas práticas agrícolas para subsidiar sistemas de produção de café sustentáveis. Nesse sentido, é importante considerar que as plantas daninhas constituem parte importante da biodiversidade de agrossistemas cafeeiro, podendo fornecer abrigo, néctar e pólen aos mais diversos herbívoros que ocorrem no cafeeiro, incluindo inimigos naturais das pragas (Arévalo et al., 2021). As plantas daninhas também promovem a proteção do solo contra erosão e servem de substrato alimentar para a fauna do solo (Joly et al., 2020).

Baseando-se no potencial ecológico das plantas daninhas, em relação aos serviços ecossistêmicos, ainda prevalece a questão de se manter ou não as plantas daninhas em lavouras cafeeiras e quais implicações têm sobre atributos biológicos do solo e na

regulação biológica de importantes pragas, como o bicho-mineiro (Pantoja-Gomez et al., 2019). Algumas plantas daninhas favorecem a manutenção de vespas parasitoides do bicho-mineiro (Damon et al., 1999; Calderón-Arroyo et al., 2023). Por outro lado, a remoção da cobertura vegetal pode reduzir a ocorrência de inimigos naturais, através de migração para áreas de maior concentração de recursos de manutenção (Wenda-Piesik; Piesik, 2020). A preservação de plantas daninhas em vinhedo proporcionou maior abundância do parasitoide *Lymaenon litoralis* (Haliday, 1833) (Hymenoptera: Mymaridae) em comparação com o sistema no qual foi aplicado herbicida (Möller et al., 2020). Outro estudo reportou que o parasitismo de mosca-branca pelo parasitoide *Encarsia* spp. (Hymenoptera:Aphelinidae) em algodoeiro foi significativamente influenciado pela cobertura nativa *in locu* ou próxima da área, sendo maior nestes lugares em comparação com áreas com menor cobertura remanescente (Bianchi et al., 2015).

Estudos que visam melhorar o controle biológico do bicho-mineiro, por meio de manipulação do habitat, têm apresentado resultados promissores (Amaral et al., 2010; Androcioli et al., 2018; Rezende et al., 2021; Rosado et al., 2021). Nesse sentido, a manipulação da cobertura vegetal, por meio de plantas floríferas, constitui a principal estratégia de conservação de inimigos. Calderón-Arroyo et al. (2023) verificaram que *Varronia curassavica* (Jacq) (Boraginaceae) e *Senna cernua* (Balb. H.S. Irwin Barneby) (Fabaceae) possuem grande potencial na manutenção de *Proacria coffeae* (Ihering, 1914) (Hymenoptera:Eulophidae), parasitoide do bicho-mineiro.

O controle da cobertura vegetal, mantendo o solo descoberto por longos períodos, pode alterar as suas propriedades físicas, químicas e biológicas (Niemeyer et al., 2012; Karungi et al., 2018; Sofo et al., 2020). A fauna do solo, como propriedade biológica, promove diversos serviços ecossistêmicos, dentre os quais a ciclagem de nutrientes (Carrillo et al., 2011), cujo processo melhora as condições químicas do solo (Hobbie, 1992; Pérez-Izquierdo et al., 2019), podendo levar à redução da aplicação excessiva de fertilizantes sintéticos e diminuição de seu impacto no ambiente (Liu-Liyuan et al., 2021). Por outro lado, o uso de fertilizantes orgânicos e resíduos vegetais melhora de forma sustentável a atividade biológica do solo (Melman et al., 2019).

Vários estudos demonstram que agroecossistemas com diversificação vegetal favorecem a ocorrência de maior número de grupos de organismos da macrofauna edáfica que, por sua vez, melhoram propriedades químicas e físicas do solo (González-Rosado et al., 2022). Esses organismos são fundamentais não só no aumento da produtividade, mas também para restauração da fertilidade natural do solo (Sofo et al., 2020). Um aspecto de

grande importância econômica a se considerar é a relação entre agregados do solo, formados pela macrofauna, e a maior indução do sequestro de carbono orgânico do solo (Xiao et al., 2021).

Por outro lado, a perda de resíduos vegetais pelo manejo inadequado de plantas daninhas, por exemplo, pode limitar a ocorrência de vários grupos de organismos da macrofauna edáfica e, portanto, da atividade biológica do solo (Liu et al., 2016). Em estudo no qual foi analisado os efeitos do consórcio de pinus e cafeeiro, foi constatado maior abundância de morfoespécies da macrofauna edáfica, comparativamente ao sistema de monocultura (Prayogo et al., 2019). Cafeeiro sombreado e manejado organicamente apresentou maior abundância de Oligochaeta, Diplopoda e Blattodea, comparativamente ao cultivo convencional (Suárez et al., 2019). Por outro lado, Marafeli et al. (2019) reportaram que a aplicação de glifosato e oxyfluorfen reduziu significativamente a composição de ácaros edáficos em lavouras cafeeiras.

Pelo exposto, conhecimentos a respeito dos impactos dos métodos de controle de plantas daninhas, nas relações ecológicas de organismos importantes, sob o ponto de vista fitossanitário, podem ser interessantes, quando se busca a sustentabilidade do agroecossistema. Assim, as seguintes hipóteses foram levantadas: (i) a preservação de plantas daninhas (sem controle) reduz a infestação do bicho-mineiro do cafeeiro por proporcionar aumento nas porcentagens de parasitismo; (ii) plantas daninhas em cafeeiro promovem maior diversidade, abundância e riqueza da macrofauna edáfica; (iii) métodos de controle de plantas daninhas alteram atributos químicos do solo; e (iv) atributos químicos do solo alteram a macrofauna edáfica.

Para testar as hipóteses levantadas, foi realizado o presente trabalho com o objetivo de verificar a influência de diferentes métodos de controle de plantas daninhas na infestação e parasitismo natural do bicho-mineiro e na macrofauna edáfica em cafeeiro. Os objetivos específicos do estudo foram: (i) conhecer a comunidade de plantas daninhas da área de estudo; (ii) conhecer a influência dos métodos de controle de plantas daninhas na infestação do cafeeiro pelo bicho-mineiro e no parasitismo natural da praga; (iii) identificar os parasitoides associados ao bicho-mineiro; (iv) conhecer a influência dos métodos de controle de plantas daninhas na macrofauna edáfica. por meio da caracterização da comunidade associada e da biomassa seca de anelídeos; (v) conhecer os efeitos dos métodos de controle de plantas daninhas nos atributos químicos do solo; e (vi) conhecer as relações entre os atributos químicos do solo e a macrofauna edáfica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alamsyah, A.; Widiyanesti, S.; Wulansari, P.; Nurhazizah, E.; Dewi, A.S.; Rahadian, D.; Ramadhani, D.P.; Hakim, M.N.; Tyasamesi, P. Blockchain traceability model in the coffee industry. **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, v.9, n.100008, p.1-9, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100008>

Alcântara, E.N.; Silva, R.A. **Manejo do mato em cafeeiro**. In: Reis, P.R.; Cunha, R.L.(Org). *Café Arábica: do plantio à colheita*. 1ªEd. Lavras: UR. EPAMIG SM, 2010. 896p.

Alyokhin, A.; Drummond, F. A.; Sewell, G.; Storch, R. H. Differential. Effects of Weather and Natural Enemies on Coexisting Aphid Populations. **Environmental Entomology**, v.40, n.3, p. 570–580, 2011. doi:10.1603/en10176

Amaral, D. S.; Venzon, M.; Pallini, A.; Lima, P. C.; De Souza, O. A diversificação da vegetação reduz o ataque do bicho-mineiro-do-cafeeiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae)? **Neotropical Entomology**, v.39, n.4, p.543–548, 2010. doi:10.1590/s1519-566x2010000400012

Androcioli, H.G.; Hoshino, A.T.; Júnior, A.O.M.; Morais, H.; Bianco, R.; Caramori, P.H. Coffee leaf miner incidence and its predation by wasp. **Coffee Science**, v. 13, n. 3, p. 389 -400, 2018.

Araj, S. D.; Shields, M.W.; Wratten, S.D. Weed floral resources and commonly used insectary plants to increase the efficacy of a whitefly parasitoid. **BioControl**, v.64, p.553–561, 2019, <https://doi.org/10.1007/s10526-019-09957-x>

Arevalo, L.; Vasco, G.; Albino-Bohórquez, A.; Morales, J.; Bacca, T. Coffee crop weeds: refuge and food source for pests' natural enemies. **Revista de Ciências Agrícolas**, v.38, n.2, p.36-49, 2021, doi: <https://doi.org/10.22267/rcia.213802.157>

Bianchi, F. J. J. A.; Walters, B. J.; ten Hove, A.L.T.; Cunningham, S.A.; van der Werf, W.; Douma, J.C.; Schellhorn, N.A. Early-season crop colonization by parasitoids is associated with native vegetation, but is spatially and temporally erratic. **Agriculture**,

Ecosystems Environment, v.207, p.10-16, 2015.doi:

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.03.018>

Calderón-Arroyo, C.; Togni, P.H.B.; Pantoja, G.M.; Saenz, A.S.; Venzon, M. Plants for Fitness Enhancement of a Coffee Leaf Miner Parasitoid. **Agriculture**, v.13, n.2, p.1-10, 2023. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture13020244>

Carrillo, Y.; Ball, B. A.; Bradford, M. A.; Jordan, C. F.; Molina, M. Soil fauna alter the effects of litter composition on nitrogen cycling in a mineral soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.43, n.7, p.1440–1449, 2011. doi:10.1016/j.soilbio.2011.03.011

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, Brasília, DF, v. 10, n. 3º terceiro levantamento, setembro 2023.

Damon, A.; Pacheco, H.S.; Mora, J.V.; Santiesteban, A. Effect of *Euphorbia hirta* nectar and its component sugars, upon the survival of bethylid parasitoids of the coffee berry borer. **Southwestern Entomologist**, v.24, n.1, p. 49-59, 1999.

Fabian, M. Coffee Challenges. **Proceedings**, v.89.n.3, p. 1-2, 2023. doi:

<https://doi.org/10.3390/ICC2023-14831>

González, E.; Bianchi, F. J.J.A.; Eckert, P.W.; Pfaff, V.; Weiler, S.; Entling, M.H. Ecological requirements drive the variable responses of wheat pests and natural enemies to the landscape context. **Journal of Applied Ecology**, v.59, n.2, p. 444–456, 2022. doi: 10.1111/1365-2664.14062

Haslett, J. R. Adult feeding by holometabolous insects: pollen and nectar as complementary nutrient sources for *Rhingia campestris* (Diptera: Syrphidae). **Oecologia**, v.81, p. 361–363, 1989. doi:10.1007/bf00377084

Hobbie, S. E. Effects of plant species on nutrient cycling. **Trends in Ecology Evolution**, v.7, n.10, p.336-339, 1992. doi:10.1016/0169-5347(92)90126-v

Jabran, K.; Mahajan, G.; Sardana, V.; Chauhan, B. S. Allelopathy for weed control in agricultural systems. **Crop Protection**, v.72, p.57-65, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.03.004>

Joly, F.X.; Coq, S.; Coulis, M.; David, J.F.; Hättenschwiler, S.; Mueller, C.W.; Subke, J.-A. Detritivore conversion of litter into faeces accelerates organic matter turnover. **Communications Biology**, v.3, n.1, p1-9, 2020. doi: <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01392-4>

Karungi, J.; Cherukut, S.; Ijala, A. R.; Tumuhairwe, J. B.; Bonabana-Wabbi, J.; Nuppenau, E. A.; Otte, A. Elevation and cropping system as drivers of microclimate and abundance of soil macrofauna in coffee farmlands in mountainous ecologies. **Applied Soil Ecology**, p.1-9, 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.08.003>

Lara, R. I. R.; Perioto, N. W.; Freitas, S. Diversidade de hemerobiídeos (Neuroptera) e suas associações com presas em cafeeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n.2, p. 115-123, 2010. doi: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2010000200001>

Leite, S.A.; Santos, M.P.; Costa, D.R.; Moreira, A.A.; Guedes, R.N.C.; Castellani, M.A. Time- concentration interplay in insecticide resistance among populations of the Neotropical coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella*. **Agricultural and Forest Entomology**, v.23, n.2, p.232-241, 2020. doi: <https://doi.org/10.1111/afe.12425>

Liu, T.; Chen, X.; Hu, F.; Ran, W.; Shen, Q.; Li, H.; Whalen, J.K. Carbon-rich organic fertilizers to increase soil biodiversity: Evidence from a meta-analysis of nematode communities. **Agriculture, Ecosystems Environment**, v. 232, p. 199-207, 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.07.015>

Liu-Liyuan.;Zheng,X.;Wei,X.;Kai,Z.; Xu,Y. Excessive application of chemical fertilizer and organophosphorus pesticides induced total phosphorus loss from planting causing surface water eutrophication. **Scientific Reports**, v.11, n. 23015, p.1-8, 2021. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02521-7>

Lomeli-Flores, J. R.; Barrera, J. F.; Bernal, J. S. Impact of natural enemies on coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) population dynamics in Chiapas, Mexico. **Biological Control**, v.51, n.1, p.51–60, 2009. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.03.021>

Lomeli-Flores, J.R.; Barrera, J.F.; Bernal, J.S. Impacts of weather, shade cover and elevation on coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae)

population dynamics and natural enemies. **Crop Protection**, v.29, n.9, p.1039–1048, 2010. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.03.007>

Marafeli, P.P.; Reis, P.R.; Bernardi, L.F. de O.; de Alcântara, E.N.; Martinez, P.A. Effects of weed management on soil mites in coffee plantations in a Neotropical environment. **Neotropical Biology and Conservation**. v.14, n.2, p. 275-289, 2019. doi: <https://doi.org/10.3897/neotropical.14.e38094>

Marques, K.B.S.C.; Fernandes, L.G.; Morais, L.C.; Haddi, K.; Silveira, L.C.P. Diversity of Hymenopteran Parasitoids in Coffee Plantations under Agroecological Transition and Its Impact on Coffee Leaf Miner (*Leucoptera coffeella*) Infestations. **Diversity**, v.15, n.2, p.1-14, 2023. doi: <https://doi.org/10.3390/d15010002>

Martins, E. F.; Franzin, M.L.; Perez, A. L.; Schmidt, J.M.; Venzon, M. Is *Ceraeochrysa cubana* a coffee leaf miner predator? **Biological Control**, v.160, n.104691, p. 1-5, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104691>

Martins-Calebe, C.; Santos, R.S.; Sutil, W.P.; Oliveira, J.F.A.; Melman, D.A.; Kelly, C.; Schneekloth, J.; Calderón, F.; Fonte, S.J. Tillage and residue management drive rapid changes in soil macrofauna communities and soil properties in a semiarid cropping system of Eastern Colorado. **Applied Soil Ecology**, v.143, p.98–106, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.05.022>

Melo, T. L.; Castellani, M.A.; Nascimento, M. D. L. D.; Junior, M.; De Oliveira, A.; Ferreira, G. F. P.; Lemos, O. L. Comunidades de parasitóides de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) em cafeeiros nas regiões Oeste e Sudoeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.966–972, 2007.

Melo, T.L.; Raetano, C.G.; Cardoso, A.D.; Moreira, A.A.; Leite, S.A.; Castellani, M.A. Insecticide application rate in coffee crop: qualitative and quantitative aspects and efficacy of leaf miner control. **Coffee Science**, v.15, p.e151722, 2020. doi: <https://doi.org/10.25186/v15i.1722>

Möller, G.; Keasar, T.; Shapira, I.; Möller, D.; Ferrante, M.; Segoli, M. Effect of Weed Management on the Parasitoid Community in Mediterranean Vineyards. **Biology**, v.10, n.1, p.1-16, 2020. doi: <https://doi.org/10.3390/biology10>

Moraes, R.F. Agrotóxicos no Brasil: **Padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória**. IPEA, Brasília: Rio de Janeiro, 2019, 84p.

Niemeyer, J.C.; Lolata, G.B.; Carvalho, G.M.; de Da Silva, E.M.; Sousa, J.P.; Nogueira, M.A. Microbial indicators of soil health as tools for ecological risk assessment of a metal contaminated site in Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 59, p. 96–105, 2012. doi: [https:// doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.03.019](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.03.019)

Pantoja-Gomez, L.M.; Corrêa, A.S.; de Oliveira, L.O.; Guedes, R.N.C. Common Origin of Brazilian and Colombian Populations of the Neotropical Coffee Leaf Miner, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Journal of Economic Entomology**, p.1-8, 2019. doi: [https:// doi.org/10.1093/jee/toy416](https://doi.org/10.1093/jee/toy416)

Pereira, E.J.G.; Picanço, M.C.; Bacci, L.; Crespo, A.L.B.; Guedes, R.N.C. Seasonal mortality factors of the coffee leafminer, *Leucoptera coffeella*. **Bulletin of Entomological Research**, v.97, n.4, p.1-12, 2007a. doi: <https://doi.org/10.1017/s0007485307005202>

Pérez- Izquierdo, L.; Zabal -Aguirre, M.; González -Martínez, S.C.; Buée, M.; Verdú, M.; Rincón, A.; Goberna, M. Plant intraspecific variation modulates nutrient cycling through its belowground rhizospheric microbiome. **Journal of Ecology**, v.107, p.1594–1605, 2019. doi: [https:// doi.org/10.1111/1365-2745.13202](https://doi.org/10.1111/1365-2745.13202)

Plataforma Global de Café. 2023. <https://www.plataformaglobaldocafe.com.br/>

Prayogo, C.; Sholehuddin, N.; Putra, E.Z.H.S.; Rachmawati, R. Soil macrofauna diversity and structure under different management of pine-coffee agroforestry system. **Journal of Ddegraded and Mining Lands Management**, v. 6, n.3, p.2502-2458, 2019. doi: [https://doi.org/ 10.15243/jdmlm.2019.063.1727](https://doi.org/10.15243/jdmlm.2019.063.1727)

Ranaivoson, L.; Naudin, K.; Ripoche, A.; Rabeharisoa, L.; Corbeels, M. Is mulching an efficient way to control weeds? Effects of type and amount of crop residue in rainfed rice based cropping systems in Madagascar. **Field Crops Research**, v.217, p.20–31, 2018. doi: [https://doi.org/ 10.1016/j.fcr.2017.11.027](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.11.027)

Rezende, M.Q.; Venzon, M.; dos Santos, P.S.; Cardoso, I.M.; Janssen, A. Extrafloral nectary-bearing leguminous trees enhance pest control and increase fruit weight in

associated coffee plants. **Agriculture, Ecosystems Environment**, v. 319, n.107538, p.1-8, 2021. doi: [https://doi.org/ 10.1016/j.agee.2021.107538](https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107538)

Rosado, M. da C.; Araújo, G.J. de.; Pallini, A.; Venzon, M. Cover crop intercropping increases biological control in coffee crops. **Biological Control**, v. 160, p.1-10, 2021. doi: [https://doi.org/ 10.1016/j.biocontrol.2021.104675](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104675)

Santos, J.C.F.; da Cunha, A.J.; de Melo, B.M. Soil Cover and Weed Control on Coffee Intercropping Perennial Legume. **International Journal of Applied Science and Technology**, v.4, n. 4, p. 149-158, 2014.

Santos, M.P.dos.; Neto, B.de M.S.; Cardoso, A.C.P.; Santos, I.; Coelho, B.S.; Leite, S.A.; Daniell, F.R.R.; Carvalho, G.A.; Castellani, M.A. Natural parasitism of the coffee leaf miner: climate factors, insecticide, and landscape affecting parasitoid diversity and their ecosystem services in coffee agroecosystems. **Bulletin of Entomological Research**, 1–15, 2023. doi: [https://doi.org/ 10.1017/S0007485323000482](https://doi.org/10.1017/S0007485323000482)

Skendžić, S.; Zovko, M.; Živković, I.P.; Lešić, V.; Lemić, D. The impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. **Insects**, v.12, n.5, p.1-31, 2021. doi: [https://doi.org/ 10.3390/insects12050440](https://doi.org/10.3390/insects12050440)

Sofo, A.; Mininni, A.N.; Ricciuti, P. Soil Macrofauna: A key Factor for Increasing Soil Fertility and Promoting Sustainable Soil Use in Fruit Orchard Agrosystems. **Agronomy**, v.10,n.4, p.1-20, 2020. doi: [https://doi.org/ 10.3390/agronomy10040456](https://doi.org/10.3390/agronomy10040456)

Souza, J.C.; Reis, P.R.; Rigitano, R.L. **O bicho mineiro do cafeeiro: Biologia, danos e manejo integrado**. EPAMIG, 1998. 48 p. (Boletim Técnico N° 54).

Suárez, L.R.; Pinto, S.P.C.; Salazar, J.C.S. Soil Macrofauna and Edaphic Properties in Coffee Production Systems in Southern Colombia. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n.3, p.1-8, 2019. doi: [https://doi.org/ 10.1590/2179-8087.033418](https://doi.org/10.1590/2179-8087.033418)

Thomson, L. J.; Macfadyen, S.; Hoffmann, A. A. Predicting the effects of climate change on natural enemies of agricultural pests. **Biological Control**, v.52, n.3, p.296 - 306, 2010. doi: [https://doi.org/ 10.1016/j.biocontrol.2009.01.022](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.01.022)

Tomazella, V. B.; Jacques, G. C.; Lira, A. C.; Silveira, L. C. P. Visitation of social wasps in arabica coffee crop (*Coffea arabica* L.) Intercropped with Different Tree Species. **Sociobiology**, v.65, n.2. p.299-301, 2018.
doi:<https://doi.org/10.13102/sociobiology.v65i2.1397>

USDA. United States Department of Agriculture. Coffee: World Markets and Trade, p.1-9, 2023. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/coffee.pdf>

Van Rijn, P. C. J.; Wäckers, F. L. Nectar accessibility determines fitness, flower choice and abundance of hoverflies that provide natural pest control. **Journal of Applied Ecology**, v.53, n.3, p. 925–933, 2016. doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12605>

Vargas, G.; Rivera-Pedroza, L. F.; García, L. F.; Jahnke, S. M. Conservation Biological Control as an Important Tool in the Neotropical Region. **Neotropical Entomology**, v.52, n.2, p.134-151, 2023. doi: [10.1007/s13744-022-01005-1](https://doi.org/10.1007/s13744-022-01005-1).

Venzon, M.; Rosado, M.C.; Euzébio, D.E.; Souza, B.; Schoereder, J.H. Suitability of leguminous cover crop pollens as food source for the green lacewing *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). **Neotropical Entomology**, v.35, n.3, p. 371–376, 2006. doi: <https://doi.org/10.1590/s1519-566x2006000300012>

Vialatte, A.; Tsafack, N.; Hassan, D.A.; Dufлот, R., Plantegenest, M.; Ouin, A.; Villenave-Chasset, J.; Ernoult, A. Landscape potential for pollen provisioning for beneficial insects favours biological control in crop fields. **Landscape Ecology**, v.32, n.3, p.465–480, 2016. doi: <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0481-8>

Wenda-Piesik, A.; Piesik, D. Diversity of Species and the Occurrence and Development of a Specialized Pest Population-A Review Article. **Agriculture**, v. 11, n.1, p.1-16, 2020. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture11010016>

Xiao, L.; Zhang, W.; Hu, P.; Xiao, D.; Yang, R.; Ye, Y.; Wang, K. The formation of large macroaggregates induces soil organic carbon sequestration in short-term cropland restoration in a typical karst area. **Science of The Total Environment**, v.801, n.1, p.1-12, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149588>

Periódico científico: *Crop protection*

ARTIGO I

Controle de plantas daninhas no cafeeiro: efeitos na infestação do bicho-mineiro e no seu parasitismo natural*

* Situação: não submetido

1 *Crop protection*

2 *Original Research Paper*

3

4

5

6

7

8

9 **Controle de plantas daninhas no cafeeiro: efeitos na infestação do**
10 **bicho-mineiro e no seu parasitismo natural**

11

12 Óscar Baptista Nipato^a, Maria Aparecida Castellani^a, Aldenise Alves Moreira^a

13

14 ^a*Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da*
15 *Bahia, Vitória da Conquista, BA, 45.083-300, Brasil.*

16

17 Autor Correspondente:

18 Óscar Baptista Nipato

19 Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia)

20 Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Vitória da Conquista, BA, 45083-
21 300, Brasil

22 Phone: +258840527267

23 E-mail: obnipato@gmail.com

24

26 Plantas daninhas são controladas para se evitar sua interferência na produção. Roçagem,
27 aplicação de herbicida, gradagem e capina manual são métodos comuns de controle de
28 plantas daninhas. Essa prática reduz a biodiversidade vegetal, o que pode influenciar a
29 oferta de serviços ecossistêmicos, como a polinização e o controle biológico de pragas.
30 Este estudo avaliou a influência do controle dessas plantas na infestação do cafeeiro por
31 *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) e no seu
32 parasitismo. O estudo foi desenvolvido na Barra do Choça, BA, Brasil, no período de
33 julho/22 a agosto/23. O experimento constou de seis tratamentos e quatro repetições. Os
34 tratamentos foram: (i) sem controle de plantas daninhas, (ii) roçagem tratorizada, (iii)
35 gradagem, (iv) aplicação de herbicida, (v) capina manual sem remoção da biomassa
36 vegetal de plantas daninhas, e (vi) capina manual e remoção da biomassa vegetal de
37 plantas daninhas. Realizou-se uma amostragem das plantas daninhas antes da
38 implementação dos tratamentos. Amostragens foram feitas mensalmente, coletando-se 60
39 folhas.parcela⁻¹, de forma aleatória, e dez folhas com minas íntegras.parcela⁻¹, para avaliar
40 a infestação e parasitismo. A composição das plantas daninhas não diferiu entre as
41 parcelas,, sendo as espécies *Ambrosia psilostachya* DC., *Cynodon dactylon* L., *Digitaria*
42 *insularis* L. e *Ageratum conyzoides* L. as mais frequentes. A porcentagem de folhas
43 minadas e a densidade de minas foram menores na gradagem em relação à capina manual
44 com e sem remoção da biomassa vegetal, respectivamente. A porcentagem de parasitismo
45 II foi maior na capina manual e remoção de biomassa vegetal em relação à gradagem na
46 fase de maturação dos frutos. Parasitoides da família Eulophidae foram mais abundantes
47 do que braconídeos. Estes resultados enfatizam para a não aplicação de herbicida na fase
48 de repouso e senescência dos ramos, e não utilização da gradagem na fase de maturação
49 dos frutos do cafeeiro. Os demais tratamentos não interferiram na infestação e
50 parasitismo, podendo ser usados de forma alternada na lavoura para evitar compactação
51 do solo. É necessário a continuidade e ampliação de estudos que avaliem a influência de
52 outras coberturas vegetais sobre a infestação do bicho-mineiro e seu parasitismo, bem
53 como seus impactos econômicos em lavouras cafeeiras.

54

55

56 **Palavras-chave:** *Coffea arabica*, Capina, Gradagem, Herbicida, *Leucoptera coffeella*.

57

58

59 1. INTRODUÇÃO

60 Assim como o cafeeiro (*Coffea* sp.), plantas daninhas necessitam de água, sais
61 minerais e luz para o crescimento e desenvolvimento. Em condições de baixa umidade do
62 solo, o efeito do stresse hídrico, no cafeeiro, aumenta com a presença de plantas daninhas,
63 o que pode ocasionar perdas que superam 50% do rendimento do cafeeiro (Abouziena e
64 Haggag, 2016). Em decorrência desses efeitos na produção, o controle das plantas
65 daninhas é frequente nos cafezais e envolve o uso de métodos mecânicos, culturais e
66 químicos.

67 No entanto, artrópodes fitófagos, predadores e parasitoides estão ecologicamente
68 relacionados com plantas cultivadas e não cultivadas (Rollin et al., 2016; Castro et al.,
69 2017; Cloyd, 2020). Conhecer os fatores que interferem nas relações tróficas contribui
70 para o aperfeiçoamento do manejo integrado de pragas. Dentre as várias relações de
71 insetos com o cafeeiro em condições brasileiras, a do bicho mineiro destaca-se como uma
72 das mais danosas (Pereira et al., 2007; Lomelí-Flores et al., 2010; Pantoja-Gomez et al.,
73 2019). Lagartas do bicho-mineiro podem, indiretamente, causar perdas superiores a 50%
74 de produtividade (Reis et al., 2002).

75 O controle do bicho-mineiro tem sido feito basicamente com aplicação de
76 inseticidas, no entanto, este método tem causado a seleção de populações resistentes
77 (Leite et al., 2020; Rocha et al., 2022). O incremento do controle biológico natural em
78 lavoura cafeeira contribui para a redução do uso abusivo de inseticidas e,
79 conseqüentemente, para a redução da pressão de seleção de populações dessa praga.

80 As condições climáticas e a disponibilidade de alimentos influenciam os serviços
81 ecossistêmicos prestados por insetos inimigos naturais (Bale et al., 2002; Cornelissen,
82 2011; Chidawanyika et al., 2012; Lehmann et al., 2020; Staab e Schuldt, 2020). A
83 disponibilidade e diversidade de recursos florais e de abrigo constituem importantes

84 fatores de manutenção de inimigos naturais nas áreas de produção (Tooker e Frank, 2012;
85 Dainese et al., 2017; He et al., 2020).

86 Agroecossistemas com pouca oferta de pólen e néctar tendem a apresentar menor
87 abundância de inimigos naturais (Altieri et al., 1984; Balzan et al., 2015; González et al.,
88 2020). Em cafeeiro, foi constatado aumento de artrópodes e pássaros com a diversificação
89 da cobertura vegetal, possibilitando redução da herbivoria (Perfecto et al., 1996; De la
90 Mora et al., 2008; Borkhataria et al., 2012). A combinação de fontes de alimentos ricos
91 em proteína (pólen) e energia (néctar) favoreceu o desempenho reprodutivo de crisopídeo,
92 um inseto predador, também associado ao controle do bicho-mineiro do cafeeiro (Venzon
93 et al., 2006). Todavia, a redução da cobertura vegetal reduz a oferta de pólen e néctar, o
94 que reduz a biodiversidade faunística (Albrecht, 2003; Haddad et al., 2015; Tolessa et al.,
95 2017; Winter et al., 2018) e a sustentabilidade ecológica do sistema de produção (Brooker
96 et al., 2021). As plantas daninhas, como um dos componentes da biodiversidade,
97 promovem importante função ecológica, como atração e retenção de parasitoides que
98 contribuem com a regulação da densidade populacional de pragas.

99 Alguns estudos demonstram a importância das plantas daninhas na presença de
100 inimigos naturais em áreas cultivadas, a exemplo da maior abundância de *Lymaenon*
101 *litoralis* (Haliday, 1833) (Hymenoptera: Mymaridae), em áreas de vinhedo com
102 conservação de plantas daninhas em relação a áreas com aplicação de herbicida (Möller
103 et al., 2020). O desempenho reprodutivo (oviposição, longevidade e fecundidade) de
104 *Eretmocerus mundus* (Mercet, 1931) (Hymenoptera: Aphelinidae), parasitoide de
105 *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae), foi significativamente
106 maior, quando fornecido recurso floral de duas espécies de plantas daninhas, *Capsella*
107 *bursa-pastori* (L.) Medik (Brassicaceae) e *Diplotaxis eruroides* (L.) DC (Brassicaceae),
108 comparativamente ao controle (Araj et al., 2019). Porcentagens de parasitismo de

109 *Mamestra brassicae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Noctuidae) por *Microplitis mediator*
110 (Haliday, 1834) (Hymenoptera: Braconidae) foram significativamente maiores com a
111 presença das espécies *Fagopyrum esculentum* (Moench) (Polygonaceae) *Centaurea*
112 *cyanus* (L.) (Asteraceae) e *Vicia sativa* (L.) (Fabaceae) (Géneau et al., 2012). As plantas
113 daninhas promovem refúgio e alimento para inimigos naturais de pragas em cafeeiro
114 (Arevalo et al., 2021). Ainda em cafeeiro, Calderón-Arroyo et al. (2023) reportaram que
115 *Varronia curassavica* (Jacq) (Boraginaceae) e *Senna cernua* (Balb. H.S. Irwin Barneby)
116 (Fabaceae) possuem grande potencial trófico no aumento do desempenho biológico de
117 *Proacrias coffeae* (Ihering, 1914)(Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide do bicho-
118 mineiro. Por outro lado, o efeito do uso de plantas floríferas nem sempre incrementa o
119 controle biológico (Cloyd, 2020). Vários fatores podem interferir no uso de recursos
120 florais das plantas pelos inimigos naturais, sendo alguns deles relativos às características
121 morfológicas das flores (Sivinski et al., 2011) e ao equilíbrio entre plantas produtoras de
122 pólen e néctar (Venzon et al., 2006).

123 No entanto, para o incremento da eficiência do controle biológico conservativo de
124 pragas por parasitismo e predação, a manipulação da cobertura vegetal constitui um dos
125 principais requisitos. A influência de plantas daninhas, como fator regulador de pragas
126 em cafeeiro, tem sido pouco estudada. Assim, foi hipotetizado que a permanência de
127 plantas daninhas, nas entrelinhas do cafeeiro, reduz a infestação do bicho-mineiro em
128 função do aumento do seu parasitismo natural. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito
129 de métodos de controle de plantas daninhas na infestação e parasitismo do bicho-mineiro
130 em cafeeiro.

131 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

132

133 2.1. Área de estudo

134

135 O estudo foi realizado em lavoura cafeeira (*Coffea arabica* L.), da cultivar Catuaí,
136 localizada na Fazenda Primavera (14° 50' 38.6"S, 40°31' 18.6"W, altitude de 863 m),
137 município de Barra do Choça, Bahia, Brasil, no período de julho de 2022 a agosto de
138 2023. Barra do Choça possui clima tropical de altitude (Cwb) (SEI, 2014), com
139 temperatura média anual de 19,9°C e precipitação pluviométrica média anual de 900 mm
140 (Conceição et al., 2016).

141 O cafezal foi estabelecido na década de 1970, com espaçamento de 3 m entrelinhas
142 e 1 m na linha, sendo sistematicamente podado. Na propriedade, os principais métodos
143 de controle de plantas daninhas têm sido roçagem mecânica e aplicação de herbicidas
144 pós-emergentes. Durante o tempo de condução do experimento, não foram aplicados
145 inseticidas na área experimental.

146 O experimento foi delineado em blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro
147 repetições, com distância entre blocos de 50 m. Cada parcela continha sete linhas de
148 cultivo, com 10 m de comprimento, sendo as três linhas centrais consideradas úteis para
149 realização das amostragens, totalizando uma área aproximada de 200 m², equidistantes
150 20 m (Figura 1).

151 Os tratamentos empregados foram: (1) SC- sem controle de plantas daninhas; (2)
152 RC- roçagem tratorizada; (3) GDR- gradagem tratorizada; (4) HRCD- aplicação de
153 herbicida pós-emergente; (5) CMPD- capina manual sem remoção da biomassa vegetal;
154 e (6) CMSPD- capina manual e remoção da biomassa vegetal (Tabela 1). Durante todo o
155 período experimental, o tratamento com herbicida glifosato (4 L.ha⁻¹) foi aplicado três
156 vezes e os demais seis vezes, adotando-se como critério a altura das plantas daninhas, de
157 15 a 20 cm para realizar o controle. Nas áreas entre blocos e parcelas, o controle das
158 plantas daninhas foi feito com roçagem tratorizada.

159

160 2.2. Caracterização da comunidade de plantas daninhas
161

162 Antes da aplicação dos tratamentos, foi avaliada a comunidade de plantas
163 daninhas na área experimental, para fins de caracterização da estrutura de suas
164 comunidades na área experimental. As amostras foram extraídas com base no quadrado
165 vazado $0,5\text{ m} \times 0,5\text{ m}$ ($0,25\text{ m}^2$), com três lançamentos, um em cada linha útil ($n=3$) por
166 parcela. Plantas daninhas presentes na área do quadrado foram cortadas rentes ao solo e
167 conduzidas ao laboratório para identificação em nível de espécie, com a colaboração do
168 Dr. Maurício Robério Silva Soares e com base em trabalhos de Lorenzi (2000) e Lorenzi
169 (2014). Foi realizada análise faunística das comunidades de plantas, determinando-se a
170 abundância e riqueza, por meio do método de Pielou (1969); e a diversidade, segundo
171 Shannon (1948).

172 2.3. Amostragem do bicho-mineiro e seus parasitoides
173

174 Durante o período experimental, foram realizadas 13 amostragens, em intervalos
175 mensais, sendo a primeira efetuada em julho/2022, antes da aplicação dos tratamentos e
176 denominada amostragem prévia, para fins de caracterização dos níveis de infestação e
177 parasitismo na área experimental, antes de se iniciar a condução do experimento. O
178 período de amostragem englobou as seguintes fases do ciclo do cafeeiro: 1) florada
179 (setembro a dezembro); 2) granação dos frutos (janeiro a março/2023); 3) maturação dos
180 frutos (abril a junho); e 4) repouso e senescência dos ramos (julho a agosto) (Camargo e
181 Camargo, 2001), sendo consideradas para efeitos dos procedimentos estatísticos.

182 Foram coletadas, aleatoriamente, duas folhas do 3^o ou 4^o par do ramo frutífero, no
183 terço médio de trinta plantas por parcela ($n= 60$ folhas), para determinação da infestação
184 e parasitismo. As folhas foram acondicionadas em sacos de papel (Kraft) e levadas ao
185 laboratório para observação em microscópio estereoscópico bilocular (LABOMED,

186 CZM6, Labo América Inc., Califórnia, USA), quantificando-se folhas com minas, minas
187 por folha, folhas com minas ativas (com lagartas vivas), lagartas vivas e minas parasitadas
188 (aquelas com presença de larva, pupa ou exúvia de parasitoide).

189 Adicionalmente às amostragens descritas anteriormente, no período de maio a
190 agosto de 2023, foram coletadas 10 folhas com minas íntegras (sem orifícios de saída de
191 parasitoide e/ou do bicho-mineiro e de sinais de predação), com o intuito de
192 complementar a avaliação do parasitismo do bicho-mineiro (Rezende et al., 2021). As
193 folhas foram colocadas em recipientes plásticos descartáveis (200 mL de capacidade),
194 contendo algodão umedecido com água destilada para prolongar a turgidez das folhas
195 (Pereira et al., 2007b), envolvidas em plástico transparente (5 L de capacidade) e
196 acondicionados em ambiente a 25 ± 2 °C e 70 ± 5 % até a emergência de insetos. Os adultos
197 do bicho-mineiro e dos parasitoides emergidos foram contados, sendo os parasitoides
198 fixados em álcool 92,8%, para posterior identificação.

199 2.4. Infestação do bicho-mineiro

200

201 Com os dados relacionados à infestação, obtidos conforme descrição no subitem
202 2.2, foram determinadas as seguintes variáveis: porcentagem de folhas minadas (razão
203 entre número de folhas minadas e folhas coletadas), porcentagem de infestação (razão
204 entre o número de folhas com minas ativas e número de folhas minadas) (Melo et al.,
205 2020), densidades de minas.folha⁻¹ e de lagartas.folha⁻¹ e porcentagem de minas ativas
206 (razão entre minas ativas e total de minas).

207 2.5. Parasitismo natural do bicho-mineiro

208 Os dados relacionados às minas contendo exúvia, larvas e/ou pupas de
209 parasitoides, obtidos conforme subitem 2.2, foram utilizados para calcular a porcentagem

210 de Parasitismo, denominada neste trabalho de Porcentagem de Parasitismo I, a partir da
211 razão entre o total de minas parasitadas e total de minas intactas (Melo et al., 2020). Os
212 dados obtidos das minas íntegras também foram utilizados para calcular a porcentagem
213 de parasitismo, dividindo-se o número de parasitoides emergidos e o total de insetos
214 emergidos (bicho-mineiro e parasitoides), denominada de Porcentagem de Parasitismo II
215 (Rosado et al., 2021).

216 2.6. Análise estatística

217
218 Modelos lineares generalizados (GLM), com erro de distribuição poisson (ligação
219 log) e Gamma (ligação log), foram usados para analisar a abundância, riqueza e
220 diversidade de plantas daninhas na área, antes de aplicação dos tratamentos.

221 As variáveis de infestação e parasitismo foram analisadas considerando-se o
222 período total de amostragem (setembro/22 a agosto/23) e, também, os estádios
223 fenológicos do cafeeiro. As variáveis de infestação e parasitismo da amostragem prévia
224 foram analisadas com modelo de regressão beta (Cribari-Neto e Zeileis, 2010; Douma e
225 Weedon, 2019).

226 Iniciada a aplicação dos tratamentos, as variáveis de infestação e parasitismo do
227 bicho-mineiro foram obtidas ao longo do tempo e, para verificar a autocorrelação
228 temporal dos dados, foi utilizado o modelo aditivo generalizado (GAM) (Drexler e
229 Ainsworth, 2013) do pacote mgcv (Wood, 2023). Foi feita a transformação $\left(\frac{x}{2}\right) + 0,01$
230 para incluir os valores no intervalo de 0 e 1 e sem inflacionar. Usou-se a equação $2Y-0,02$
231 para transformação reversa, sendo Y a estimativa da média. Com valores em
232 porcentagem, no intervalo de 0 e 1, foi usado o modelo GAM, com erro de distribuição
233 beta (ligação logit), para analisar esses dados. Foram considerados os métodos de controle

234 de plantas daninhas, como fator de efeito fixo; e tempo de amostragem, como fator de
235 suavização.

236 Densidades de minas e de lagartas por folha foram transformadas em $\sqrt{x + 0,5}$.
237 Depois da transformação, usou-se o erro de distribuição gaussian (ligação identidade). A
238 significância do fator fixo e aleatório foi verificada com a função ANOVA do R (R Core
239 Team, 2023). Efeitos médios estimados foram comparados ($p < 0,05$) com pacote
240 emmeans (Lenth, 2016). Todos os procedimentos foram realizados utilizando-se o
241 Programa R (R Core Team, 2023).

242 3. RESULTADOS

243 3.1. Composição de plantas daninhas

244 Um total de 11 espécies de plantas daninhas foram registradas, distribuídas em
245 seis famílias, Asteraceae (52,95 %), Poaceae (43,00 %), Brassicaceae (0,29 %),
246 Commelinaceae (2,17 %), Oxalidaceae (0,92 %) e Convolvulaceae (0,68 %) (Tabela 2).
247 As espécies mais frequentes foram *Ambrosia psilostachya* (DC.) (47,43 %) (Asteraceae
248), *Cynodon dactylon* (L.) (26,76 %) (Poaceae), *Digitaria insulares* (L.) (16,23 %)
249 (Poaceae) e *Ageratum conyzoides* (L.) (3,28%) (Asteraceae). A análise faunística indicou
250 que a estrutura das comunidades de plantas daninhas foi a mesma entre os tratamentos,
251 não ocorrendo diferenças significativas para abundância ($F = 1,41$; $gl = 5$; $p = 0,276$),
252 riqueza ($F = 0,79$; $gl = 5$; $p = 0,570$) e diversidade ($F = 0,75$; $gl = 5$; $p = 0,594$) (Tabela 2).

253

254 3.2. Porcentagens prévias de infestação e parasitismo do bicho-mineiro

255

256 As médias estimadas de infestação e parasitismo do bicho-mineiro estão
257 apresentadas na Tabela 3. A porcentagem de folhas minadas variou de 36,0 a 52,7 % e

258 não foram detectadas diferenças entre os tratamentos ($X^2= 4,47$; $gl=5$; $p =0,484$),
259 ocorrendo o mesmo para porcentagem de infestação ($X^2=1,75$; $gl= 5$; $p=0,883$), que
260 variou de 50,58 a 75,58 %; e para Porcentagem de parasitismo I ($X^2 =2,22$; $gl= 5$;
261 $p=0,817$), com variação de 14,72 a 23,4 %.

262 3.3. Infestação do bicho-mineiro

263 Um total de 17,280 folhas foram coletadas, obtendo-se 4,296 folhas minadas, 5.625
264 minas, 778 minas ativas, 663 folhas com lagartas vivas e 1.165 lagartas vivas.

265 Considerando a análise de todo o período experimental, a porcentagem de folhas
266 minadas diferiu entre métodos de controle de plantas daninhas (GAM, $X^2 = 13,64$; $gl=5$;
267 $p = 0,018$; Figura 2A). Maior porcentagem de folhas minadas foi registrada com a capina
268 manual e remoção da biomassa vegetal, em relação à gradagem, e ambos os métodos de
269 controle não diferiram dos demais (GAM, $p>0,05$; Tabela 4). A porcentagem de
270 infestação não diferiu entre os métodos de controle de plantas daninhas (GAM, $X^2 = 7,17$;
271 $gl= 5$; $p = 0,208$; Figura 3.A).

272 Houve efeito dos métodos de controle de plantas daninhas na densidade de
273 minas.folha⁻¹ (GAM, $F= 2,29$; $gl =5$; $p=0,0457$; Figura 4A), com menor média no
274 tratamento com gradagem, diferindo-se do controle com capina manual sem remoção da
275 biomassa vegetal ($p <0,05$) (Tabela 4) e ambos não diferiram dos demais métodos (Tabela
276 3). A densidade de lagartas.folhas⁻¹ não diferiu entre os métodos de controle de plantas
277 daninhas (GAM, $F=0,793$; $gl =5$; $p=0,555$; Figura 5A). Os tratamentos também não
278 influenciaram na porcentagem de minas ativas (GAM, $X^2 = 5,58$; $gl = 5$; $p =0,349$; Figura
279 6A).

280 Todas as variáveis estudadas, porcentagem de folhas minadas (GAM, $X^2 = 353,8$; gl
281 estimado = 7,43; $p <0,001$, Figura 2B), porcentagem de infestação (GAM, $X^2 = 229,4$; gl
282 esti. = 5,97; $p <0,001$; Figura 3B), densidade de minas.folha⁻¹ (GAM, $F=6,84$; gl esti.

283 =5,29; $p < 0,001$; Figura 4B), densidade de lagatas.folha⁻¹ (GAM, $F=26,25$; gl esti. =5,03;
284 $p < 0,001$; Figura 5B) e porcentagem de minas ativas (GAM, $X^2 = 222,2$; gl esti. = 5,91; p
285 $< 0,001$; Figura 6B), variaram significativamente ao longo do tempo. A porcentagem de
286 folhas minadas atingiu ponto máximo nos meses de fevereiro e março, variando, em
287 média, de 42,4 a 56,0 %; enquanto a porcentagem de infestação variou, em média, de
288 31,58 a 38,38 %, com o pico nos meses de novembro, dezembro e janeiro. Foram
289 constatados picos na densidade de minas.folha⁻¹ nos meses de setembro, outubro e
290 fevereiro. A densidade média de minas.folha⁻¹ variou de 1,31 a 1,38, constatando-se
291 pontos máximos na densidade de lagatas.folha⁻¹ nos meses de janeiro e fevereiro. A
292 densidade de lagatas.folha⁻¹ apresentou variação média de 1,30 a 1,40. A porcentagem de
293 minas ativas variou de 13,24 a 17,28 %, com o pico nos meses de novembro, dezembro e
294 janeiro.

295 Considerando os estádios fenológicos do cafeeiro, a significância das variáveis
296 relacionadas à infestação e parasitismo estão apresentadas na Tabela 5. A porcentagem
297 de folhas minadas diferiu entre os métodos de controle, na fase de repouso e senescência
298 dos ramos ($p < 0,05$). Menores porcentagens de folhas minadas foram verificadas com a
299 gradagem e tratamento com preservação de plantas daninhas. Aplicação de herbicida
300 glifosato promoveu maior porcentagem de folhas minadas, diferindo-se somente dos
301 tratamentos com preservação de plantas daninhas e gradagem (Tabela 6).

302 A densidade de minas.folha⁻¹ foi diferente entre métodos de controle de plantas
303 daninhas, também na fase de repouso e senescência dos ramos ($p < 0,05$). Controle de
304 plantas daninhas com a gradagem promoveu baixa densidade de minas.folha⁻¹, que não
305 se diferiu do tratamento sem controle de plantas daninhas (Tabela 6).

306

307 3.4. Parasitismo do bicho- mineiro

308

309 Considerando todo o período experimental, foi registrado um total de 5.625 minas,
310 dentre as quais 8,27 % estavam parasitadas. Dos 140 parasitoides emergidos das minas,
311 96,43 % e 3,57 % foram das famílias Eulophidae e Braconidae.

312 A porcentagem de parasitismo I não diferiu entre os métodos de controle de plantas
313 daninhas (GAM, $X^2 = 6,11$; gl = 5; p =0,296;Figura 7A); o mesmo ocorrendo com a
314 porcentagem de parasitismo II (GAM, $X^2 = 6,99$; gl=5; p =0,221; Figura 8A). A
315 porcentagem de parasitismo I apresentou padrão temporal (GAM, $X^2 = 13,69$; gl
316 estimado=3,13; p =0,009; Figura 7B), o que não se verificou para a porcentagem de
317 parasitismo II (GAM, $X^2 = 6,99$; gl=1,60; p =0,062; Figura 8B). Em outubro, novembro
318 e abril, foram verificados picos de parasitismo I, com variação de 15,56 a 21,70 %.

319 A porcentagem de parasitismo II diferiu entre os métodos de controle de plantas
320 daninhas, apenas na fase de maturação (p <0.05) (Tabela 6), e a maior média foi
321 observada no controle de plantas daninhas com a capina manual e a remoção da biomassa
322 vegetal (Tabela 6). A capina manual e a remoção da biomassa vegetal somente se
323 diferiram da gradagem (p <0,05).

324 **4. DISCUSSÃO**

325 O sucesso dos métodos de controle de plantas daninhas depende, dentre outros
326 fatores, da estrutura de suas comunidades na área cultivada, especialmente quanto às
327 espécies relacionadas e respectivas abundâncias, riqueza e diversidade. No presente
328 estudo, a composição das plantas daninhas, nas entrelinhas do cafezal, apresentou-se
329 homogênea na área experimental, englobando 11 espécies, distribuídas em cinco famílias,
330 destacando-se cinco espécies como mais representativas (Tabela 2). O número de
331 espécies foi menor em relação aquele obtido em cafeeiro, localizado em Vitória da
332 Conquista, também a pleno sol (Silva et al., 2006).

333 De modo geral, o controle de plantas daninhas no cafeeiro influenciou a infestação
334 pelo bicho-mineiro e o parasitismo natural dessa praga apenas no período de repouso e
335 senescência das folhas do cafeeiro. Com base na porcentagem de folhas minadas e
336 densidade de minas, apenas gradagem e capina manual e remoção da biomassa vegetal se
337 destacaram como métodos mais desfavoráveis e mais favoráveis à infestação, e ambos se
338 igualaram aos demais tratamentos. A porcentagem de minas ativas, um indicador
339 importante da infestação pelo bicho-mineiro, não foi reduzida pelos métodos de controle,
340 o mesmo ocorrendo para as porcentagens de parasitismo.

341 Na fase de repouso e senescência das folhas, a porcentagem de folhas minadas foi
342 significativamente reduzida pela gradagem (Tabela 6), indicando que o uso de herbicida
343 pode ser descartado nesse estágio fenológico do cafeeiro. Outro aspecto a se considerar é
344 que as variações significativas na porcentagem de folhas minadas e densidade de minas
345 não foram consequências do aumento das porcentagens de parasitismo I.

346 Por outro lado, encontrou-se maior porcentagem de parasitismo II (estimada a
347 partir de minas íntegras nos estádios de maturação e repouso) na fase de maturação dos
348 grãos, com a capina manual e remoção da biomassa vegetal de plantas daninhas g,
349 atingindo 73,64 %. O parasitismo II, observado no método com a capina manual e
350 remoção da biomassa vegetal, foi de 45,08 % maior que o tratamento com preservação
351 de plantas daninhas e 38,34 % em relação à roçagem (Tabela 6). Esse resultado demonstra
352 que nem sempre a cobertura vegetal nas entrelinhas do cafeeiro proporciona benefícios
353 sob o ponto de vista de regulação populacional de pragas, apesar de favorecerem maiores
354 diversidades de insetos (Borkhataria et al., 2012; Rezende et al., 2021). Arborização do
355 cafeeiro com *Inga edulis* influencia indiretamente a população do bicho-mineiro por atrair
356 vespas parasitas e predadoras (Rezende et al., 2014); e indiretamente, por alterar o
357 microclima pelo sombreamento, impactando negativamente a população do bicho-

358 mineiro (Righi et al., 2013; Medeiros et al., 2019). A porcentagem de parasitismo II é
359 relevante porque leva em conta o parasitismo sem a predação das lagartas, estimando-se
360 o papel potencial dos parasitoides no controle biológico natural do bicho-mineiro.

361 Assim, a preservação de plantas daninhas (SC) no cafeeiro não desfavoreceu a
362 infestação, em razão do aumento das porcentagens de parasitismo. Resultado similar foi
363 encontrado por Amaral et al. (2010), que constataram indiferença na infestação e
364 parasitismo do bicho-mineiro com aumento da diversidade de plantas daninhas. O
365 parasitismo não aumentou com a integração de *I. edulis* no cafezal, apesar de reduzir a
366 porcentagem de folhas minadas (Rezende et al., 2021).

367 A diversidade de polinizadores no cafeeiro não variou em função da preservação
368 de plantas espontâneas no cafeeiro (Withaningsih et al., 2018). Contudo, em condições
369 de laboratório, tem sido reportado efeito positivo de algumas espécies vegetais no
370 aumento do desempenho biológico de parasitoides. Por exemplo, a exposição de
371 *Eretmocerus mundus* (Mercet, 1931) (Hymenoptera: Aphelinidae), parasitoide de
372 *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae), as espécies floríferas
373 *Capsella bursa-pastori* (L.) Medik (Brassicaceae) e *Diplotaxis erucoides* (L.) DC
374 (Brassicaceae) (plantas daninhas), *Fagopyrum esculentum* (Moench) (Polygonaceae) e
375 *Lobularia marítima* (L.) (Brassicaceae) aumentaram significativamente sua longevidade,
376 oviposição e fecundidade (Araj et al., 2019).

377 De modo geral, a maior porcentagem de parasitismo I foi verificada de abril a
378 junho (estádio de maturação), variando de 18,28 % a 29,50 %. Nesse estágio, a
379 porcentagem de parasitismo II diferiu-se significativamente entre os tratamentos e variou
380 de 19,82 a 73,64 %. A porcentagem de parasitismo, verificado no período de maturação,
381 pode ser atribuído ao fato dos frutos maduros do café atraírem moscas-das-frutas
382 (Tephritidae), que causam lesões nos frutos, liberando, por sua vez, compostos orgânicos

383 voláteis (Rodríguez et al., 2012) ou exsudados, que atraem diversos inimigos naturais.
384 Significativa porcentagem de parasitismo II foi verificada no cafeeiro sem plantas
385 daninhas (capina manual e remoção da biomassa vegetal). Este resultado indica que
386 parasitoides podem ter preferido ovipositar em lagartas presentes em cafezal sem
387 cobertura vegetal, contrariando o que se espera, que ocorra maior parasitismo em áreas
388 com presença de diversos grupos de plantas. Uma vantagem de lavoura sem cobertura
389 vegetal, em relação à intensa abundância de plantas, pode ser a facilidade de voo dos
390 parasitoides, o que permite aumentar a eficiência na localização de hospedeiros.

391 A porcentagem de parasitismo flutuou consideravelmente ao longo do tempo, e
392 pode estar sincronizado com os estádios fenológicos do cafeeiro. Isso significa que,
393 durante a floração do cafeeiro, a abundância de insetos polinizadores aumenta
394 consideravelmente (Ngo et al., 2011). Foi verificado, no presente estudo, que o
395 parasitismo II ocorreu no período seco, corroborando os resultados de Pereira et al.
396 (2007b), que encontraram maior porcentagem de parasitismo em locais mais secos. Melo
397 (2007) também encontrou porcentagem de parasitismo de 19,36 % em agosto/2002, na
398 região da Vitória da Conquista, sendo este um mês seco.

399 No presente estudo, registrou-se ocorrência de vespas das famílias Eulophidae
400 (96,43 %) e Braconidae (3,67 %), obtendo-se um total de 140 parasitoides. Na região
401 Sudoeste da Bahia, Melo et al. (2007) encontraram 701 parasitoides distribuídos nas duas
402 famílias mencionadas, constatando-se que a família Eulophidae foi dominante, com 99,24
403 %. Santos et al. (2023) encontraram 722 parasitoides em duas fazendas na Barra do Choça
404 (Bahia), dos quais 99,31 % pertenciam à família Eulophidae e 0,69 % à família
405 Braconidae. Os resultados do presente trabalho corroboram aqueles obtidos por Melo et
406 al. (2007) e Santos et al. (2023) em relação às famílias e às respectivas frequências

407 relativas. Assim, reforça-se o fato de que os eulofídeos são os principais parasitoides do
408 bicho-minero na região.

409 A densidade de minas por folha variou entre os métodos de controle de plantas
410 daninhas. Essa variável, assim como a densidade de lagartas por folha, mede a intensidade
411 do ataque. A infestação do bicho-mineiro e parasitismo apresentou um padrão temporal.
412 Estudos anteriores reportaram esse comportamento (Lomelí-Flores et al., 2010; Pereira et
413 al., 2007b), que pode ser explicado pela variação estacional entre períodos secos e
414 chuvosos do ano, sendo os períodos chuvosos críticos para lagartas do bicho-mineiro em
415 função da mortalidade natural (Pereira et al., 2007a).

416 Alguns estudos demonstraram que plantas florícolas, integradas em
417 agroecossistemas, favoreceram a ocorrência de inimigos naturais (Fiedler et al., 2007;
418 Hatt et al., 2017; Dively et al., 2020) e aumentaram o controle biológico de pragas. A
419 diversidade de plantas tem grande importância na manutenção de inimigos naturais, o que
420 potencializa o controle biológico de pragas (Gardarin et al., 2021). No entanto, foi
421 constatado no presente estudo que a presença de plantas daninhas não favoreceu o
422 parasitismo do bicho-mineiro. Vários fatores podem explicar os resultados encontrados,
423 a exemplo do potencial das plantas quanto à produção de néctar e pólen suficientemente
424 atraentes (Bianchi; Wäckers, 2008). A presença e a ausência de plantas daninhas podem
425 não ser a forma adequada de avaliar a sua influência sobre a dinâmica do parasitismo do
426 bicho-mineiro. A diversificação funcional da cobertura vegetal pode ser uma alternativa
427 para incrementar a eficiência do controle biológico de pragas em cafeeiro e, para tal, são
428 necessárias pesquisas de espécies de plantas daninhas com potencialidade na melhoria do
429 desempenho biológico de inimigos naturais em cafeeiro. Os resultados encontrados
430 enfatizam a importância de não adoção da gradagem, no período de maturação dos frutos;
431 e a não aplicação de herbicida, nos períodos de repouso e senescência de ramos, podendo-

432 se implementar outros métodos de controle que sejam mais sustentáveis, sob o ponto de
433 vista econômico, ambiental e de conservação do solo.

434 **5. AGRADECIMENTOS**

435 Os autores agradecem à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, à CAPES e
436 à Fazenda Primavera, pela disponibilidade de infraestrutura para pesquisa, bolsa de
437 estudos e acesso à área experimental, respectivamente.

438

439 **REFERÊNCIAS**

440

441 Abouziena, H.F., Haggag, W.M.2016. Weed control in clean agriculture: a review. *Planta*
442 *Daninha*, Viçosa-MG, 34, 377-392

443 Albrecht, H.2003. Suitability of arable weeds as indicator organisms to evaluate species
444 conservation effects of management in agricultural ecosystems. *Agriculture,*
445 *Ecosystems Environment*, 98,201–211. doi: [https:// doi.org/10.1016/s0167-](https://doi.org/10.1016/s0167-8809(03)00081-1)
446 [8809\(03\)00081-1](https://doi.org/10.1016/s0167-8809(03)00081-1)

447 Altieri, M. A., Letourneau, D. K., Risch, S. J.1984. Vegetation diversity and insect pest
448 outbreaks. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2, 131–169. doi: [https://](https://doi.org/10.1080/07352688409382193)
449 doi.org/10.1080/07352688409382193

450 Amaral, D. S., Venzon, M., Pallini, A., Lima, P. C., De Souza, O.2010. A diversificação
451 da vegetação reduz o ataque do bicho-mineiro-do-cafeeiro *Leucoptera coffeella*
452 (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae)? *Neotropical Entomology*, 39,
453 543–548. doi: [https:// doi.org/10.1590/s1519-566x201000040001](https://doi.org/10.1590/s1519-566x201000040001)

454 Androcioli, H.G., Hoshino, A.T., Júnior, A.O.M ., Morais,H., Bianco, R., Caramori, P.H.
455 2018. Coffee leaf miner incidence and its predation by wasp. *Coffee Science*,
456 *Lavras*, 13, 389 – 400.

457 Bale, J. S., Masters, G. J., Hodkinson, I. D., Awmack, C., Bezemer, T. M., Brown, V.
458 K., Whittaker, J. B.2002. Herbivory in global climate change research: direct effects
459 of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*, 8, 1–16. doi:
460 [https:// doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x)

461 Arévalo , B. L., Vasco, G., Albino-Bohórquez, A., Morales, J., Bacca, T.2021. Coffee crop
462 Weeds: refuge and food source for pest’s natural enemies. *Revista de Ciências*
463 *Agrícolas*. 38, 36-49. doi: <https://doi.org/10.22267/rcia.213802.157>

464 Balzan, M.V., Bocci, G., Moonen, A.C.2015. Landscape complexity and field margin
465 vegetation diversity enhance natural enemies and reduce herbivory by Lepidoptera

- 466 pests on tomato crop. *BioControl*, 61,141–154. doi: [https://](https://doi.org/10.1007/s10526-015-9711-2)
467 doi.org/10.1007/s10526-015-9711-2
- 468 Bianchi, F. J. J. A., Wäckers, F. L.2008. Effects of flower attractiveness and nectar
469 availability in field margins on biological control by parasitoids. *Biological*
470 *Control*, 46,400–408. doi: [https:// doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.04.010](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.04.010)
- 471 Borkhataria, R. R., Collazo, J. A., Groom, M. J.2012. Species abundance and potential
472 biological control services in shade vs. sun coffee in Puerto Rico. *Agriculture,*
473 *Ecosystems Environment*, 151, 1–5. doi:
474 <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.01.025>
- 475 Brooker, R. W., George, T. S., Homulle, Z., Karley, A. J., Newton, A. C., Pakeman, R. J.,
476 Schöb, C.,2021. Facilitation and biodiversity–ecosystem function relationships in
477 crop production systems and their role in sustainable farming. *Journal of Ecology*,
478 109, 2054–2067. doi: [https:// doi.org/10.1111/1365-2745.13592](https://doi.org/10.1111/1365-2745.13592)
- 479 Calderón-Arroyo, C., Togni, P.H.B., Pantoja, G.M., Saenz, A.S., Venzon, M..2023. Plants
480 for Fitness Enhancement of a Coffee Leaf Miner Parasitoid *Agriculture*, 13, ,1-10.
481 doi: [https:// doi.org/10.3390/agriculture13020244](https://doi.org/10.3390/agriculture13020244)
- 482 Camargo, A. P. D., Camargo, M. B. P. D. 2001. Definição e esquematização das fases
483 fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantia*, 60,
484 65–68. doi: [https:// doi.org/10.1590/s0006-870520010001000](https://doi.org/10.1590/s0006-870520010001000)
- 485 Castro, A. M., Tapias, J., Ortiz, A., Benavides, P., Góngora, C. E.2017. Identification of
486 attractant and repellent plants to coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*.
487 *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 164, 120–130. doi: [https://](https://doi.org/10.1111/eea.12604)
488 doi.org/10.1111/eea.12604
- 489 Chidawanyika, F., Mudavanhu, P.,Nyamukondiwa, C.2012. Biologically Based Methods
490 for Pest Management in Agriculture under Changing Climates: Challenges and
491 Future Directions. *Insects*, 3, 1171–1189. doi: [https://](https://doi.org/10.3390/insects3041171)
492 doi.org/10.3390/insects3041171

- 493 Cloyd, R. A.,2020. How Effective Is Conservation Biological Control in Regulating Insect
494 Pest Populations in Organic Crop Production Systems? *Insects*, 11, 1-15. doi:
495 [https:// doi.org/10.3390/insects11110744](https://doi.org/10.3390/insects11110744)
- 496 Conceição, R. S., Pereira, L. B., Veiga, A. J. P.,2016. Análise da temperatura do ar,
497 precipitação, evapotranspiração, déficit e excedente hídrico em vitória da
498 conquista–BA, DE 1961 A 1990. *Revista Geoaraguaia*, 6,1. Recuperado de
499 <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/4894>
- 500 Cornelissen, T.,2011. Climate change and its effects on terrestrial insects and herbivory
501 patterns. *Neotropical Entomology*, 40, 155–163. doi: [https://](https://doi.org/10.1590/s1519-566x2011000200001)
502 doi.org/10.1590/s1519-566x2011000200001
- 503 Cribari-Neto F., Zeileis A.,2010. Beta Regression in R. *Journal of Statistical Software*,
504 34,1–24. URL <http://www.jstatsoft.org/v34/i02/>.
- 505 Dainese, M., Schneider, G., Krauss, J., Steffan-Dewenter, I.,2017. Complementarity among
506 natural enemies enhances pest suppression. *Scientific Reports*, 7,1-8. doi: [https://](https://doi.org/10.1038/s41598-017-08316-z)
507 doi.org/10.1038/s41598-017-08316-z
- 508 De la Mora, A., Livingston, G., Philpott, S. M.,2008. Arboreal Ant Abundance and Leaf
509 Miner Damage in Coffee Agroecosystems in Mexico. *Biotropica*, 40, 742–746. doi:
510 [https:// doi.org/10.1111/j.1744-7429.2008.00444.x](https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2008.00444.x)
- 511 Dively, G. P., Leslie, A. W., Hooks, C. R. R.,2020. Evaluating wildflowers for use in
512 conservation grass buffers to augment natural enemies in neighboring cornfields.
513 *Ecological Engineering*, 144, 1-13. doi: [https://](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105703)
514 doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105703
- 515 Douma, J. C., Weedon, J. T.,2019. Analysing continuous proportions in ecology and
516 evolution introduction to beta and Dirichlet regression. *Methods in*
517 *Ecology and Evolution*. doi: [https:// doi.org/10.1111/2041-210x.13234](https://doi.org/10.1111/2041-210x.13234)

- 518 Drexler, M., Ainsworth, C. H. 2013. Generalized Additive Models Used to Predict Species
519 Abundance in the Gulf of Mexico: An Ecosystem Modeling Tool. PLoS ONE, 8,5,
520 e64458.
- 521 Fiedler, A. K., Landis, D. A., 2007. Attractiveness of Michigan Native Plants to Arthropod
522 Natural Enemies and Herbivores. Environmental Entomology, 36,751–765. doi:
523 [https:// doi.org/10.1093/ee/36.4.751](https://doi.org/10.1093/ee/36.4.751)
- 524 Généau, C. E., Wäckers, F. L., Luka, H., Daniel, C., Balmer, O. 2012. Selective flowers to
525 enhance biological control of cabbage pests by parasitoids. Basic and Applied
526 Ecology, 13, 85–93. doi: [https:// doi.org/10.1016/j.baae.2011.10.005](https://doi.org/10.1016/j.baae.2011.10.005)
- 527 González, E., Landis, D. A., Knapp, M., Valladares, G. 2020. Forest cover and proximity
528 decrease herbivory and increase crop yield via enhanced natural enemies in soybean
529 fields. Journal of Applied Ecology. doi: [https:// doi.org/10.1111/1365-2664.13732](https://doi.org/10.1111/1365-2664.13732)
- 530 Haddad, N.M., Brudvig, L.A., Clobert, J., Davies, K.F., Gonzalez, A. Holt, R. D.,
531 ,...Townshend, J.R. 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's
532 ecosystems. Science Advances, 1, e1500052–e1500052. doi
533 [https:// doi.org/10.1126/sciadv.1500052](https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052)
- 531 Hatt, S., Uyttenbroeck, R., Lopes, T., Chen, J. L., Piqueray, J., Monty, A., Francis,
532 F. 2017. Effect of flower traits and hosts on the abundance of parasitoids in
533 perennial multiple species wildflower strips sown within oilseed rape (*Brassica*
534 *napus*) crops. Arthropod-Plant Interactions. doi: [https:// doi.org/10.1007/s11829-](https://doi.org/10.1007/s11829-017-9567-8)
535 [017-9567-8](https://doi.org/10.1007/s11829-017-9567-8)
- 536 He, X., Pødenphant Kiær, L., Moestrup Jensen, P., Sigsgaard, L. 2020. The effect of floral
537 resources on predator longevity and fecundity: A systematic review and meta-
538 analysis. Biological Control, 104476, 1-33, doi: [https://](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104)
539 doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104
- 540 Kumar, S., Bhowmick, M.K., Ray, P. 2021. Weeds as alternate and alternative hosts of
541 crop pests. Indian Journal of Weed Science 53, 1, 14-29, doi: [https:// doi.org/](https://doi.org/10.5958/0974-8164.2021.00002.2~)
542 [10.5958/0974-8164.2021.00002.2~](https://doi.org/10.5958/0974-8164.2021.00002.2~)

- 543 Lehmann, P., Ammunét, T., Barton, M., Battisti, A., Eigenbrode, S. D., Jepsen, J.U.,.....
544 Björkman, C. (2020). Complex responses of global insect pests to climate warming.
545 Frontiers in Ecology and the Environment. doi:10.1002/fee.2160
- 546 Lenth, R.V. 2016. Least-Squares Means: The R Package lsmeans. Journal of Statistical
550 Software, 69, 1–33. doi: [https:// doi.org/10.1002/fee.2160](https://doi.org/10.1002/fee.2160) 10.18637/jss.v069.i01.
- 551 Lomelí-Flores, J. R., Barrera, J. F., Bernal, J. S. 2010. Impacts of weather, shade cover and
552 elevation on coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae)
553 population dynamics and natural enemies. Crop Protection, 29, 1039–1048. doi:
554 [https:// doi.org/10.1016/j.cropro.2010.03.007](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.03.007)
- 555 Lomelí-Flores, J. R., Barrera, J. F., Bernal, J. S. 2010. Impacts of weather, shade cover and
556 elevation on coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae)
557 population dynamics and natural enemies. Crop Protection, 29, 1039–1048. doi:
558 [https:// doi.org/10.1016/j.cropro.2010.03.007](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.03.007)
- 559 Lorenzi, H. Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas – Plantio Direto e
560 Convencional. 7 ed. Nova Odessa: Instituto Platarum, 2014. 379p.
- 561 Lorenzi, H. Plantas Daninhas do Brasil – terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3 ed.
562 Nova Odessa: Instituto Platarum, 2000. 608p.
- 563 Medeiros, H. R., Grandinete, Y. C., Manning, P., Harper, K. A., Cutler, G. C., Tyedmers,
564 P.,... Ribeiro, M. C. 2019. Forest cover enhances natural enemy diversity and
565 biological control services in Brazilian sun coffee plantations. Agronomy for
566 Sustainable Development, 39,6. doi: [https:// doi.org/10.1007/s13593-019-0600-4](https://doi.org/10.1007/s13593-019-0600-4)
- 567 Melo, T.L., Raetano, C. G., Cardoso, A.D., Moreira, A.A., Leite, S.A., Castellani, M. A.
568 2020. Insecticide application rate in coffee crop: qualitative and quantitative aspects
569 and efficacy of leaf miner control. Coffee Science, e151722, doi:
570 <https://doi.org/10.25186/v15i.1722>
- 571 Melo, T.L., Castellani, M.A., Nascimento, M.L., Junior, A.O.M., Ferreira, G.F.P., Lemos,
572 O.L. 2007. Comunidades de parasitóides de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville
573 Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) em cafeeiros nas regiões Oeste e Sudoeste da

- 574 Bahia, Ciência e Agrotecnologia, Lavras, 31, 966-972
- 575 Ngo, H. T., Mojica, A. C., Packer, L. 2011. Coffee plant – pollinator interactions: a review.
576 Canadian Journal of Zoology, 89,8, 647–660. doi: [https:// doi.org/10.1139/z11-028](https://doi.org/10.1139/z11-028)
- 577 Pantoja-Gomez, L. M., Corrêa, A. S., de Oliveira, L. O., Guedes, R. N. C.2019. Common
578 Origin of Brazilian and Colombian Populations of the Neotropical Coffee Leaf
579 Miner, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). Journal of Economic
580 Entomology. doi: [https:// doi.org/10.1093/jee/toy416](https://doi.org/10.1093/jee/toy416)
- 581 Pereira, E. J. G., Picanço, M. C., Bacci, L., Crespo, A. L. B., Guedes, R. N. C.
582 2007a. Seasonal mortality factors of the coffee leafminer, *Leucoptera coffeella*.
583 Bulletin of Entomological Research, 97, 421-432. doi: [https://](https://doi.org/10.1017/s0007485307005202)
584 doi.org/10.1017/s0007485307005202
- 585 Pereira, E. J. G., Picanço, M. C., Bacci, L., Della Lucia, T. M. C., Silva, É. M., Fernandes,
586 F. L. 2007b. Natural mortality factors of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera:
587 Lyonetiidae) on *Coffea arabica*. Biocontrol Science and Technology, 17, 441–
588 455. doi: [https:// doi.org/10.1080/09583150701309337](https://doi.org/10.1080/09583150701309337)
- 589 Perfecto, I., Rice, R. A., Greenberg, R., Van der Voort, M. E.1996. Shade Coffee: A
590 Disappearing Refuge for Biodiversity. BioScience, 46, 598–608. doi: [https://](https://doi.org/10.2307/1312989)
591 doi.org/10.2307/1312989
- 592 R Core Team,2023. A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna,
593 Austria.
- 594 Reis, Jr R., Lima, E.R.,Vilela, E.F., Barros, R.S.2000. Method for maintenance of coffee
595 leaves in vitro for mass rearing of *Leucoptera coffeellum* (Guérin-Mèneville)
596 (Lepidoptera: Lyonettidae). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 849-845.
- 597 Rezende, M. Q., Venzon, M., dos Santos, P. S., Cardoso, I. M., Janssen, A.2021. Extrafloral
598 nectary-bearing leguminous trees enhance pest control and increase fruit weight in
599 associated coffee plants. Agriculture, Ecosystems Environment, 319, 1-8. doi:
600 [https:// doi.org/10.1016/j.agee.2021.107538](https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107538)

- 601 Rezende, M. Q., Venzon, M., Perez, A. L., Cardoso, I. M., Janssen, A. 2014. Extrafloral
602 nectaries of associated trees can enhance natural pest control. *Agriculture,*
603 *Ecosystems Environment*, 188, 198–203. doi: [https://](https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.02.024)
604 doi.org/10.1016/j.agee.2014.02.024
- 605 Righi, C. A., Campoe, O. C., Bernardes, M. S., Lunz, A. M. P., Piedade, S. M. S., Pereira,
606 C. R. 2013. Influence of rubber trees on leaf-miner damage to coffee plants in an
607 agroforestry system. *Agroforestry Systems*, 87, 1351–1362. doi: [https://](https://doi.org/10.1007/s10457-013-9642-9)
608 doi.org/10.1007/s10457-013-9642-9
- 609 Rodríguez, A., Alquézar, B., Peña, L. 2012. Fruit aromas in mature fleshy fruits as signals
610 of readiness for predation and seed dispersal. *New Phytologist*, 197,1, 36–48. doi:
611 [https:// doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04382.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04382.x)
- 612 Rollin, O., Benelli, G., Benvenuti, S., Decourtye, A., Wratten, S. D., Canale, A., Desneux,
613 N. 2016. Weed-insect pollinator networks as bio-indicators of ecological
614 sustainability in agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*,
615 36,1-22. doi: [https:// doi.org/10.1007/s13593-015-0342-x](https://doi.org/10.1007/s13593-015-0342-x)
- 616 Ronchi, C. P., Silva, A. A. 2006. Effects of weed species competition on the growth of
617 young coffee plants. *Planta Daninha*, 24, 415-423. doi: [https://](https://doi.org/10.1590/s0100-83582006000300001)
618 doi.org/10.1590/s0100-83582006000300001
- 619 Rosado, M. da C., Araújo, G. J. de, Pallini, A., Venzon, M. 2021. Cover crop
620 intercropping increases biological control in coffee crops. *Biological Control*,
621 160, 104675. doi: [https:// doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104675](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104675)
- 622 SEI. 2014. Superintendencia de estudos economicos e sociais da Bahia. Acessado em
623 20/07/2023, [https://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/tipologia_cl](https://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/tipologia_climatica_segundo_koppen_2014.pdf)
624 [imatica_segundo_koppen_2014.pdf](https://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/tipologia_climatica_segundo_koppen_2014.pdf)
- 625 Sivinski, J., Wahl, D., Holler, T., Dobai, S. A., Sivinski, R. 2011. Conserving natural
626 enemies with flowering plants: Estimating floral attractiveness to parasitic

- 627 Hymenoptera and attraction's relationship to flower and plant morphology.
628 Biological Control, 58, 208–214. doi: [https://](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.05.002)
629 doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.05.002
- 630 Staab, M., Schuldt, A. 2020. The Influence of Tree Diversity on Natural Enemies-a
631 review of the “Enemies” Hypothesis in Forest. Current Forestry Reports. doi:
632 [https:// doi.org/10.1007/s40725-020-00123-6](https://doi.org/10.1007/s40725-020-00123-6)
- 633 Tolessa, T., Senbeta, F., Kidane, M. 2017. The impact of land use/land cover change on
634 ecosystem services in the central highlands of Ethiopia. Ecosystem Services, 23,
635 47–54. doi: [https:// doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.11.010](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.11.010)
- 636 Tooker, J. F., Frank, S. D. 2012. Genotypically diverse cultivar mixtures for insect pest
637 management and increased crop yields. Journal of Applied Ecology, 49, 974–
638 985. doi: [https:// doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02173.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02173.x)
- 639 Turlings, T. C. J., Wäckers, F. 2004. Recruitment of predators and parasitoids by
640 herbivore-injured plants. Advances in Insect Chemical Ecology, doi: [https://](https://doi.org/10.1017/cbo9780511542664.003)
641 doi.org/10.1017/cbo9780511542664.003
- 642 Venzon, M., Rosado, M. C., Euzébio, D. E., Souza, B., Schoereder, J. H. 2006. Suitability
643 of leguminous cover crop pollens as food source for the green lacewing
644 *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). Neotropical
645 Entomology, 35, 371–376. doi: [https:// doi.org/10.1590/s1519-](https://doi.org/10.1590/s1519-566x2006000300012)
646 [566x2006000300012](https://doi.org/10.1590/s1519-566x2006000300012)
- 647 Winter, S., Bauer, T., Strauss, P., Kratschmer, S., Paredes, D., Popescu, D., Batáry, P.
648 2018. Effects of vegetation management intensity on biodiversity and ecosystem
649 services in vineyards: A meta-analysis. Journal of Applied Ecology, 55, 2484–
650 2495. doi: [https:// doi.org/10.1111/1365-2664.13124](https://doi.org/10.1111/1365-2664.13124)
- 651 Withaningsih, S., Andari, C. D., Parikesit, Fitriani, N. 2018. The effect of understory plants
652 on pollinators visitation in coffee plantations: Case study of coffee plantations in
653 West Bandung District, West Java, Indonesia. Biodiversitas, 19, 604–6012, doi:
654 [https:// doi.org/10.13057/biodiv/d190231](https://doi.org/10.13057/biodiv/d190231)

655 Wood, S.2023. mgcv package: Mixed GAM Computation Vehicle with Automatic
656 Smoothness Estimation. <https://cran.r-project.org/web/packages/mgcv/mgcv.pdf>

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

701 **Tabelas**

702 **Tabela 1.1.** Caracterização dos métodos de controle de plantas daninhas estudados. Barra do Choça, Bahia, Brasil, 2023

Método de controle		Descrição
Abreviatura	Significado	
SC	Sem controle de plantas daninhas	Parcela com cobertura por plantas daninhas durante todo experimento
RCT	Roçagem tratorizada	Roçagem (Roçadeira Maqtron-R1 1800, Brasil) com trator(Massey Ferguson, MF275,Brasil).
GDR	Gradagem tratorizada	Gradagem (grade de 12 discos recortados, off-set Baldan GHO, Brasil) com trator((Massey Ferguson, MF275,Brasil)
HRC	Aplicação de herbicida	Glifosato (Roundup®) 445 g i.a.L ⁻¹ na dose 4 L.ha ⁻¹ . Aplicado com pulverizador costal(Intech Machine, Brasil) 20 L.
CMPD	Capina manual sem remoção da biomassa vegetal	Plantas daninhas foram manualmente controladas com enxadas e toda biomassa vegetal permanecia na parcela.
CMSPD	Capina manual e remoção da biomassa vegetal	Plantas daninhas foram manualmente controladas com enxadas e removia-se toda biomassa vegetal

703

704 **Tabela 1.2.** Médias (\pm SE) dos parâmetros avaliados, em função dos métodos de controle de plantas daninhas sem considerar as fases fenológicas
 705 do cafeeiro

Espécie	Nome vulgar	Família	SC*	RC	GDR	HRC	CMPD	CMSPD
<i>Cororopus didymus</i> L.	Mentruço	Brassicaceae	0	0	0	0	0	6
<i>Digitaria insularis</i> L.	Capim amargo	Poaceae	78	9	31	157	0	61
<i>Ambrosia psilostachya</i> DC.	Erva do Santiago Ocidental	Asteraceae	318	159	174	181	32	118
<i>Cynodon dactylon</i> L.	Gramma seda	Poaceae	106	95	72	87	115	79
<i>Oxalis latifolia</i> Kunth.	Trevinho	Oxalidaceae	6	5	1	1	5	1
<i>Commelina bengalensis</i> L.	Trapoeiraba	Commelinaceae	0	11	4	5	1	24
<i>Conyza bonariensis</i> L.	Buva	Asteraceae	1	0	0	1	0	5
<i>Dichondra microcalyx</i> Hallier f. Fabris.	Cobre-verde	Convulvulaceae	0	0	0	11	3	0
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Mentruço	Asteraceae	7	35	12	6	8	0
<i>Bidens pilosa</i> L.	Picão preto	Asteraceae	2	0	4	31	0	0
<i>Seneio brasiliensis</i> Spreng Less.	Maria-mole	Asteraceae	2	0	0	0	0	0
Número de grupos			8	6	7	9	6	7
Abundância ^{ns}			130,5 \pm 33,5	78,5 \pm 20,3	74,5 \pm 19,3	120 \pm 30,8	41 \pm 10,8	73,5 \pm 19,1
Riqueza ^{ns}			1,84	1,35	1,31	1,85	1,48	1,65
Diversidade ^{ns}			0,92	0,95	0,78	1,09	0,63	0,92

706 * Abundância de espécies de plantas daninhas resultante do somatório de 12 unidades de 0,25 m² (3 lançamentos em 4 blocos) em cada tratamento: ns: Não significativo. SC:
 707 sem controle de plantas daninhas, RC: Roçagem tratorizada, GDR: gradagem tratorizada, HRC: aplicação de herbicida, CMPD: capina manual sem remoção da biomassa
 708 vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal.

709
 710
 711
 712
 713

714 **Tabela 1.3.** Médias (\pm SE) dos parâmetros avaliados no estudo prévio da infestação e parasitismo do bicho-mineiro, em função dos métodos
715 de controle. Barra do Choça, Bahia, Brasil

Parâmetro	SC	RCT	GDR	HRC	CMPD	CMSPD
Porcentagem de folhas minadas (%)	52,7 \pm 7,33 ^{ns*}	51 \pm 7,34 ^{ns}	48,9 \pm 7,34 ^{ns}	39,6 \pm 7,15 ^{ns}	52,7 \pm 7,33 ^{ns}	36 \pm 7,00 ^{ns}
Porcentagem de Infestação (%)	75,58 \pm 20,42 ^{ns}	69,38 \pm 19,88 ^{ns}	50,58 \pm 17,4 ^{ns}	47,18 \pm 16,78 ^{ns}	65,18 \pm 19,44 ^{ns}	66,38 \pm 19,58 ^{ns}
Porcentagem de Parasitismo I (%)	14,64 \pm 4,02 ^{ns}	20,02 \pm 4,76 ^{ns}	16,78 \pm 4,34 ^{ns}	19,46 \pm 4,64 ^{ns}	23,4 \pm 5,14 ^{ns}	20,7 \pm 4,84 ^{ns}

716 *ns: Não significativo. SC: sem controle de plantas daninhas, RC: roçagem tratorizada, GDR: gradagem tratorizada, HRC: aplicação de herbicida, CMPD: capina manual sem
717 remoção da biomassa vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal
718

719 **Tabela 1.4.** Médias (\pm SE) dos parâmetros avaliados em função dos métodos de controle de plantas daninhas sem consideração das fases
720 fenológicas do cafeeiro, em função dos métodos de controle de plantas daninhas. Barra do Choça, Bahia, Brasil

Parâmetros	SC	RC	GDR	HRC	CMPD	CMSPD
Porcentagem de folhas minadas (%)	50,3 \pm 3,74ab	51,5 \pm 3,73ab	42,4 \pm 3,71b	50,3 \pm 3,74ab	46,4 \pm 3,75ab	56 \pm 3,66 a
Densidade de minas (minas.folha ⁻¹)	1,34 \pm 0,02ab	1,37 \pm 0,02ab	1,31 \pm 0,02b	1,35 \pm 0,02ab	1,38 \pm 0,02a	1,37 \pm 0,02ab
Densidade de lagartas (lagartas.folha ⁻¹)	1,30 \pm 0,05 ^{ns*}	1,32 \pm 0,05 ^{ns}	1,40 \pm 0,05 ^{ns}	1,32 \pm 0,05 ^{ns}	1,35 \pm 0,05 ^{ns}	1,34 \pm 0,05 ^{ns}
Porcentagem de minas ativas (%)	16,4 \pm 2,01 ^{ns}	15,14 \pm 1,89 ^{ns}	17,28 \pm 2,09 ^{ns}	13,48 \pm 1,72 ^{ns}	15,76 \pm 1,95 ^{ns}	13,24 \pm 1,71 ^{ns}
Porcentagem de infestação (%)	35,18 \pm 4,18 ^{ns}	33,78 \pm 4,18 ^{ns}	38,38 \pm 4,58 ^{ns}	31,78 \pm 3,78 ^{ns}	36,58 \pm 4,38 ^{ns}	31,58 \pm 3,78 ^{ns}
Porcentagem de parasitismo I (%)	16,62 \pm 1,98 ^{ns}	15,56 \pm 1,98 ^{ns}	18,6 \pm 2,18 ^{ns}	19,28 \pm 2,18 ^{ns}	16,86 \pm 1,98 ^{ns}	21,7 \pm 2,36 ^{ns}
Porcentagem de parasitismo II (%)	33,18 \pm 1,8 ^{ns}	29,98 \pm 6,64 ^{ns}	21,58 \pm 5 ^{ns}	31,38 \pm 6,68 ^{ns}	24,98 \pm 5,66 ^{ns}	40,38 \pm 8,3 ^{ns}

721 Médias com mesmas letras na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade. *ns: não significativo. SC: sem controle de plantas daninhas, RC: roçagem tratorizada, GDR:
722 gradagem tratorizada, HRC: aplicação de herbicida, CMPD: capina manual sem remoção da biomassa vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal.
723

725

726
727

Tabela 1.5. Significância da infestação pelo bicho-mineiro e parasitismo natural da praga, em função dos métodos de controle de plantas daninhas e estádios fenológicos do cafeeiro

Parâmetro	Estádios fenológicos do cafeeiro							
	Floração		Granação		Maturação		Repouso	
	X^2/F	Valor p	X^2/F	Valor p	X^2/F	Valor p	X^2/F	Valor p
Porcentagem de folhas minadas (%)	10,22	0,069	3,17	0,674	7,69	0,174	53,71	< 0,001
Densidade de minas (minas,folha ⁻¹)	0,17	0,972	0,36	0,873	2,22	0,063	3,48	0,010
Densidade de lagartas (lagartas.folha ⁻¹)	0,28	0,922	1,81	0,124	0,67	0,652	0,606	0,690
Porcentagem de minas ativas (%)	5,03	0,413	2,98	0,703	1,59	0,902	1,79	0,877
Porcentagem de infestação (%)	4,71	0,452	3,14	0,678	2,09	0,836	1,19	0,945
Porcentagem de parasitismo I (%)	3,35	0,646	9,42	0,093	4,26	0,513	2,93	0,710
Porcentagem de parasitismo II (%) [*]	-	-	-	-	12,28	0,031	1,44	0,92

728

* Porcentagem de Parasitismo II foi avaliada de março/2023 a agosto/2023

729

730

731

732

733

734

735

736

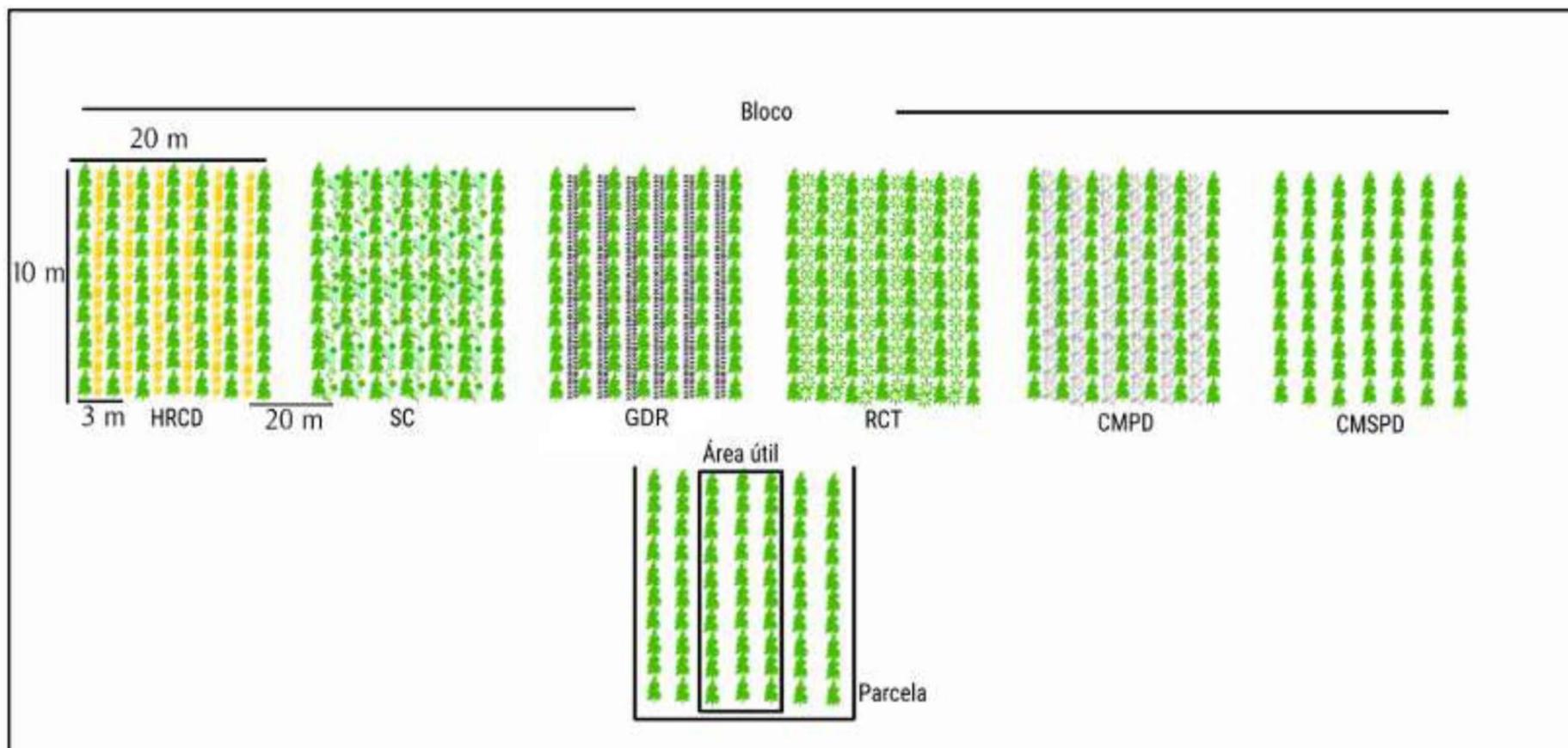
737 **Tabela 1.6.** Médias (\pm SE) da Porcentagem de Folhas Minadas (PFM), Porcentagem de Infestação (TI), Densidade de Minas (DM), Densidade de
 738 Lagartas (DL), Porcentagem de Minas Ativas (PMA), Porcentagem de Parasitismo I (TPI) e Porcentagem de Parasitismo II (PPII), em função das
 739 fases fenológicas do cafeeiro e dos métodos de controle de plantas daninhas. Barra do Choça, Bahia, Brasil

Estádio fenológico	Método	PFM (%)	I (%)	DM	DL	PMA (%)	PPI (%)	PPII (%) [*]
Floração (SET-DEZ)	SC	13,10 \pm 2,23	52,78 \pm 8,92	1,29	1,19	23,4 \pm 3,52	18,06 \pm 3,76	-
	RCT	11,23 \pm 2,09	53,58 \pm 8,98	1,32	1,20	23,74 \pm 3,02	16,26 \pm 3,46	-
	GDR	14,16 \pm 2,45	60,38 \pm 9,56	1,32	1,26	24,26 \pm 3,7	19,2 \pm 3,9	-
	HRCD	14,67 \pm 2,51	39,98 \pm 7,54	1,31	1,23	16,6 \pm 2,9	25,9 \pm 4,88	-
	CMPD	7,63 \pm 1,58	48,38 \pm 8,5	1,31	1,26	22,3 \pm 3,52	21,98 \pm 4,34	-
	CMSPD	13,26 \pm 2,34	39,18 \pm 7,44	1,30	1,17	17,54 \pm 3,02	21,44 \pm 4,28	-
Granação (JAN-MAR)	SC	49,6 \pm 5,01	39,38 \pm 8,92	1,37	1,26	17,1 \pm 3,48	12,06 \pm 2,86	-
	RCT	52,2 \pm 4,98	29,18 \pm 7,26	1,37	1,18	13,18 \pm 2,88	15,72 \pm 3,44	-
	GDR	52 \pm 4,99	44,78 \pm 9,68	1,35	1,42	18,02 \pm 2,34	19,6 \pm 3,98	-
	HRCD	48,9 \pm 5,01	35,78 \pm 8,38	1,34	1,37	17,68 \pm 3,56	16,52 \pm 3,56	-
	CMPD	51 \pm 5	38,58 \pm 8,8	1,37	1,29	16,84 \pm 3,44	19,08 \pm 3,9	-
	CMSPD	59,2 \pm 4,82	30,18 \pm 7,44	1,36	1,43	13,34 \pm 2,92	26,08 \pm 4,74	-
Maturação (ABR-JUN)	SC	24,2 \pm 3,36	16,5 \pm 3,8	1,33	0,99	8,5 \pm 1,71	27,66 \pm 5,64	28,56 \pm 8,9ab
	RCT	19,5 \pm 3,22	14,28 \pm 3,42	1,30	1,05	7,12 \pm 1,51	19,56 \pm 4,46	35,3 \pm 10,5ab
	GDR	17,5 \pm 3,01	15,42 \pm 3,62	1,28	1,04	7,92 \pm 1,63	18,28 \pm 4,34	19,82 \pm 6,54b
	HRCD	14,1 \pm 2,64	11,4 \pm 2,86	1,30	0,88	6,1 \pm 1,35	22,88 \pm 4,98	33,1 \pm 10ab
	CMPD	21,2 \pm 3,37	17,48 \pm 3,98	1,37	0,94	7,42 \pm 1,56	19,7 \pm 4,48	33,08 \pm 10ab
	CMSPD	21,8 \pm 3,43	13,2 \pm 3,22	1,35	0,91	6,58 \pm 1,43	29,5 \pm 5,88	73,64 \pm 16,04a
Repouso (JUL-AGO)	SC	4,04 \pm 1,38bc	6,34 \pm 1,98	1,19ab	0,71	3,28 \pm 0,86	10,5 \pm 3,1	21,08 \pm 6,7
	RCT	15,26 \pm 4,10ab	8,28 \pm 2,46	1,32a	0,84	4,22 \pm 1,02	9,48 \pm 2,86	17,56 \pm 5,74
	GDR	1,59 \pm 0,56c	8,72 \pm 2,56	1,05b	0,87	4,68 \pm 1,1	14,1 \pm 3,86	20,38 \pm 6,52
	HRCD	20,32 \pm 4,89a	6,98 \pm 2,19	1,30a	0,77	3,58 \pm 0,92	11,06 \pm 3,24	22,8 \pm 7,16
	CMPD	16,41 \pm 4,30ab	7,88 \pm 2,36	1,31a	0,92	4,38 \pm 0,99	7,24 \pm 2,28	24,56 \pm 7,6
	CMSPD	17,19 \pm 4,43ab	9,52 \pm 3,96	1,31a	0,88	4,86 \pm 1,12	12,32 \pm 3,5	28,72 \pm 8,6

737 *PPII: foi obtido de Maio a Agosto de 2023. Médias com mesmas letras na linha não diferem entre se a 5% de probabilidade. SC: sem controle de plantas daninhas, RC: roçagem
 738 tratorizada, GDR: gradagem tratorizada, HRCD: aplicação de herbicida, CMPD: capina manual sem remoção da biomassa vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da
 739 biomassa vegetal plantas daninha.

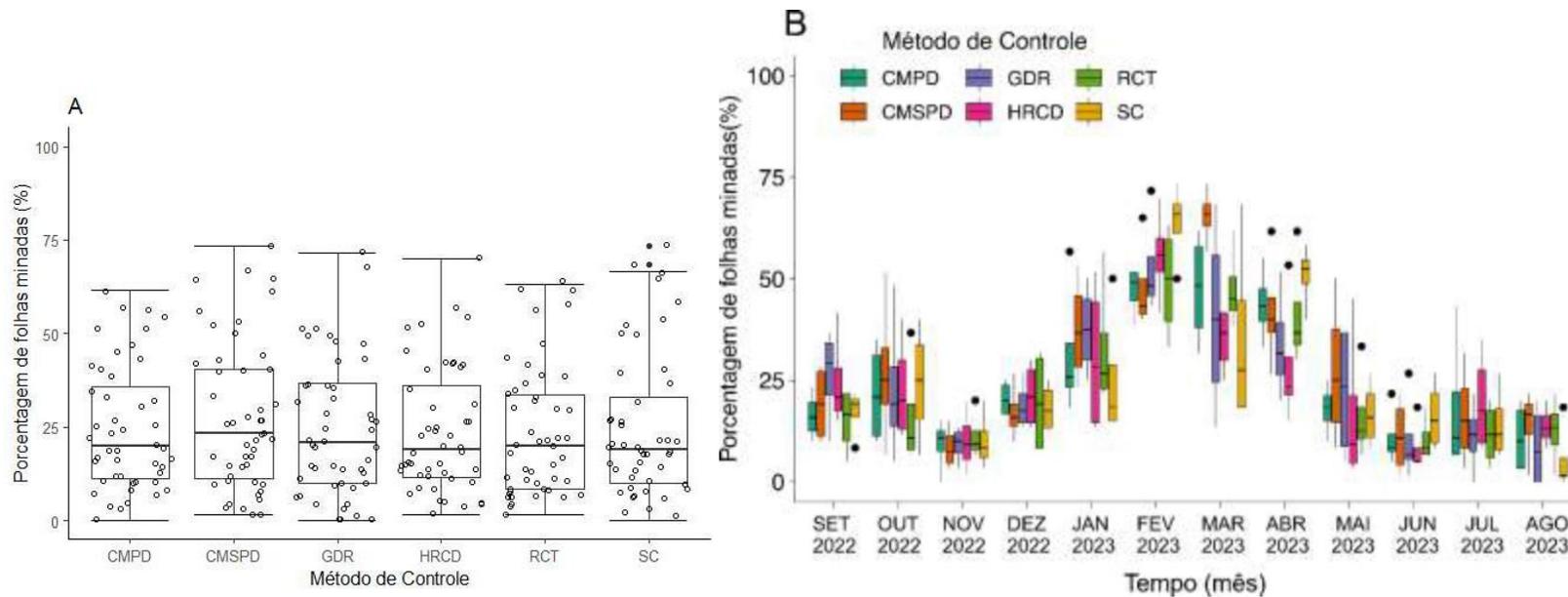
743 Figuras

744



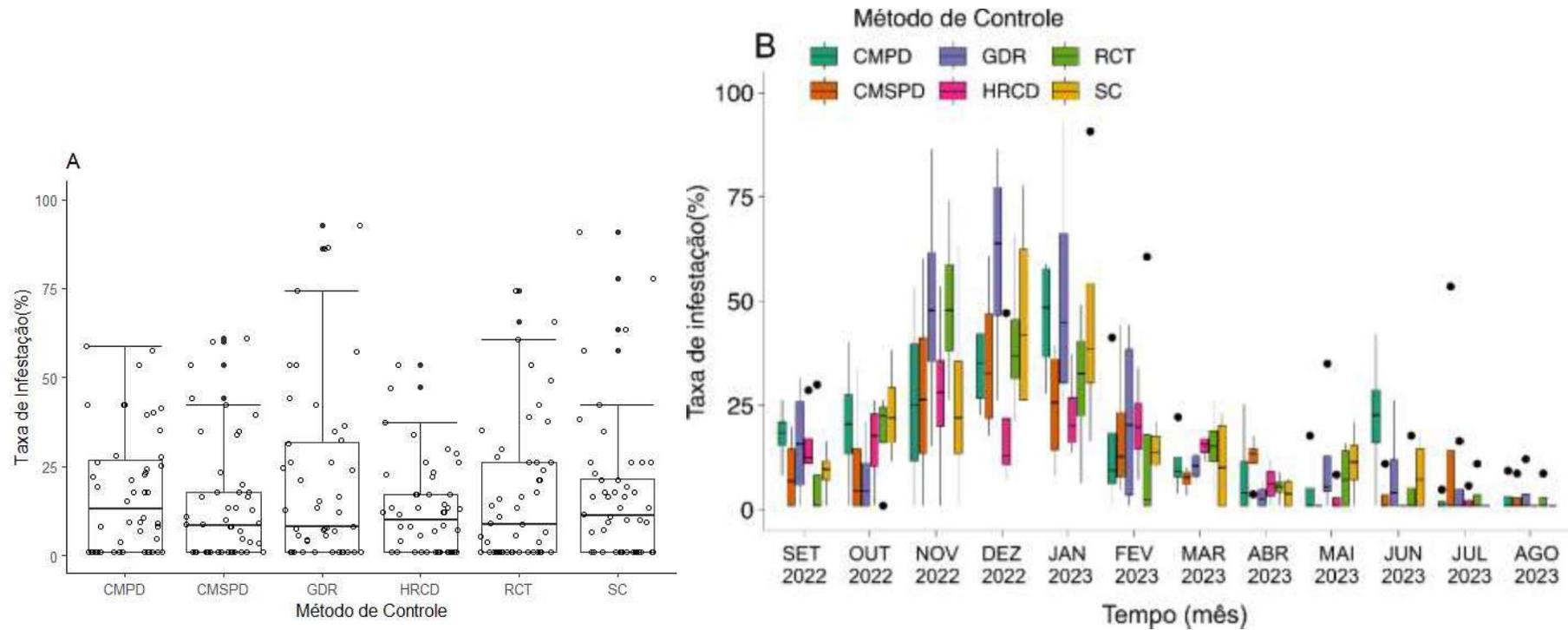
744

745 **Figura 1.1.** Representação esquemática da área experimental: SC: Sem controle de plantas daninhas, RCT: Roçagem tratorizada, GDR: Gradagem tratorizada,
746 HRCB: Aplicação de herbicida, CMPD: Capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal. O
747 espaçamento é de 3 m × 1 m, com distância entre parcelas de 20 m e entre blocos de 50 m. As áreas entre blocos e parcelas foram mantidas roçadas.



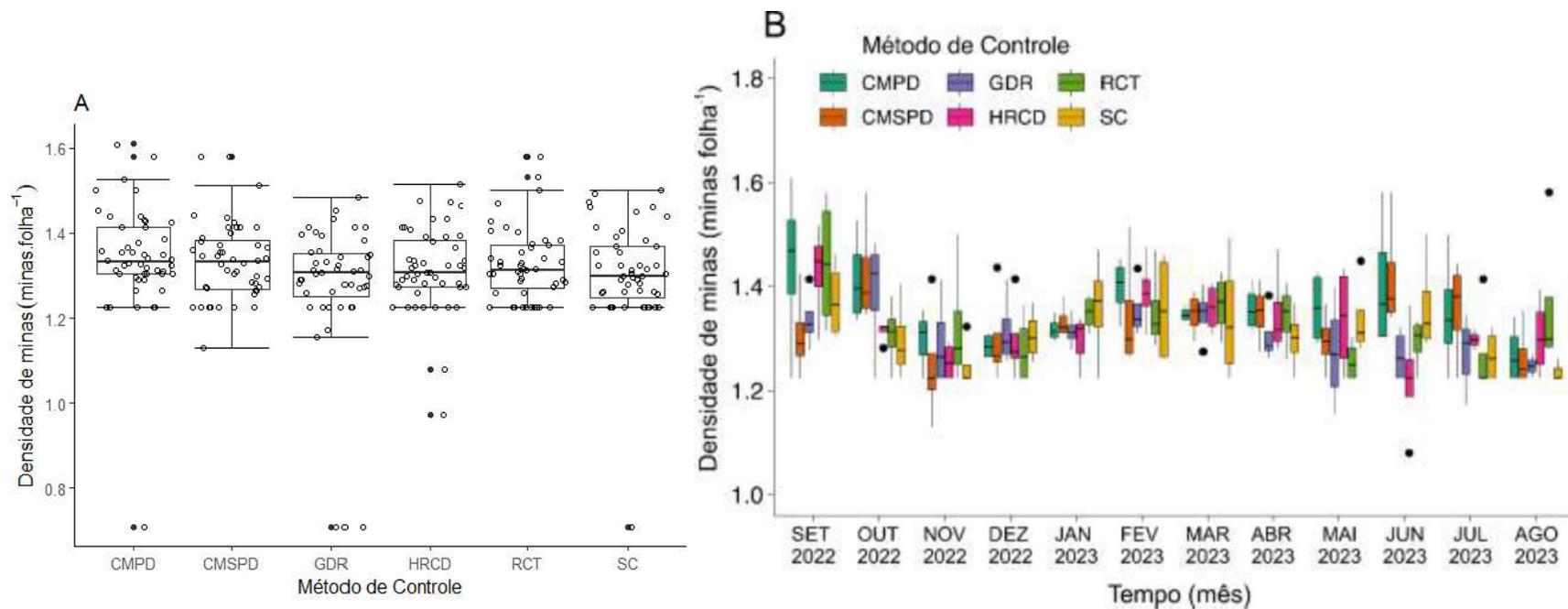
749
750
751
752
753
754

Figura 1.2. Boxplot com a porcentagem de folhas minadas: (A) entre métodos de controle de plantas daninhas (\pm IQ); e (B) em função do tempo. Boxplot mostra percentis 25 e 75, linha grossa escura dentro do boxplot indica a mediana. Pontos escuros nas figuras indicam valores extremos (outlier) e pontos circulares abertos indicam valores observados. SC: Sem controle de plantas daninhas, RCT: Roçagem tratorizada, GDR: Gradagem tratorizada, HRCB: Aplicação de herbicida, CMPD: Capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal.



755
756
757
758
759
760
761

Figura 13. Boxplot com a Porcentagem de infestação: (A) entre método de controle de plantas daninhas (\pm IQ); (B) em função do tempo. Boxplot mostra percentis 25 e 75, linha grossa escura dentro do boxplot indica a mediana. Pontos escuros nas figuras indicam valores extremos (outlier) e pontos circulares abertos indicam valores observados. SC: Sem controle de plantas daninhas, RCT: Roçagem tratorizada, GDR: Gradagem tratorizada, HRCB: Aplicação de herbicida, CMPD: Capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal.



762

763

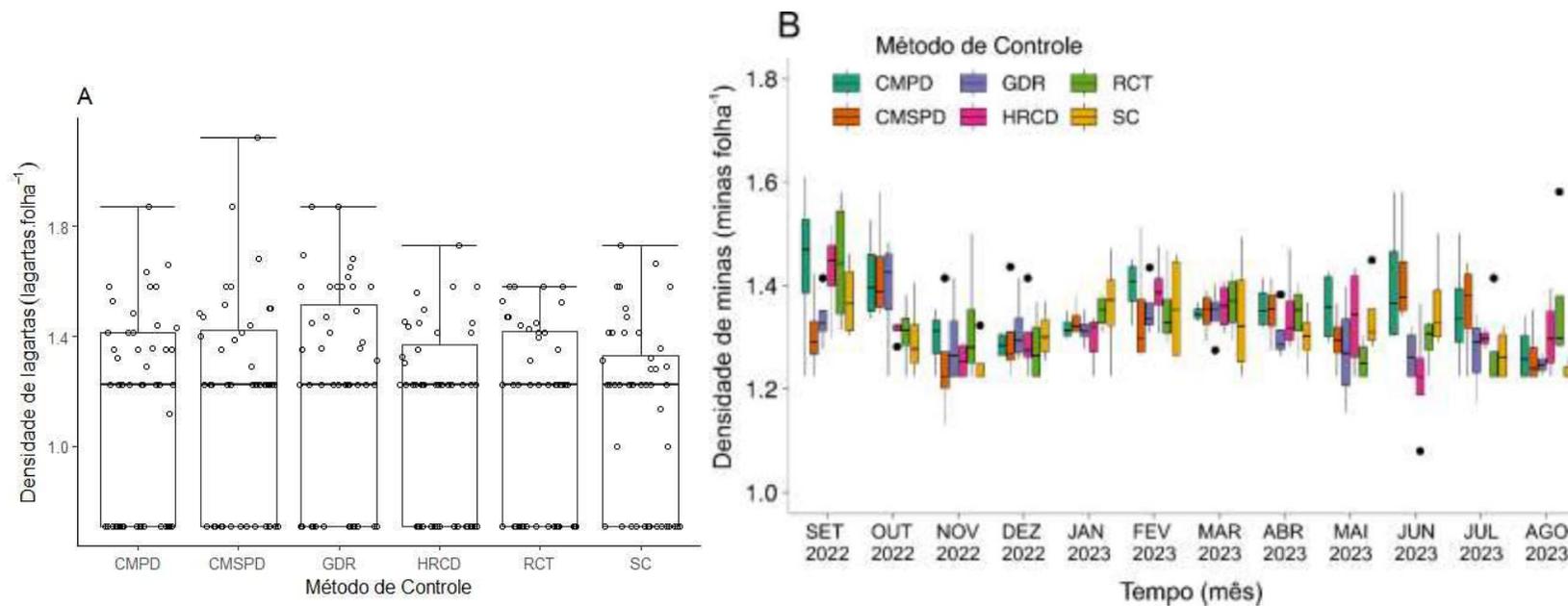
764

765

766

Figura 1.4. Boxplot com a densidade de minas: (A) entre métodos de controle de plantas daninhas (\pm IQ); (B) em função do tempo. Boxplot mostra percentis 25 e 75, linha grossa escura dentro do boxplot indica a mediana. Pontos escuros nas figuras indicam valores extremos (outlier) e pontos circulares abertos indicam valores observados. SC: Sem controle de plantas daninhas, RCT: Roçagem tratorizada, GDR: Gradagem tratorizada, HRCD: Aplicação de herbicida, CMPD: Capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal.

767



768

769

770

771

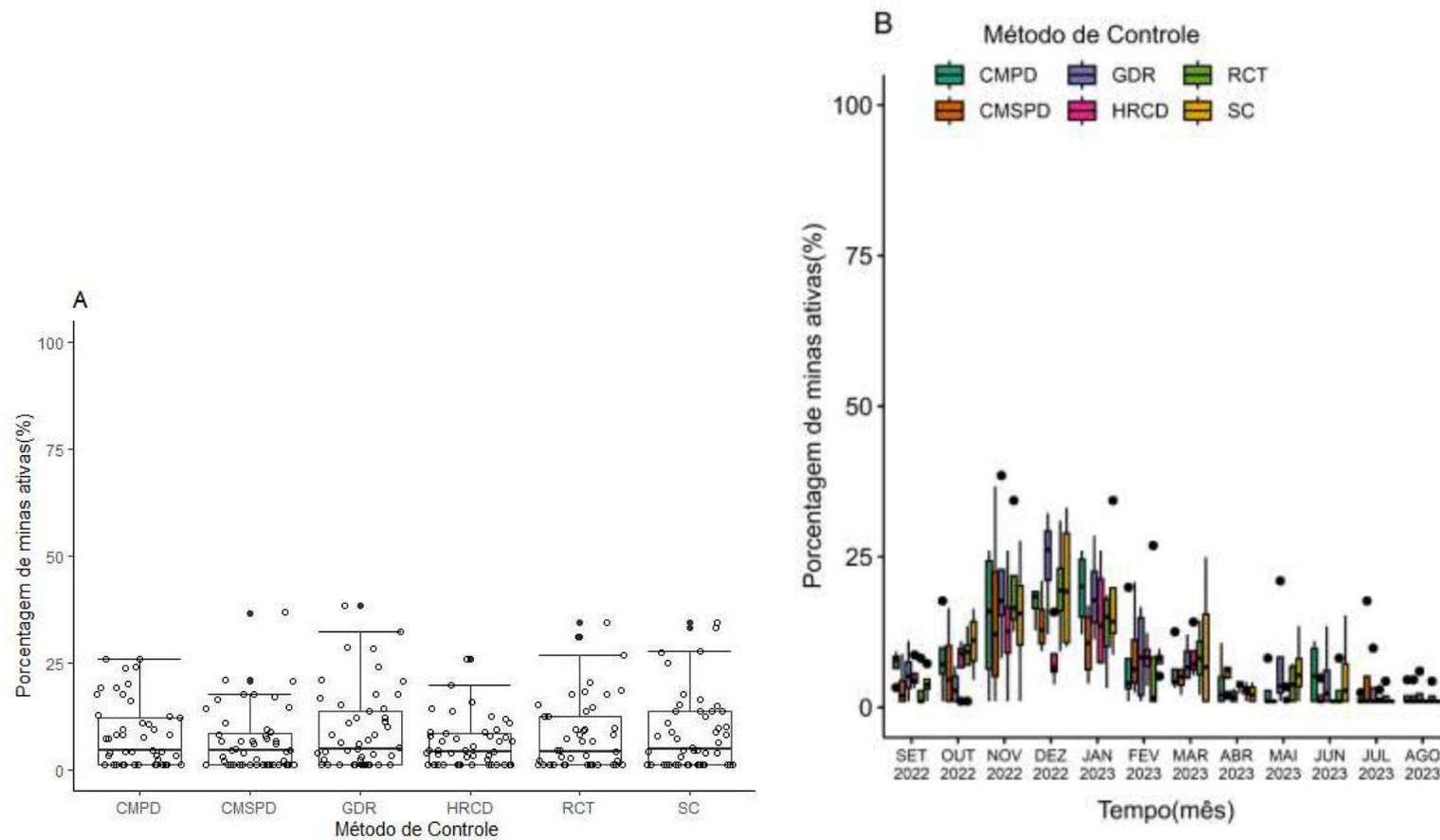
772

773

774

775

Figura 1.5. Boxplot com a densidade de lagartas: (A) entre métodos de controle de plantas daninhas (\pm IQ); (B) em função do tempo. Boxplot mostra percentis 25 e 75, linha grossa escura dentro do boxplot indica a mediana. Pontos escuros nas figuras indicam valores extremos (outlier) e pontos circulares abertos indicam valores observados. SC: Sem controle de plantas daninhas, RCT: Roçagem tratorizada, GDR: Gradagem tratorizada, HRCD: Aplicação de herbicida, CMPD: Capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal.



776

777

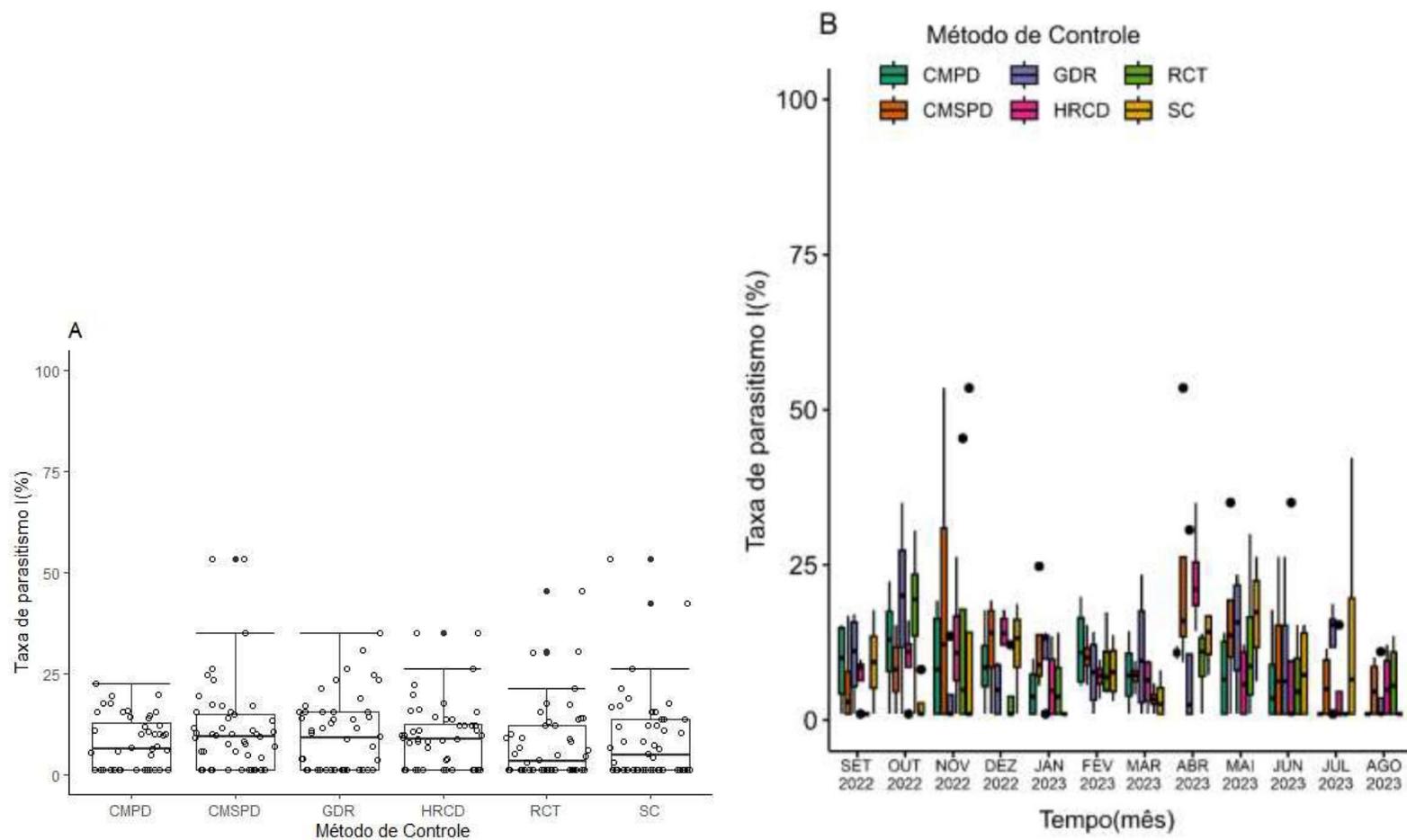
778

779

780

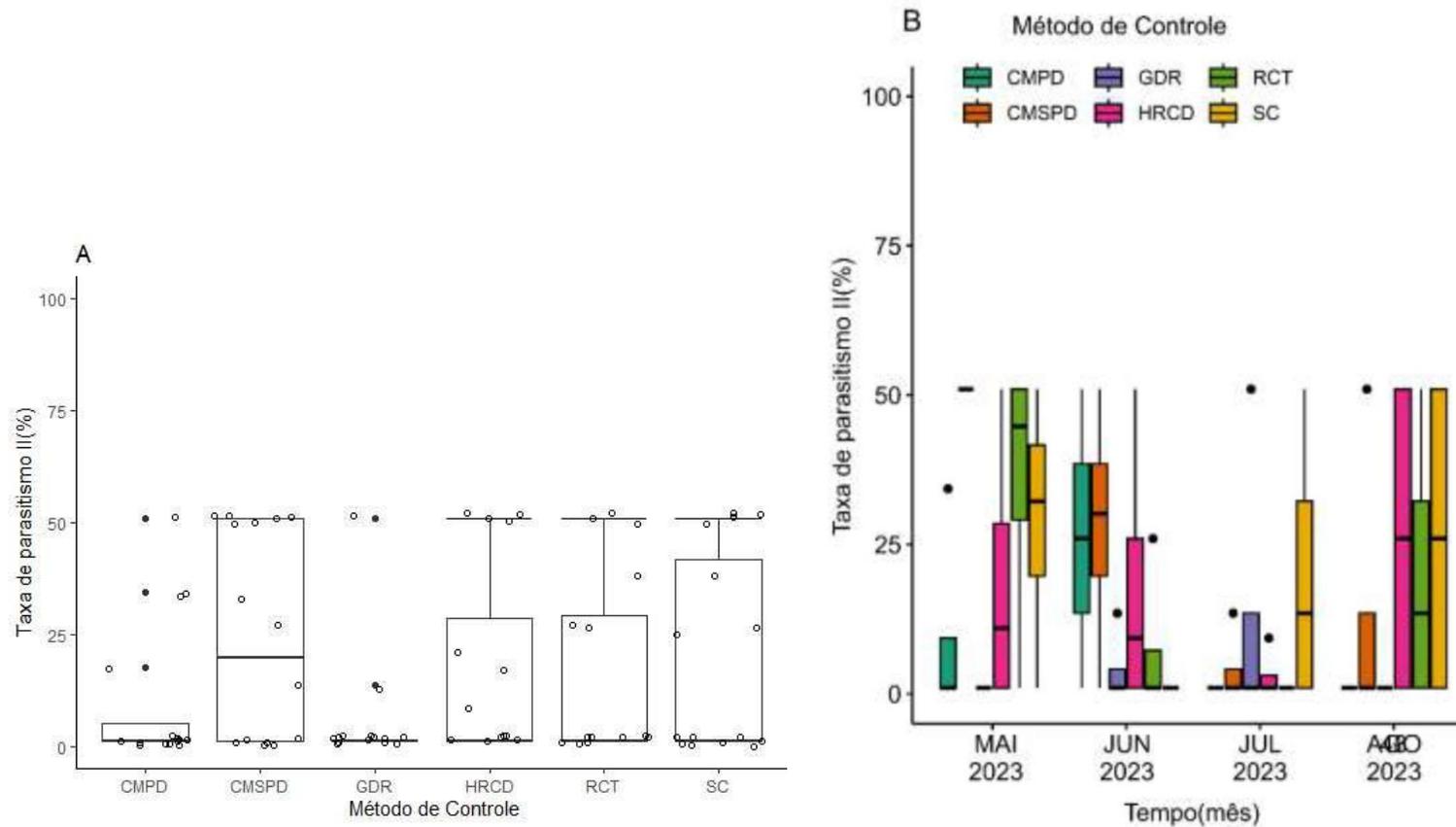
781

Figura 1.6. Boxplot com a porcentagem de minas ativas: (A) entre métodos de controle de plantas daninhas (\pm IQ); (B) em função do tempo. Boxplot mostra percentis 25 e 75, linha grossa escura dentro do boxplot indica a mediana. Pontos escuros nas figuras indicam valores extremos (outlier) e pontos circulares abertos indicam valores observados. SC: Sem controle de plantas daninhas, RCT: Roçagem tratorizada, GDR: Gradagem tratorizada, HRCD: Aplicação de herbicida, CMPD: Capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal.



782
783
784
785
786

Figura 1.7. Boxplot mostrando a porcentagem de parasitismo I: (A) entre método de controle de plantas daninhas (\pm IQ); (B) em função do tempo. Boxplot mostra percentis 25 e 75, linha grossa escura dentro do boxplot indica a mediana. Pontos escuros nas figuras indicam valores extremos (outlier) e pontos circulares abertos indicam valores observados. SC: Sem controle de plantas daninhas, RCT: Roçagem tratorizada, GDR: Gradagem tratorizada, HRCD: Aplicação de herbicida, CMPD: Capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal.



789 **Figura 1.8.** Boxplot com a porcentagem de parasitismo II: (A) entre método de controle de plantas daninhas (\pm IQ); (B) em função do tempo. Boxplot mostra
 790 percentis 25 e 75, linha grossa escura dentro do boxplot indica a mediana. Pontos escuros nas figuras indicam valores extremos (outlier) e pontos circulares
 791 abertos indicam valores observados. SC: Sem controle de plantas daninhas, RCT: Roçagem tratorizada, GDR: gradagem tratorizada, HRCD: aplicação de
 792 herbicida, CMPD: capina manual sem remoção da biomassa vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal.

ARTIGO II

Controle de plantas daninhas em cafeeiro: efeitos na macrofauna edáfica*

* Situação: não-submetido

Soil and Tillage Research

Original Research Paper

Controle de plantas daninhas em cafeeiro: efeitos na macrofauna edáfica

Óscar Baptista Nipato^a, Maria Aparecida Castellani^a, Aldenise Alves Moreira^a

^a*Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, 45.083-300, Brasil*

Autor Correspondente:

Óscar Baptista Nipato

Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia)

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB Vitória da Conquista, BA, 45083-300, Brazil

Phone: +258840527267

E-mail: obnipato@gmail.com

Resumo

Controle de plantas daninhas constitui uma prática frequente em agroecossistemas cafeeiros. No entanto, pouco se sabe sobre seu impacto na fauna do solo. O objetivo do estudo foi avaliar a influência de métodos de controle de plantas daninhas na macrofauna edáfica. As hipóteses do estudo foram: (1) plantas daninhas no cafeeiro promovem maior diversidade, abundância e riqueza da macrofauna edáfica; (2) métodos de controle de plantas daninhas impactam os atributos químicos do solo; e (3) atributos químicos do solo impactam a macrofauna edáfica. Os tratamentos avaliados foram: (i) sem controle de plantas daninhas-SC, (ii) roçagem tratorizada, (iii) gradagem tratorizada, (iv) aplicação de herbicida, (v) capina manual sem remoção da biomassa vegetal, e (vi) capina manual e remoção da biomassa vegetal. Em cada parcela de 10 × 20 m (200 m²), foram extraídos 3 monólitos, com base no método TSBF (*Tropical Soil Biological Fertility*) para amostragem da macrofauna edáfica e análise de atributos químicos do solo (pH, P, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ soma de bases, matéria orgânica e carbono orgânico). A macrofauna edáfica foi avaliada com base na abundância, diversidade, riqueza e biomassa de Haplotaxida. O tratamento sem controle de plantas daninhas promoveu maior abundância da macrofauna edáfica em nível de família, confirmando parcialmente a primeira hipótese. A segunda hipótese do estudo não foi confirmada. Os atributos químicos do solo correlacionam-se com massa seca de Haplotaxida. A roçagem promoveu maior massa seca de Haplotaxida em relação à aplicação do herbicida glifosato e capina manual, e remoção da biomassa vegetal. Conclui-se que a cobertura feita pelas plantas daninhas promove maior conservação da macrofauna do solo. Futuros estudos devem considerar o impacto de métodos combinados de controle de plantas daninhas e a inclusão de cobertura vegetal específica na macrofauna edáfica em cafeeiro.

Palavras-chave: Capina, *Coffea arabica*, Diversidade, Herbicida, Plantas invasoras, Riqueza, Roçagem, Solo.

1. Introdução

O café é a bebida mais consumida no mundo e o futuro da cafeicultura mundial está na sustentabilidade dos sistemas de produção e na rastreabilidade do produto. Cultivado em mais de 70 países, 75% da produção mundial está concentrada nas áreas de produção do Brasil, Vietnã, Colômbia, Indonésia e Etiópia (ICO, 2019).

Inúmeros desafios estão sendo enfrentados pelos países produtores de café, incluindo o Brasil, no que concerne às exigências internacionais com relação à segurança ambiental e à saúde pública, por conta do uso amplo de pesticidas (Winter et al., 2020). Nesse contexto, a adoção de princípios de manejo integrado de pragas e de plantas daninhas representam um papel importante na sustentabilidade dos agroecossistemas cafeeiros (Koutouleas et al., 2023). O controle de plantas daninhas em cafeeiro, como prática frequente, contribui para a redução da biodiversidade vegetal em microescala. A degradação da cobertura vegetal espontânea tem sido uma das maiores causas da perda da biodiversidade (Tsiafouli et al., 2014; Haddad et al., 2015), incluindo a edáfica (Zhang et al., 2022), afetando a capacidade de manutenção dos ecossistemas (De Carvalho; Szlafsztein, 2018). Determinação das propriedades do solo permite a caracterização do seu estado de degradação ou conservação. A propriedade biológica tem sido caracterizada, de forma direta, pela presença da fauna do solo, ou indiretamente por enzimas microbianas (Jat et al., 2021).

A fauna do solo promove ciclagem de nutrientes pelo processo de decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) (Briones, 2018; Joly et al., 2020). Diversos grupos de organismos atuam nesse processo, a exemplo dos artrópodes e anelídeos terrestres que digerem parcialmente a MOS, favorecendo a atividade microbiana (Joly et al., 2017). Microrganismos degradam polissacarídeos (López-Mondéjar et al., 2016; Wang et al., 2019), enquanto outros, como minhocas, revolvem o solo (Stanbrook et al., 2021) e bactérias, fungos basidiomicetos secretam compostos orgânicos agregantes de partículas sólidas e solubilizantes de nutrientes no solo (Alori et al., 2017; Lehmann et al., 2017; Cania et al., 2019).

A fauna do solo distingue-se quanto ao tamanho, sendo classificada em microfauna (< 100 µm, alguns exemplos são bactérias, fungos e pequenos nematoides), mesofauna (100 µm e 2 mm, alguns exemplos são Colêmbolas, ácaros predadores e proturanos) e macrofauna (2 mm e 20 mm, alguns exemplos são minhocas e artrópodes) (Sofa et al., 2020). Ainda, o complexo de organismos edáficos tem sido categorizado de

acordo com a função trófica. Conforme o hábito alimentar, a fauna edáfica classifica-se em detritívoros e fungívoros (Faber, 1991). A fauna detritívora alimenta-se de resíduos orgânicos, a exemplo de minhocas (Haimi; Huhta, 1990), Blattodea (Myer; Forschler, 2018), Diplopoda e Isopoda (Pokhlyenko et al., 2020) e insetos (Neher; Barbercheck, 2019). Alguns organismos da fauna edáfica, a exemplo do Colêmbola, alimentam-se de fungos edáficos (Mitschunas et al., 2006).

Assim como os demais grupos, a macrofauna edáfica contribui grandemente na estabilização da matéria orgânica, por meio da mineralização (Frouz, 2018) de Carbono e Nitrogênio no solo, por exemplo (Guo et al., 2019). Por causa do seu tamanho e hábito alimentar, a macrofauna edáfica afeta a estrutura do solo, através da mobilidade, e regula o fluxo de matéria orgânica. Essa função tem sido associada a minhocas (Coq et al., 2007).

A macrofauna edáfica, direta ou indiretamente, pode ser impactada pelas práticas agrícolas, favorecendo ou não a sua conservação. A diversificação da vegetação pode favorecer a macrofauna edáfica. Suárez et al. (2019) reportaram que cafeeiro arborizado e sob manejo orgânico apresentou maior densidade da macrofauna do solo, principalmente Oligochaeta, Diplopoda e Blattodea, comparativamente ao cultivo convencional. Em cafeeiro orgânico, onde plantas daninhas foram manualmente controladas, constatou-se aumento significativo da macrofauna edáfica em relação ao cafeeiro convencional com aplicação de herbicida (Velmourougane, 2016). Consórcio de café com pinus favoreceu a ocorrência de maior abundância e diversidade da macrofauna (Prayogo et al., 2019).

Esses resultados indicam a importância do manejo da vegetação no cafeeiro como forma de conservação da fauna do solo. Práticas frequentes, como aplicação de herbicidas e inseticidas, influenciam a comunidade de artrópodes no solo (Siqueira et al., 2014). Algumas pesquisas demonstraram que a composição da vegetação condiciona as características da fauna edáfica e, conseqüentemente, da atividade biológica do solo (Wu et al., 2009; Jacoby et al., 2017; Winter et al., 2018; Tao et al., 2019). Alguns estudos indicaram que atributos químicos dos resíduos orgânicos e do solo são indicativos da qualidade de recursos e que influenciam a macrofauna edáfica (Cesarz et al., 2016, Mueller et al., 2016).

As plantas daninhas compõem a diversidade da paisagem, contudo, a presença nos cultivos tem sido vista como uma ameaça à produção do cafeeiro. O controle realizado por meio de diversos métodos, como aplicação de herbicida, gradagem, roçagem, capina manual e gradagem, tem contribuído na produção; no entanto, pouca

informação existe sobre os impactos na macrofauna (Marafeli et al., 2019). Sendo assim, as hipóteses do presente estudo foram: (i) plantas daninhas no cafeeiro promovem maior diversidade, abundância e riqueza da macrofauna edáfica; (ii) métodos de controle de plantas daninhas impactam os atributos químicos do solo; e (iii) atributos químicos do solo impactam a macrofauna edáfica. Desse modo, o objetivo do estudo foi avaliar a influência de métodos de controle de plantas daninhas na macrofauna edáfica em cafeeiro não irrigado.

2. Material e métodos

2.1. Área do estudo

O estudo foi realizado em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) da cultivar Catuaí, localizado na Fazenda Primavera, município de Barra do Choça, Bahia, Brasil (14° 50' 38.6"S, 40°31' 18.6"W e altitude de 863). Barra do Choça possui clima tropical de altitude (Cwb) (SEI, 2014), com temperatura média anual de 19,9°C e precipitação pluviométrica média anual de 900 mm (Conceição et al., 2016). O cultivo de café foi estabelecido na década de 1970, com espaçamento nas entrelinhas de 3,0 m × 1,0 m, sendo sistematicamente podado. Os principais métodos de controle de plantas daninhas utilizados na propriedade têm sido a roçagem tratorizada e a aplicação de herbicida.

2.2. Desenho experimental

O experimento foi conduzido no período de setembro 2022 a julho de 2023 e sob delineamento em blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições, sendo cada parcela com dimensão de 10 m × 20 m, equidistantes dentro do bloco em 20 m e entre blocos 50 m. Os tratamentos foram: (i) sem controle de plantas daninhas - SC, (2) roçagem tratorizada - RC, (3) gradagem tratorizada tratorizada - GDR, (4) aplicação de herbicida - HRCD, (5) capina manual sem remoção da biomassa vegetal de plantas daninhas- CMPD, e (6) capina manual e remoção da biomassa vegetal de plantas daninhas - CMSPD. A parcela foi composta de sete linhas de plantas de 10 m de comprimento, sendo consideradas as três centrais para efeitos de amostragem.

No tratamento HRCD, foi usado herbicida glifosato (Roundup®), na concentração de 445 g i.a.L⁻¹, considerando a dose 4 L.ha⁻¹. O herbicida foi sempre aplicado no intervalo das 8h às 10h, sendo a mesma feita manualmente com pulverizador costal de 20 L de capacidade (Intech Machine, Brasil), utilizando-se bico tipo leque. O

tratamento SC consistiu em manter plantas daninhas nas entrelinhas do cafeeiro, durante o período do experimento. A gradagem tratorizada mecanizada (GDR) foi feita com trator de 3750 kg (Massey Ferguson, MF 275, Brasil), acoplado à grade de 12 discos recortados (off-set Baldan GHO, Brasil). O mesmo trator foi usado para roçagem (RC), feita por uma roçadeira hidráulica (roçadeira Maqtron-RT 1800, Brasil). A capina manual sem remoção da biomassa vegetal de plantas daninhas (CMPD), consistiu na remoção de plantas daninhas e permanência de toda biomassa vegetal na mesma parcela, contrariamente ao tratamento CMSPD, no qual toda biomassa vegetal foi removida, mantendo-se sempre limpo. Durante todo período experimental, foram feitas três aplicações de herbicida (HRCD) e seis aplicações dos demais tratamentos (GDR, RC, CMPD e CMSPD), sempre que as plantas atingissem 15 a 20 cm de altura. A área entre os blocos e as parcelas foi mantida roçada.

2.3. Macrofauna edáfica

A macrofauna edáfica foi amostrada uma única vez, ao final do período experimental (julho/2023), utilizando-se o método *Tropical Soil Biological Fertility* (TSBF) (Anderson; Ingram, 1994) e de Yag et al. (2021). Em cada uma das entrelinhas úteis (n=3) de cada parcela, foi extraído um monólito de 25 cm × 25 cm × 30 cm. Os monólitos extraídos foram depositados em sacolas transparentes de polietileno de 50 kg e transportados ao laboratório para realização da triagem da macrofauna e fixação dos espécimes em recipientes de 200 mL contendo álcool 70%.

Usou-se microscópio estereoscópico bilocular (LABOMED, CZM6, Labo América Inc., Califórnia, USA) com aumento de 80x para identificação e quantificação dos exemplares. A identificação dos artrópodes foi em nível de Ordem e Família, de acordo com Baker (1972) e Borror et al. (2005), para insetos; Jocqué e Dippenaar-Schoeman (2007), para Arachnida; Schileyko et al. (2020), para Chilopoda; Shultz, (2018), para Isopoda; e Hoffman et al. (1996), para Diplopoda.

Exemplares de artrópodes e anelídeos edáficos foram contados para determinar a abundância. Os anelídeos adultos e imaturos foram secos em estufa a 65 °C, durante 24 horas, para determinar a biomassa (g). Índices faunísticos foram utilizados para caracterizar a diversidade e riqueza da macrofauna. Determinaram-se índices de diversidade de Simpson (1949) e Shannon-Wiener (1948) e de riqueza de Pielou (Smith e Wilson, 1996).

2.4. Propriedades químicas do solo

Dos monólitos de solo extraídos para amostragem da macrofauna (subitem 2.3), foram obtidas três subamostras de solo por parcela, sendo uma em cada entrelinha útil da parcela, para determinação do pH do solo em água (FAO, 2021); fósforo e potássio total, de acordo com Mehlich (1984); cálcio e magnésio trocáveis foram extraídos em KCl 1 N (Mehlich, 1984); carbono orgânico total (CO), de acordo com Walkley e Black (1934); matéria orgânica total do solo (MOS), com base no método de combustão (Teixeira et al., 2017).

2.4.1. Características químicas e físicas do solo na área experimental

Os atributos químicos e físicos do solo na área do estudo foram: 6,2 pH (H₂O); 4,3 P (mg.dm⁻³); 0,3 cmolc.dm⁻³ K⁺; 5,2 cmolc.dm⁻³ Ca²⁺; 2 cmolc.dm⁻³ Mg²⁺; 0 cmolc.dm⁻³ Al³⁺; 2,6 cmolc.dm⁻³ H⁺; 7,5 cmolc.dm⁻³ SB (soma de bases); 7,5 cmolc.dm⁻³ t (CTC efetiva); 10,1 cmolc.dm⁻³ T (CTC a pH =7); 74,3 % V (saturação por bases); 0 % m (saturação por alumínio); 29,8 g.dm⁻³ MO (matéria orgânica); 125 g.kg⁻¹ silte; 91,7 g.kg⁻¹ areia e 456,7 g.kg⁻¹ argila.

2.5. Análise estatística

Os dados referentes aos efeitos dos métodos de controle de plantas daninhas na macrofauna edáfica, propriedades físicas e químicas do solo, foram avaliados com ANOVA e as médias contrastadas pelo teste LSD. Quando verificada a não existência dos pressupostos da ANOVA, usou-se o Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM) e as médias foram contrastadas com auxílio do pacote emmeans (Lenth, 2016). Dados de abundância da macrofauna edáfica foram transformados em log (x+1).

O teste de correlação de Pearson foi usado para analisar a relação da macrofauna edáfica e dos atributos químicos do solo. Foi utilizada análise de componentes principais (PCA) para avaliar a associação da macrofauna edáfica e os métodos de controle de plantas daninhas. A análise de redundância (RDA) foi usada para relacionar macrofauna edáfica (variáveis dependentes) e atributos químicos do solo (variáveis explicativas). Foi realizado o teste de significância dos eixos na análise de redundância (Legendre et al., 2010). Toda análise estatística foi realizada no *software* R (R Development Core Team, 2023).

3. Resultados

3.1. Efeito de métodos de controle de plantas daninhas na comunidade da macrofauna edáfica

Na área de estudo, foram registrados o total de 1,196 organismos pertencentes aos Filos Arthropoda (35,9 %) e Annelida (64,1 %), distribuídos em 10 Ordens. Os anelídeos foram mais abundantes e representados pela Ordem Haplotaxida (64,1 %), seguidos pelos artrópodes das Ordens Hymenoptera (Insecta) (14,88 %), Blattodea (Insecta) (8,69 %), Coleoptera (Insecta) (7,19%) e Spirostreptida (Diplopoda) (3,26 %). Os demais grupos contribuíram com menos de 1 % da macrofauna amostrada: Aranae (Arachnida), Isopoda (Crustaceae), Diptera (Insecta) e Scolopendrida (Quilópoda) (Tabela 1). Os artrópodes foram identificados em 12 famílias, destacando-se Formicidae (Insecta) (42,93 %), Termitidae (Insecta) (23,02 %), Elateridae (Insecta) (9,11 %), Spirotreptidae (Diplopoda) (9,11 %), Scarabaeidae (Insecta) (8,15 %), Scolopendridae (Quilópoda) (1,68%) e Blattellidae (Insecta) (1,68%) como as mais abundantes. As demais famílias tiveram baixa participação na artropodofauna: Bibionidae (Diptera), Cicadellidae (Hemiptera), Cydnidae (Coleoptera), Philloscidae (Isopoda) e Linyphiidae-Aranae) (Tabela 2).

A abundância da macrofauna edáfica, em nível de ordem ($F_{5;15}=3,57$; $p=0,025$; Tabela 1) e família de artrópodes (GLMER, $X^2=276,13$; $gl=5$; $p<0,001$; Tabela 2), foi significativamente influenciada pelos métodos de controle de plantas daninhas. Em nível de Ordem, a abundância foi significativamente maior no tratamento sem controle de plantas daninhas em relação ao controle com gradagem tratorizada, aplicação de herbicida, capina manual sem remoção da biomassa vegetal de plantas daninhas e capina manual e remoção da biomassa vegetal de plantas daninhas ($p<0,05$), não diferindo, contudo, com a roçagem ($p>0,05$) (Tabela 1).

Em nível de Família, a abundância foi significativamente maior no tratamento sem controle de plantas daninhas, seguida pela abundância obtida na capina manual e remoção da biomassa vegetal, diferindo-se entre si e dos demais tratamentos (Tabela 2). Representantes de Bibionidae (Diptera) e Cicadellidae (Hemiptera) somente foram encontrados no tratamento com controle de plantas daninhas com a capina manual e remoção da biomassa vegetal, enquanto que Cydnidae (Hemiptera) somente foi observado no controle de plantas daninhas com a capina manual sem remoção da biomassa vegetal.

Philloscidae (Isopoda) foi encontrada somente no tratamento sem controle de plantas daninhas, enquanto que e Linyphiidae (Aranae) foi encontrada nos tratamentos sem controle de plantas daninhas e na gradagem tratorizada. A riqueza ($F_{5;15}=0,55$; $gl=5$; $p=0,739$; Figura 1A) e diversidade de Famílias ($F_{5;15}=0,95$; $gl=5$; $p=0,479$; Figura 1B) não foram influenciados pelos métodos de controle de plantas daninhas.

3.1.1. Biomassa seca de Haplotaxida

A biomassa seca de organismos da Ordem Haplotaxida (Annelida) variou significativamente entre os métodos de controle de plantas daninhas ($F_{5;15}=3,24$; $gl=5$; $p=0,035$; Figura 2), sendo maior no tratamento com gradagem tratorizada em relação à aplicação de herbicida e capina manual e remoção da biomassa vegetal ($p<0,05$).

3.2. Efeito de métodos de controle de plantas nos atributos químicos do solo

O teor de carbono orgânico (CO) total não diferiu significativamente entre os métodos de controle de plantas daninhas ($F_{5;15}=1,97$; $gl=5$; $p=0,141$), da mesma forma a quantidade de matéria orgânica não variou significativamente entre os métodos de controle de plantas daninhas ($F_{5;15}=3,53$; $gl=5$; $p=0,079$). Outros atributos químicos do solo, pH ($F_{5;15}=1,09$; $gl=5$; $p=0,402$), SB ($X^2=9,41$; $gl=5$; $p=0,094$), fósforo ($F_{5;15}=2,59$; $gl=5$; $p=0,069$), potássio ($X^2=1,99$; $gl=5$; $p=0,849$), cálcio ($F_{5;15}=1,25$; $gl=5$; $p=0,337$) e magnésio ($F_{5;15}=1,78$; $gl=5$; $p=0,177$) não foram influenciados pelos métodos de controle de plantas daninhas (Tabela 3).

3.3. Correlação da macrofauna edáfica e atributos químicos do solo

Todas as correlações entre abundância da macrofauna edáfica, em nível de Ordem, e atributos químicos do solo não foram significativas ($p>0,05$) (Tabela 4). Verificou-se, contudo, correlação significativa entre a biomassa seca e abundância de Haplotaxida ($r=0,82$; $p=0,00$; Figura 3A) e com fosforo ($r=0,41$; $p=0,044$; Figura 3B). As correlações de matéria orgânica ($r=-0,36$; $p=0,088$; Figura 4 A) e carbono orgânico total do solo ($r=0,37$; $p=0,073$; Figura 4B) com a biomassa seca estiveram próximos de serem significativos. Para os demais atributos químicos (pH, cálcio, magnésio e soma de bases), as correlações com a biomassa de Haplotaxida não foram significativas ($p>0,05$).

3.4. Resposta da macrofauna edáfica aos métodos de controle de plantas daninhas

Obteve-se resposta da macrofauna edáfica, em nível de Ordem e Família, em função dos métodos de controle de plantas por meio da análise de componentes principais (PCA). A componente principal 1 (PC1) explicou 49,22 % e a componente principal 2 (PC2) 26,84 % da variação da macrofauna edáfica. Ordens Hemiptera, Diptera e Aranae estavam associados à capina manual sem remoção da biomassa vegetal, à capina manual e remoção da biomassa vegetal e à aplicação de herbicida glifosato, respectivamente. Os métodos de roçagem e gradagem tratorizada estão correlacionados e a Ordem Haplotaxida preferiu esses ambientes. As Ordens Spirotreptida, Blattodea e Isopoda foram associadas ao ambiente sem controle de plantas daninhas. O tratamento sem controle de plantas daninhas não foi correlacionado aos demais métodos (Figura 5). Ordens Hymenoptera, Scolopendrida e Coleoptera tiveram uma distribuição não preferencial.

Em nível de Família, PC1 explicou 48,1 % e PC2 36,1 % da variação da macrofauna edáfica (Figura 6). Os organismos das famílias Phylloscidae, Termitidae, Spirostreptidae, Scolopendridae e Elateridae estavam associadas ao tratamento sem controle de plantas daninhas. Por outro lado, Linyphiidae, Cicadeliidae e Bibionidae estavam associados à capina manual e à remoção da biomassa vegetal. Scarabaeidae ficou associado à gradagem tratorizada e Cydniidae à capina manual sem remoção da biomassa vegetal. Os métodos de roçagem, aplicação de herbicida, gradagem tratorizada e capina manual sem remoção de plantas daninhas assemelham-se, enquanto o tratamento sem controle de plantas daninhas e capina manual e remoção da biomassa vegetal foram contrastantes e diferentes dos demais.

3.5. Efeito de atributos químicos do solo na macrofauna edáfica

A análise de redundância (RDA) foi usada para explicar a variação na macrofauna pelos atributos químicos do solo. Foram selecionados os atributos químicos (pH, SB, P, K, Ca, Mg, MO e CO) como variáveis explicativas e diferentes grupos da macrofauna edáfica como variáveis dependentes. Com 999 números de permutações, o modelo não explicou significativa variação nos grupos de organismos da macrofauna edáfica (modelo geral; $F=1,005$; $p=0,466$) (Tabela 6).

Todas as variáveis independentes não explicaram significativamente a variação da macrofauna edáfica ($p>0,05$). Linyphiidae encontrou-se positivamente correlacionada ao carbono orgânico do solo. Formicidae, Cicadellidae e Bibionidae não estavam correlacionados aos atributos químicos do solo. Elateridae, Scarabaeidae, Cydniidae

Scolopendridae correlacionaram-se negativamente ao pH, magnésio, fósforo, cálcio e soma de bases. Phislocidae, Termitidae, Spirotreptidae e Blattelliidae foram associados à matéria orgânica (Figura 7).

A análise de redundância considerou a biomassa e abundância de organismos da Ordem Haplotaxida como variável independente, e atributos do solo (pH, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, soma de bases, matéria orgânica do solo e carbono orgânico do solo) como variáveis explicativas. O modelo explicou significativa variação da biomassa seca e abundância de Haplotaxida ($F=5,10$; $p=0,002$). Axis 1 (carbono orgânico, pH, Fósforo, Potássio e Magnésio) explicou significativamente a variação da biomassa seca de Haplotaxida ($F=55,17$; $p=0,002$). Os termos significativos do modelo foram fósforo ($F=10,18$; $p=0,004$), potássio ($F=4,82$; $p=0,026$), magnésio ($F=9,49$; $p=0,007$) e matéria orgânica do solo ($F=2,72$; $p=0,033$) (Figura 8).

4. Discussão

4.1. Efeito de métodos de controle de plantas daninhas na macrofauna edáfica

A estrutura da comunidade da macrofauna edáfica, considerando riqueza e diversidade, não foi significativamente influenciada pelos métodos de controle de plantas daninhas (Figura 2). Resultados similares foram encontrados por Batista (2023) e ambos os resultados vão de acordo com os reportados por Sithole et al. (2017). A riqueza e diversidade de organismos da macrofauna edáfica são indicadoras da sustentabilidade do agroecossistema, no entanto, diferenças podem existir entre estudos por causa da relação da macrofauna com outros fatores, como tipo de solo, teor de umidade do solo, clima da região, cobertura do solo e do manejo geral do cultivo.

Variações significativas da macrofauna edáfica ocorreram em termos de abundância de Ordens e Famílias dos organismos coletados. Maior abundância da macrofauna foi em área sem controle de plantas daninhas comparativamente ao controle com gradagem tratorizada, aplicação de herbicida, capina manual sem remoção da biomassa vegetal e capina manual e remoção da biomassa vegetal (Tabela 2). Este resultado assemelha-se ao de Vršiř et al. (2021), que verificaram redução da abundância da macrofauna com aplicação de herbicida e plantio direto comparativamente ao tratamento com preservação de plantas de cobertura em vinhedo.

A cobertura vegetal reduz evapotranspiração, retendo mais umidade do solo, e reduz temperatura do solo (Cerdà et al., 2021). Estas condições podem influenciar positivamente a densidade populacional de alguns grupos de organismos da macrofauna edáfica. Florian et al. (2017) encontraram positiva correlação entre umidade do solo e abundância de minhocas e negativa correlação com a temperatura do solo. Maior exposição do solo à radiação solar, elevada temperatura e reduzida umidade podem explicar baixa abundância da macrofauna edáfica, onde as plantas daninhas foram controladas através dos métodos de gradagem tratorizada, aplicação de herbicida, capina manual sem remoção da biomassa vegetal de plantas daninhas e capina manual e remoção da biomassa vegetal de plantas daninhas (Tabela 1). Maior abundância da macrofauna edáfica verificada em tratamentos com presença da cobertura vegetal (sem controle de plantas daninhas e roçagem), resultado que se assemelha aos resultados encontrados em vinhedo por Sommaggio et al. (2018). Também, De Pedro et al. (2020) reportaram maior abundância de aranhas (Linyphiidae e Lycosidae), besouros (Carabaeidae e Staphylinidae) e himenópteros (Scelionidae) em parcelas com cobertura vegetal.

No presente estudo, foram identificadas 10 Ordens de organismos da macrofauna edáfica associadas ao cafeeiro sob diferentes métodos de controle de plantas daninhas. Na Bahia, Nascimento (2021) encontrou 13 grupos de organismos da macrofauna do solo em cafeeiro consorciado com Ingá e cafeeiro consorciado com banana e mata nativa. Cafeeiro consorciado com Ingá apresentou significativa abundância de Oligochaeta em comparação com mata nativa. Esses resultados demonstram que cafeeiro com histórico de manejo convencional apresenta tendência de aumento de minhocas comparativamente à área sem cultivo. Essa tendência foi verificada no presente estudo, sendo Haplotaxida associada à área com roçagem e gradagem tratorizada (Figura 5). O número de Ordens e abundância da macrofauna edáfica, verificados no presentes estudo, diferem dos encontrados por Santos et al. (2018), os quais registraram mais de 13 Ordens e 1,072 espécimes de himenópteros e 544 de coleópteros, sendo sua maioria verificada em cafeeiro orgânico do que convencional.

A biomassa seca de Haplotaxida reduziu significativamente no controle de plantas daninhas com a aplicação de herbicida e com a capina manual e remoção da biomassa vegetal, comparativamente com tratamentos sem controle de plantas daninhas, roçagem e gradagem tratorizada (Figura 2). Esse efeito pode ser devido ao fato do controle de plantas daninhas com herbicida e capina manual e remoção da biomassa vegetal apresentarem baixa abundância de organismos (Tabela 1), e como ambas variáveis estão

linearmente relacionadas (Figura 3 A), observou-se proporcional mudança na biomassa seca.

4.2. Efeito de métodos de controle de plantas nos atributos químicos do solo

Os atributos químicos do solo não diferiram significativamente entre os métodos de controle de plantas daninhas, o que pode estar relacionado, em parte, ao tempo relativamente reduzido do estudo, não possibilitando a ocorrência de diferenças acentuadas nos atributos químicos do solo entre tratamentos. Esses resultados concordam com aqueles obtidos por Oliveira et al. (2016), os quais não verificaram diferenças significativas de nitrogênio, fósforo e potássio entre métodos de controle de plantas daninhas.

Resultados encontrados no presente estudo vão de acordo com os estudos citados, e isso pode ser satisfatório, na medida em que a presença ou ausência de plantas daninhas não afetaram grandemente os atributos químicos do solo. Essa informação torna-se fundamental no manejo de plantas daninhas, permitindo o não uso de herbicidas ou outros métodos que impactam a macrofauna (Tabela 1). A presença de plantas daninhas nas entrelinhas do cafeeiro pode contribuir na redução do escoamento superficial da água da chuva e o impacto das gotas sobre as partículas do solo, evitando, assim, a ocorrência da erosão do solo (Lenka et al., 2017).

4.3. Correlação da macrofauna edáfica e atributos químicos do solo

A abundância de todos os grupos da macrofauna não foi significativamente correlacionada aos atributos químicos do solo (Tabela 4). No entanto, a biomassa seca de Haplotaxida apresentou significativa correlação com alguns atributos químicos do solo (fósforo, matéria orgânica do solo e carbono orgânico total do solo). Maior biomassa de Haplotaxida aumentou a disponibilidade do fósforo no solo (Figura 3). Vos et al. (2014) reportaram aumento de absorção de fósforo pela grama *Lolium perenne* (L.) (Poaceae) com a presença de *Lumbricus terrestris* L. (Haplotaxida). Este organismo tem grande influência na ciclagem de fósforo (Coulis et al., 2014) e sua disponibilidade para plantas. Haplotaxida reduz a matéria orgânica através da digestão, o que permite incrementar ou renovar carbono e nitrogênio no solo (Lavelle et al., 2004).

No presente estudo, observou-se negativa correlação da biomassa de Haplotaxida com a matéria orgânica do solo (Figura 4 A), e esse resultado pode ser explicado pela consequência do processo de digestão (Lavelle et al., 2004), uma vez que a mesma acelera a decomposição microbiana de resíduos vegetais, permitindo, assim, a liberação e acúmulo de carbono. Esse acúmulo reflete no aumento de carbono orgânico no solo, e esta tendência foi verificada no presente estudo (Figura 4 B). Os resultados encontrados no presente estudo discordam dos reportados por Batista et al. (2023) que encontraram significativa correlação da abundância da macrofauna edáfica com fósforo e nitrogênio.

4.4. Resposta da macrofauna edáfica aos métodos de controle de plantas daninhas

Os métodos de roçagem, gradagem tratorizada, aplicação de herbicida e capina manual sem remoção da biomassa vegetal mostraram estar associados; enquanto o tratamento sem controle de plantas daninhas e capina manual e remoção da biomassa vegetal não se correlacionaram entre si e aos demais métodos de controle. Os grupos da macrofauna edáfica, Philloscidae, Termitidae, Spirostreptidae, Scolopendidae e Elateridae preferiram habitar sem controle de plantas daninhas. Maior número de grupos em área sem controle de plantas daninhas justifica a maior abundância verificada (Tabela 2), o que demonstra que esse habitat foi mais adequado. Em cafeeiros sombreados, foi reportada maior abundância da macrofauna edáfica (Suárez et al., 2019).

Organismos da macrofauna edáfica habitam em locais que são favoráveis para alimentação e reprodução. Neste estudo, foi constatado que, tanto em nível de Ordem como de Família, a macrofauna edáfica foi associada ao habitat com preservação de plantas daninhas. Ayuke et al. (2019) reportaram que resíduos orgânicos aumentaram a diversidade e abundância da macrofauna edáfica. Resultados encontrados no presente trabalho podem ser explicados pela presença de maior cobertura do solo, promovida pelas plantas daninhas e ausência de distúrbio mecânico do solo.

4.5. Efeito de atributos químicos do solo na macrofauna edáfica

Os atributos químicos do solo não explicaram a variação da abundância da macrofauna edáfica (Tabela 5). Este resultado pode estar relacionado com a ausência de efeito dos métodos de controle de plantas daninhas nas propriedades químicas do solo (Tabela 3). Por outro lado, a variação da biomassa seca de Haplotaxida foi explicada por atributos químicos do solo (P, Mg^{2+} , K^+ e matéria orgânica do solo). Este resultado se assemelha ao encontrado por Cesarz et al. (2016), que observaram aumento de massa de

minhocas *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826) e *Octolasion tyrtaeum* (Savigny, 1826) com magnésio, cálcio e nitrogênio dos resíduos vegetais. No presente estudo, o fósforo não foi significativamente correlacionado à abundância da macrofauna edáfica, como foi constatado por Mueller et al. (2016), porém, foi positivamente correlacionado à biomassa seca de Haplotaxida.

Na presente pesquisa, a matéria orgânica do solo teve uma correlação negativa com a biomassa seca de Haplotaxida, e P e Mg^{2+} uma associação positiva (Figura 8). Esse efeito foi anteriormente observado, sendo verificada positiva correlação de fósforo (Figura 3 B) e magnésio ($r=0,2$; $p=0,349$), e negativa correlação com matéria orgânica (Figura 4 A). Os resultados encontrados no presente estudo demonstram relação positiva do fósforo no solo com a biomassa seca de Haplotaxida, o que não se assemelha ao reportado por Iordache et al. (2010). A divergência entre ambos os resultados pode ser devido à metodologia usada, por exemplo, Iordache et al. (2010) combinaram doses de fertilizantes fosfatado e nitrogenado para avaliar o efeito de fósforo na biomassa de minhocas.

Já os resultados encontrados no presente estudo sugerem que minhocas participem do processo de decomposição de matéria orgânica do solo, permitindo o acúmulo de carbono do solo e minerais. Lavelle et al. (2004) fundamentam que minhocas, durante o processo de ingestão e digestão, reduzem a quantidade dos resíduos orgânicos, resultando na disponibilização de carbono orgânico do solo. E, pela mesma via, fósforo e potássio (Vos et al., 2014) são acumulados.

5. Conclusão

Concluimos que a conservação de plantas daninhas e roçagem em lavoura cafeeira favorece a abundância da macrofauna edáfica. Os métodos de controle de plantas daninhas não promovem maior diversidade e riqueza da macrofauna edáfica, e não alteram atributos químicos do solo. Os atributos químicos do solo não impactam abundância da macrofauna edáfica, no entanto, aumenta a biomassa seca de Haplotaxida.

O tratamento sem controle de plantas daninhas promove maior abundância da macrofauna do solo. Considerando a massa seca de Haplotaxida, a roçagem se destaca como mais favorável em relação à aplicação de herbicida glifosato e à capina manual com remoção da biomassa vegetal. A alternância de conservação de plantas daninhas e

roçagem, ao longo dos estádios fenológicos do cafeeiro, contribuem para maior sustentabilidade da produção cafeeira.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, à CAPES e à Fazenda Primavera, pela disponibilidade de infraestrutura para pesquisa, bolsa de estudos e acesso à área experimental, respectivamente.

Referências

Alori, E. T., Glick, B. R., Babalola, O. O. 2017. Microbial Phosphorus Solubilization and Its Potential for Use in Sustainable Agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 8. 1-8, doi:<https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00971>

Araujo-Junior, C. F., Henrique Martins, B., Higashi, V. Y., Hamanaka, C. A. 2015. The Role of Weed and Cover Crops on Soil and Water Conservation in a Tropical Region. *Weed Biology and Control*.1, 1-18, doi: <https://doi.org/10.5772/59952>

Ayuke, F. O., Kihara, J., Ayaga, G., Micheni, A. N.2019. Conservation Agriculture Enhances Soil Fauna Richness and Abundance in Low Input Systems: Examples From Kenya. *Frontiers in Environmental Science*, 7. 1-17, doi: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00097>

Baker, W. L. 1972. Eastern forest insects. U.S. Dept. Agric. Misc. Publ. 1175p.

Bartz, M. L. C., Brown, G. G., Pasini, A., Fernandes, J. de O., Curmi, P., Dorioz, J., Ralisch, R.2009. Earthworm communities in organic and conventional coffee cultivation. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44, 928-933, doi: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2009000800019>

Batista, I., Machado, D.L., Correia, M.E.F., Spinelli, H.M, Corá, J.E.2023. Soil macrofauna correlations with soil chemical and physical properties and crop sequences under no-tillage. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*. 47:e0230006, doi: <https://doi.org/10.36783/18069657rbc20230006>

Batista, I., Machado, D.L., Correia, M.E.F., Spinelli, M.H.M., Corá, J.E. 2023. Soil macrofauna correlations with soil chemical and physical properties and crop sequences under no-tillage. *Revevista Brasileira de Ciencia de Solo*. 47:e0230006. doi:<https://doi.org/10.36783/18069657rbc20230006>

Borror, D. J., Triplehorn, C. A., Johnson, N.F.,2005. An Introduction to the Study of Insects, 7th ed. Saunders College, Orlando. 879p.

Briones, M. J. I. 2018. The Serendipitous Value of Soil Fauna in Ecosystem Functioning: The Unexplained Explained. *Frontiers in Environmental Science*, 6,1-11, doi: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00149>

Cania, B., Vestergaard, G., Krauss, M., Fliessbach, A., Schloter, M., Schulz, S. 2019. A long-term field experiment demonstrates the influence of tillage on the bacterial potential to produce soil structure-stabilizing agents such as exopolysaccharides and lipopolysaccharides. *Environmental Microbiome*, 14, 1-14 ,doi: <https://doi.org/10.1186/s40793-019-0341-7>

Cerdà, A., Terol, E., Daliakopoulos, I. N. 2021. Weed cover controls soil and water losses in rainfed olive groves in Sierra de Enguera, eastern Iberian Peninsula. *Journal of Environmental Management*, 290, 1-9, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112516>

Cesarz, S., Craven, D., Dietrich, C., Eisenhauer, N. 2016. Effects of soil and leaf litter quality on the biomass of two endogeic earthworm species. *European Journal of Soil Biology*, 77, 9–16. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2016.09.002>

Coq, S., Barthès, B. G., Oliver, R., Rabary, B., Blanchart, E. 2007. Earthworm activity affects soil aggregation and organic matter dynamics according to the quality and localization of crop residues-An experimental study (Madagascar). *Soil Biology and Biochemistry*, 39, 2119-2128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.03.019>

Coulis, M., Bernard, L., Gérard, F., Hinsinger, P., Plassard, C., Villeneuve, M., Blanchart, E. 2014. Endogeic earthworms modify soil phosphorus, plant growth and interactions in a legume–cereal intercrop. *Plant and Soil*, 379, 149-160. doi: <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2046-4>

De Carvalho, R. M., Szlafsztein, C. F. 2018. Urban vegetation loss and ecosystem services: The influence on climate regulation and noise and air pollution. *Environmental Pollution*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.114>

De Pedro, L., Perera-Fernández, L. G., López-Gallego, E., Pérez-Marcos, M., Sanchez, J. A. 2020. The Effect of Cover Crops on the Biodiversity and Abundance of Ground-Dwelling Arthropods in a Mediterranean Pear Orchard. *Agronomy*, 10, 1-16. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040580>

Faber, J. H. 1991. Functional Classification of Soil Fauna: A New Approach. *Oikos*, 62,110-117. doi: <https://doi.org/10.2307/3545458>

FAO.2021. Standard operating procedure for soil pH determination.Rome.23p

Florian, F., Elisabeth, W., Johann G, Z. 2017. Earthworms are little affected by reduced soil tillage methods in vineyards. *Plant, Soil and Environment*, 63,257-263. doi: <https://doi.org/10.17221/160/2017-pse>

Frouz, J. 2018. Effects of soil macro and mesofauna on litter decomposition and soil organic matter stabilization.*Geoderma*, 332, 161–172. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.08.03>

Guo, Y.,Zhang, X., Zhang, Y., Wu, D., Mclaughlin, N., Zhang, S....Liang, A. 2019. Temporal Variation of Earthworm Impacts on Soil Organic Carbon under Different Tillage Systems. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 1-18. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph16111908>

Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., ... Townshend, J. R. 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1, e1500052–e1500052. doi: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>

Haimi, J. and Huhta, V. 1990. Effects of earthworms on decomposition processes in raw humus forest soil: A microcosm study. *Biology and Fertility of Soils* 10,178-183. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00336132>

Hoffman, R.L.; Golovatch,. S.L; J. Adis, J.; de Morais,W. 1999. Practical keys to the orders and families of millipedes of the Neotropical region (Myriapoda: Diplopoda), *Amazonia*, 14, 1-35.

ICO. 2019. International Coffee Organization. Coffee development report. 84p

Iordache, M., Borza, I. 2010. Relation between chemical indices of soil and earthworm abundance under chemical fertilization.*Plant, Soil and Environment*, Czech Academy of Agricultural Sciences, 56,401-407. doi: <https://doi.org/10.17221/234/2009-PSE>

Jacoby, R., Peukert, M., Succurro, A., Koprivova, A., Kopriva, S. 2017. The Role of Soil Microorganisms in Plant Mineral Nutrition—Current Knowledge and Future Directions. *Frontiers in Plant Science*, 8. 1-19, doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01617>

Jat, H. S., Datta, A., Choudhary, M., Sharma, P. C., Dixit, B., Jat, M. L. 2021. Soil enzymes activity: Effect of climate smart agriculture on rhizosphere and bulk soil under cereal based systems of north-west India. *European Journal of Soil Biology*, 103, 1-10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2021.103292>

Jocqué, R., Dippenaar-Schoeman, A.S. 2007. Spider families of the world. Royal Museum for Central Africa, 338p.

Joly, F.-X., Coq, S., Coulis, M., David, J.-F., Hättenschwiler, S., Mueller, C. W., ... Subke, J.-A. 2020.) Detritivore conversion of litter into faeces accelerates organic matter turnover. *Communications Biology*, 3, 1-9, doi: <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01392-4>

Koutouleas, A., Collinge, D.B., Ræbild, A. 2023. Alternative plant protection strategies for tomorrow's coffee. *Plant Pathology*. 72, 409-429. doi: <https://doi.org/10.1111/ppa.13676>

Lavelle, P., Bignell, D., Lepage, M., Walters, V., Pierre Roger, P., Ineson, P., Heal, O.W., Dhillon, S. 1997. Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal Soil Biology*. 33, 159-193

Legendre, P., Oksanen, J., ter Braak, C. J. F. 2010. Testing the significance of canonical axes in redundancy analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, 2, 269–277. doi: <https://doi.org/10.1111/j.2041-210x.2010.00078.x>

Lenka, N. K., Satapathy, K. K., Lal, R., Singh, R. K., Singh, N. A. K., Agrawal, P. K., ... Rathore, A. 2017. Weed strip management for minimizing soil erosion and enhancing productivity in the sloping lands of north-eastern India. *Soil and Tillage Research*, 170, 104-113. doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.03.012>

Lenth, R.V. 2016. Least-Squares Means: The R Package lsmeans. *Journal of Statistical Software*, 69, 1–33. doi: <https://doi.org/10.18637/jss.v069.i01>.

López-Mondéjar, R., Zühlke, D., Becher, D., Riedel, K., Baldrian, P. 2016. Cellulose and hemicellulose decomposition by forest soil bacteria proceeds by the action of structurally variable enzymatic systems. *Scientific Reports*, 6,1-12,. doi: <https://doi.org/10.1038/srep25279>

Lumbanraja, S.J.; Adachi, A.T .; Oki, Y.; Senge, M.; Watanabe, A. 2004. Effect of weed management in coffee plantation on soil chemical properties. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 69,1–4

MacLaren, C., Storkey, J., Menegat, A., Metcalfe, H., Dehnen-Schmutz, K.2020. An ecological future for weed science to sustain crop production and the environment. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40,1-30 doi: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-006316>

Marafeli, P.P; Reis, P.R; Bernardi, L.F de O; de Alcântara,E.N., Martinez,P.A. 2019. Effects of weed management on soil mites in coffee plantations in a Neotropical environment. *Neotropical Biology and Conservation*.14, 275-289. doi: <https://doi.org/10.3897/neotropical.14.e38094>

Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15,12, 1409–1416. doi:10.1080/00103628409367568

Mitschunas, N., Wagner, M., Filser, J. 2006. Evidence for a positive influence of fungivorous soil invertebrates on the seed bank persistence of grassland species. *Journal of Ecology*, 94, 791–800. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01146.x>

Mueller, K. E., Eisenhauer, N., Reich, P. B., Hobbie, S. E., Chadwick, O. A., Chorover, J.... Oleksyn, J. 2016. Light, earthworms, and soil resources as predictors of diversity of 10 soil invertebrate groups across monocultures of 14 tree species. *Soil Biology and Biochemistry*, 92, 184-198. doi: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.10.010>

Myer, A., Forschler, B. T. 2018. Evidence for the Role of Subterranean Termites (*Reticulitermes* spp.) in Temperate Forest Soil Nutrient Cycling. *Ecosystems*. doi: <https://doi.org/10.1007/s10021-018-0291-8>

Nascimento, M.S. Carbono em agregados e macrofauna edáfica em sistemas de cultivo de café no Sudoeste da Bahia. Dissertação (Mestrada em Agronomia)-Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. 61p, 2016

Neher, D.A., Barbercheck, M.E. 2019. Soil Microarthropods and Soil Health: Intersection of Decomposition and Pest Suppression in Agroecosystems. *Insects*, 10, 1-14. doi: <https://doi.org/10.3390/insects10120414>

Oliveira, B. S., Ambrosini, V. G., Trapp, T., dos Santos, M. A., Sete, P. B., Lovato, P. E..... Brunetto, G. 2016. Nutrition, productivity and soil chemical properties in an apple orchard under weed management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 104, 247-258. doi: <https://doi.org/10.1007/s10705-016-9769-y>

Pokhlyenko, A. P., Didur, O. O., Kulbachko, Y. L., Bandura, L. P. , Chernykh, S. A. 2020. Influence of saprophages (Isopoda, Diplopoda) on leaf litter decomposition under different levels of humidification and chemical loading. *Biosystems Diversity*, 28, 384–389. doi: <https://doi.org/10.15421/012049>

Prayogo, C., Sholehuddin, N., Putra1, E.Z.H.S., Rachmawati, R. 2019. Soil macrofauna diversity and structure under different management of pine-coffee agroforestry system. *Journal of degraded and mining lands management*. 6,1727-1736. doi: <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2019.063.1727>

Santos, J. B. dos, Ramos, A. C., Azevedo Júnior, R., Oliveira Filho, L. C. I. de, Baretta, D., Cardoso, E. J. B. N. 2018. Soil macrofauna in organic and conventional coffee plantations in Brazil. *Biota Neotropica*, 18, 1-13, doi: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2018-0515>

Schileyko, A. A., Vahtera, V., Edgecombe, G. D. 2020. An overview of the extant genera and subgenera of the order Scolopendromorpha (Chilopoda): a new identification key and updated diagnoses. *Zootaxa* 4825, 1–64. doi: <https://doi.org/10.11646/zootaxaPorcentagem.4825.1.1>

Shannon, C. E. 1948. A Mathematical Theory of Communication, *Bell System Technical Journal*, 27, 379–423

- Shultz, J.W. 2018. A guide to the identification of the terrestrial Isopoda of Maryland, U.S.A. (Crustacea). In: Hornung E, Taiti S, Szlavecz K (Eds) Isopods in a Changing World. ZooKeys, 801, 207-228, doi:<https://doi.org/10.3897/zookeys.801.24146>
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of Diversity. Nature, 163, 688-688. doi:<http://dx.doi.org/10.1038/163688a0>
- Siqueira, G. M., Silva, E. F. F., Paz-Ferreiro, J. 2014. Land Use Intensification Effects in Soil Arthropod Community of an Entisol in Pernambuco State, Brazil. The Scientific World Journal, 2014, 1–7. doi: <https://doi.org/10.1155/2014/625856>
- Sithole, N. J., Magwaza, L. S., Mafongoya, P. L., Thibaud, G. R. 2017. Long-term impact of no-till conservation agriculture on abundance and order diversity of soil macrofauna in continuous maize monocropping system. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B- Soil Plant Science, 68, 220-229. doi: <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1381276>
- Smith, B., Wilson, J. B. 1996. A Consumer's Guide to Evenness Indices. Oikos, 76,70. doi: <https://doi.org/10.2307/3545749>
- Sofo, A., Mininni, A. N., Ricciuti, P. 2020. Soil Macrofauna: A key Factor for Increasing Soil Fertility and Promoting Sustainable Soil Use in Fruit Orchard Agrosystems. Agronomy, 10, 1-20. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040456>
- Sommaggio, D., Peretti, E., Burgio, G. (2018). The effect of cover plants management on soil invertebrate fauna in vineyard in Northern Italy. BioControl. doi: <https://doi.org/10.1007/s10526-018-09907-z>
- Stanbrook, R., Harris, E., Jones, M., Wheeler, C. P. 2020. The Effect of Dung Beetle Size on Soil Nutrient Mobilization in an Afrotropical Forest. Insects, 12, 1-9, doi: <https://doi.org/10.3390/insects12020141>
- Suárez, L. R., Pinto, S. P. C., Salazar, J. C. S. 2019. Soil Macrofauna and Edaphic Properties in Coffee Production Systems in Southern Colombia. Floresta e Ambiente, 26,1-8. doi: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.033418>

Tao, Y., Wang, Z., Ma, C., He, H., Xu, J., Jin, Y., ... Zheng, X. 2019. Vegetation Heterogeneity Effects on Soil Macro-Arthropods in an Alpine Tundra of the Changbai Mountains, China. *Plants*, 8,1-12,. doi: <https://doi.org/10.3390/plants8100418>

Teixeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A., Teixeira, W.G. 2017. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl, Brasília, DF : Embrapa, 573p.

Tsiafouli, M. A., Thébault, E., Sgardelis, S. P., de Ruiter, P. C., van der Putten, W. H., Birkhofer, K., ... Hedlund, K. 2014. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology*, 21, 973–985. doi: <https://doi.org/10.1111/gcb.12752>

Velmourougane, K. 2016. Impact of Organic and Conventional Systems of Coffee Farming on Soil Properties and Culturable Microbial Diversity. *Scientifica*, 2016, 1–9. doi: <https://doi.org/10.1155/2016/3604026>

Vos, H. M. J., Ros, M. B. H., Koopmans, G. F., van Groenigen, J. W. 2014. Do earthworms affect phosphorus availability to grass? A pot experiment. *Soil Biology and Biochemistry*, 79, 34-42. doi: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.08.018>

Vršič, S., Breznik, M., Pulko, B., Rodrigo-Comino, J. 2021. Earthworm Abundance Changes Depending on Soil Management Practices in Slovenian Vineyards. *Agronomy*, 11,1-14,. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy11061241>

Walkley, A.; Black, I. A. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37,, 29-38.

Wang, L.; Zhang, J.; He, R.; Chen, Y.; Yang, L.; Zheng, H.; ... Liu, Y. 2018. Impacts of soil fauna on lignin and cellulose degradation in litter decomposition across an alpine forest-tundra ecotone. *European Journal of Soil Biology*, 87, 53–60. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2018.05.004>

Wang, S., Wang, N., Xu, J., Zhang, X., Dou, S. 2019. Contribution of Microbial Residues Obtained from Lignin and Cellulose on Humus Formation. *Sustainability*, 11,1-12,. doi: <https://doi.org/10.3390/su11174777>

Winter, E., Marton, S. M. R. R., Baumgart, L., Curran, M., Stolze, M., Schader, C. 2020. Evaluating the Sustainability Performance of Typical Conventional and Certified Coffee Production Systems in Brazil and Ethiopia Based on Expert Judgements. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4,1-18, doi: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00049>

Winter, S., Bauer, T., Strauss, P., Kratschmer, S., Paredes, D., Popescu, D.,... Batáry, P. 2018. Effects of vegetation management intensity on biodiversity and ecosystem services in vineyards: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 55, 2484-2495. doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13124>

Wu, H., Lu, X., Jiang, M., Bao, X. 2009. Impacts of soil fauna on litter decomposition at different succession stages of wetland in Sanjiang Plain, China. *Chinese Geographical Science*, 19,258–264. doi: <https://doi.org/10.1007/s11769-009-0258-y>

Yang, X., Shao, M., Li, T., Gan, M., Chen, M. 2021. Community characteristics and distribution patterns of soil fauna after vegetation restoration in the northern Loess Plateau. *Ecological Indicators*, 122, 1-11,. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107236>

Yang, Y., Wang, H., Tang, J., Chen, X. 2007. Effects of weed management practices on orchard soil biological and fertility properties in southeastern China. *Soil and Tillage Research*, 93,179–185. doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.04.001>

Zhang, Y; Peng, S; Chen, X; Chen, H. Y. H. 2022. Plant diversity increases the abundance and diversity of soil fauna: A meta-analysis, *Geoderma*, 411, 1-7, doi:<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115694>

Tabelas

Tabela 2.1. Abundância (Nº) e frequência relativa (%) da macrofauna edáfica em função das Ordens dos organismos e métodos de controle de plantas daninhas no cafeeiro. Barra do Choça, Bahia, Brasil

Macrofauna edáfica	SC		RC		GDR		HRC		CMPD		CMSPD	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Coleoptera	24	6,74	23	9,16	20	10,99	7	6,25	9	5,73	3	2,17
Hemiptera	1	0,28	3	1,20	1	0,55	0	0,00	2	1,27	3	2,17
Hymenoptera	79	22,19	7	2,79	1	0,55	18	16,07	16	10,19	57	41,30
Aranae	1	0,28	0	0,00	1	0,55	0	0	0	0	1	0,72
Haplotaxida	148	41,57	210	83,67	151	82,97	83	74,11	110	70,06	65	47,10
Blattodea	78	21,91	0	0	8	4,40	1	0,89	14	8,92	3	2,17
Spirotreptida	20	5,62	6	2,39	0	0	2	1,79	6	3,82	5	3,62
Scolopendrida	4	1,12	2	0,80	0	0	1	0,89	0	0	0	0
Isopoda	1	0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Grupo	9		6		6		6		6		8	
Total	356	100	251	100	182	100	112	100	157	100	138	100
Abundância média (\pm SE)	88 \pm 8a		62 \pm 6ab		45 \pm 5b		28 \pm 3b		39 \pm 4b		34 \pm 4b	

Médias com letras iguais não diferem entre si (Anova com teste LSD, $p < 0,05$). SC: sem controle de plantas daninhas, RC: roçagem tratorizada, GDR: gradagem tratorizada, HRC: aplicação de herbicida, CMPD: capina manual sem remoção da biomassa vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal.

Tabela 2.2. Abundância (Nº) e frequência relativa (%) da macrofauna edáfica em função das Famílias dos organismos e métodos de controle de plantas daninhas no cafeeiro. Barra do Choça, Bahia, Brasil

Macrofauna edáfica	SC		RCT		GDR		HRCD		CMPD		CMSPD	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Elateridae	14	6,93	11	31,43	5	17,86	3	10,34	5	11,36	5	19,23
Scarabaeidae	5	2,48	9	25,71	13	46,43	4	13,79	3	6,82	3	11,54
Blatteliidae	3	1,49	0	0	2	7,14	1	3,45	1	2,27	1	3,85
Formicidae	79	39,11	7	20,00	1	3,57	18	62,07	16	36,36	5	19,23
Termitidae	75	37,13	0	0	6	21,43	0	0	13	29,55	5	19,23
Bibionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3,85
Cydnidae	0	0	0	0	1	3,57	0	0	1	2,27	0	0
Cicadellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3,85
Spirostreptidae	20	9,90	6	17,14	0	0	2	6,90	5	11,36	5	19,23
Philosciidae	1	0,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scolopendidae	4	1,98	2	5,71	0	0	1	3,45	0	0	0	0
Linyphiidae	1	0,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupos	9		5		7		6		7		8	
Total	202	100	35	100	28	100	29	100	44	100	26	100
Abundância (média +SE)	49+7a		8+2c		7+2c		7+2c		8+2c		16+3h	

Médias com letras iguais não diferem entre si (Anova com teste LSD, $p < 0,05$). SC: sem controle de plantas daninhas, RC: roçagem tratorizada, GDR: gradagem tratorizada, HRCD: aplicação de herbicida, CMPD: capina manual sem remoção da biomassa vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal

Tabela 2.3. Média (\pm SE) dos atributos químicos do solo em função de métodos de controle de plantas daninhas em cafeeiro. Barra do Choça, Bahia, Brasil

Parâmetro	SC	RC	GDR	HRC	CMPD	CMSPD
CO (g.kg ⁻¹)*	26,6 \pm 2,59	33,7 \pm 5,02	30,4 \pm 4,90	32 \pm 1,67	31,8 \pm 5,45	27,8 \pm 3,23
MO(g.kg ⁻¹)*	30,23 \pm 3,76	29,27 \pm 3,27	26,37 \pm 2,69	29,30 \pm 4,46	34,90 \pm 3,99	31,25 \pm 1,02
pH(H ₂ O)*	6,1 \pm 0,26	5,9 \pm 0,14	6,01 \pm 0,09	6,04 \pm 0,12	6,05 \pm 0,19	5,9 \pm 0,08
SB(cmolc.dm ⁻³)*	7,37 \pm 0,29	6,91 \pm 0,29	7,23 \pm 0,29	7,89 \pm 0,29	7,81 \pm 0,29	7,13 \pm 0,29
P(mg.dm ⁻³)*	3,43 \pm 0,74	2,9 \pm 1,02	2,81 \pm 0,57	3,63 \pm 1,27	3,4 \pm 0,62	1,78 \pm 0,21
Ca ²⁺ (cmolc.dm ⁻³)*	5,17 \pm 0,61	4,85 \pm 0,75	5,19 \pm 0,34	5,64 \pm 0,52	5,48 \pm 0,49	4,93 \pm 0,45
Mg ²⁺ (cmolc.dm ⁻³)*	1,97 \pm 0,14	1,93 \pm 0,22	1,82 \pm 0,28	2,54 \pm 0,79	2,08 \pm 0,31	1,83 \pm 0,21
K ⁺ (cmolc.dm ⁻³)*	0,29 \pm 0,07	0,26 \pm 0,06	0,27 \pm 0,07	0,25 \pm 0,09	0,34 \pm 0,07	0,32 \pm 0,07

*: Não significativo. SC: sem controle de plantas daninhas, RC: roçagem tratorizada, GDR: gradagem tratorizada, HRC: aplicação de herbicida, CMPD: capina manual sem remoção da biomassa vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal

Tabela 2.4. Correlação de Pearson da macrofauna e atributos químicos do solo

Macrofauna edáfica	pH	mg.dm ⁻³		cmolc.dm ⁻³			g.kg ⁻¹	
	H2O	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	MO	CO
Coleoptera	0,01	0,13	-0,09	0,02	-0,0002	-0,09	-0,15	0,11
Hemiptera	-0,35	-0,32	-0,11	-0,39	-0,28	-0,39	-0,11	-0,05
Hymenoptera	-0,18	-0,17	-0,009	-0,04	-0,18	-0,06	-0,17	-0,09
Aranae	-0,26	-0,16	-0,11	-0,08	-0,15	-0,11	-0,16	-0,02
Haplotaxida	0,06	0,22	-0,14	-0,10	0,04	-0,18	-0,24	0,30
Blattodea	0,30	0,33	-0,04	-0,0001	-0,03	0,04	0,02	-0,17
Spirostreptida	0,32	0,22	-0,05	-0,0007	0,02	0,03	0,14	-0,33
Scolopendrida	0,22	0,36	0,17	0,05	0,19	-0,02	-0,29	-0,11
Isopoda	0,30	0,30	-0,03	-0,0003	-0,01	0,03	-0,02	-0,23
Diptera	-0,26	-0,22	0,14	-0,31	-0,21	-0,24	-0,01	-0,30

SC: sem controle de plantas daninhas, RC: roçagem tratorizada, GDR: gradagem tratorizada, HRCD: aplicação de herbicida, CMPD: capina manual sem remoção da biomassa vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal.

Tabela 2.5. Resultado de análise de redundância da abundância da macrofauna e atributos químicos do solo

Parâmetro	RDA1	RDA2	RDA3
Valor eigen	1,80	0,83	0,73
Proporção explicada (%)	15,03	6,95	6,12
Teste de axis 1	pseudo-F=3,46; p=0,402		
Teste de axis 2	pseudo-F=1,60; p=0,950		
Teste de todas axis	pseudo-F=1; p=0,466		

Figuras

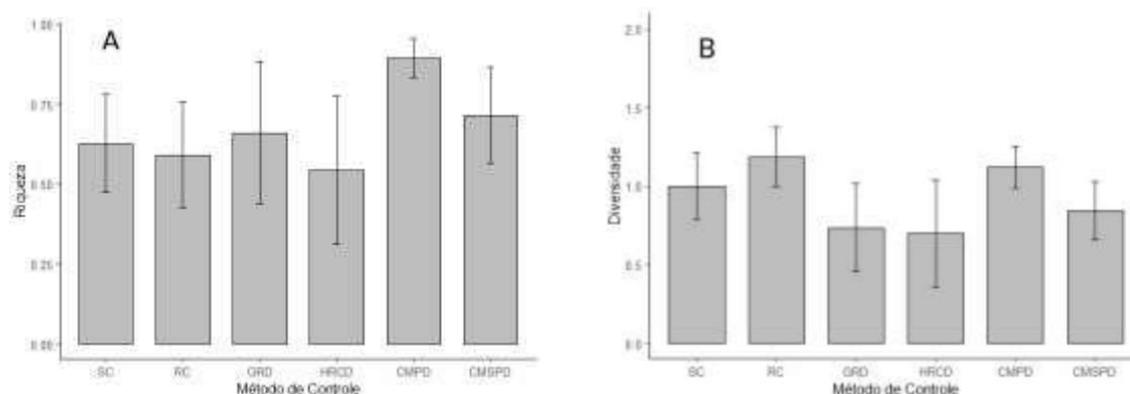


Figura 2.1. Média (\pm SE) da riqueza (A) e diversidade (B) de Famílias da macrofauna edáfica em função dos métodos de controle de plantas daninhas em cafeeiro. Barra do Choça, Bahia, Brasil. SC: sem controle de plantas daninhas, RC: roçagem tratorizada, GDR: gradagem tratorizada, HRCD: aplicação de herbicida, CMPD: capina manual sem remoção da biomassa vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal

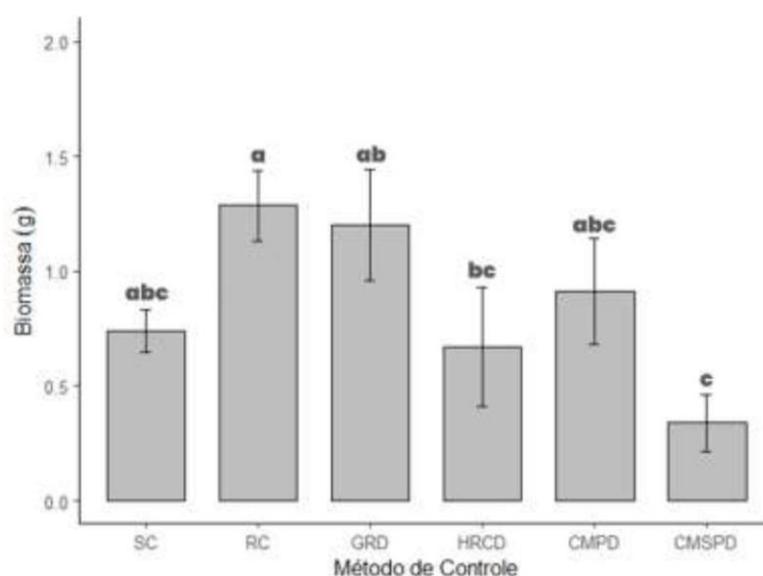


Figura 2.2. Média (\pm SE) da biomassa seca (g) dos espécimes da Ordem Haplotaxida (Annelida) em função dos métodos de controle de plantas daninhas em cafeeiro. Barra do Choça, Bahia, Brasil. SC: sem controle de plantas daninhas, RC: roçagem tratorizada, GDR: gradagem tratorizada, HRCD: aplicação de herbicida, CMPD: capina manual sem remoção da biomassa vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal

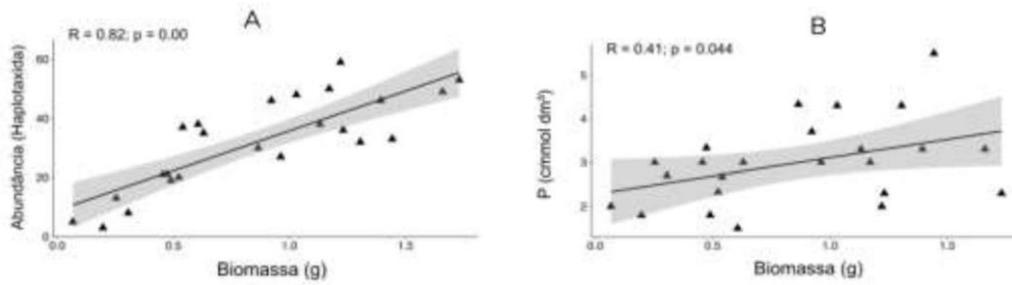


Figura 2.3. Correlação de Pearson entre biomassa seca (g) de Haptotaxida e abundância de Haptotaxida (A) e fósforo (B). Barra do Choça, Bahia, Brasil.

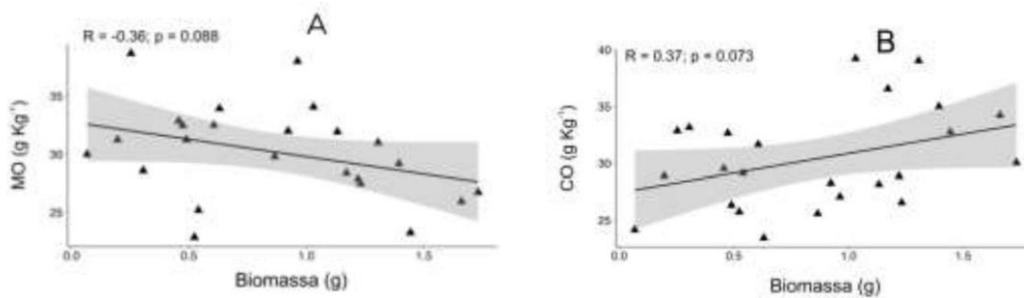


Figura 2.4. Correlação de Pearson entre biomassa seca (g) de Haptotaxida e matéria orgânica do solo (A) e carbono orgânico do solo (B). Barra do Choça, Bahia, Brasil.

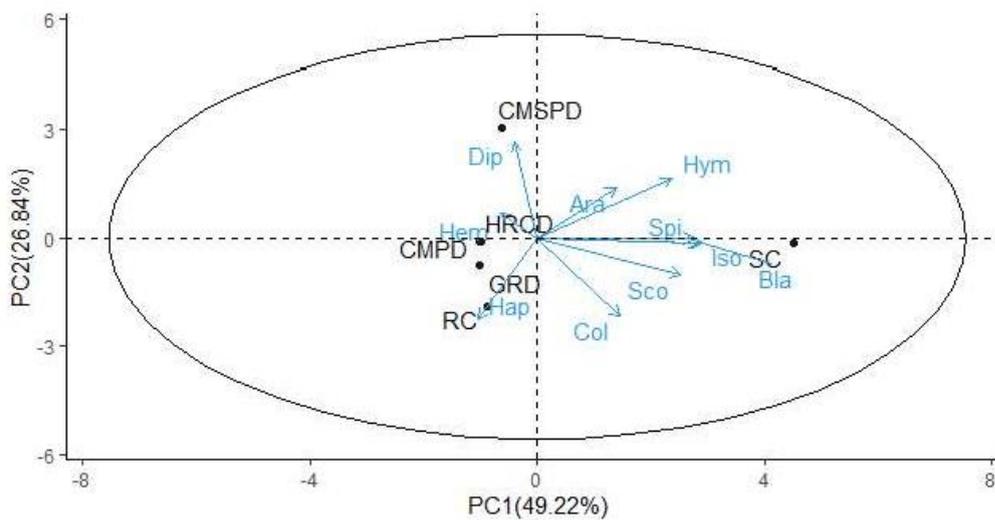


Figura 2.5. Resultado da análise de componente principal em nível de Ordem; SC: sem controle de plantas daninhas, RC: roçagem tratorizada, GRD: gradagem tratorizada, HRCD: aplicação de herbicida, CMPD: capina manual sem remoção da biomassa vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal. Dip: Diptera, Hym: Hymenoptera, Ara: Aranae, Hem: Hemiptera, Hap: Haptotaxida, Col: Coleoptera, Sco: Scolopendrida, Spi: Spirotreptida, Iso: Isopoda, Bla: Blattodea.

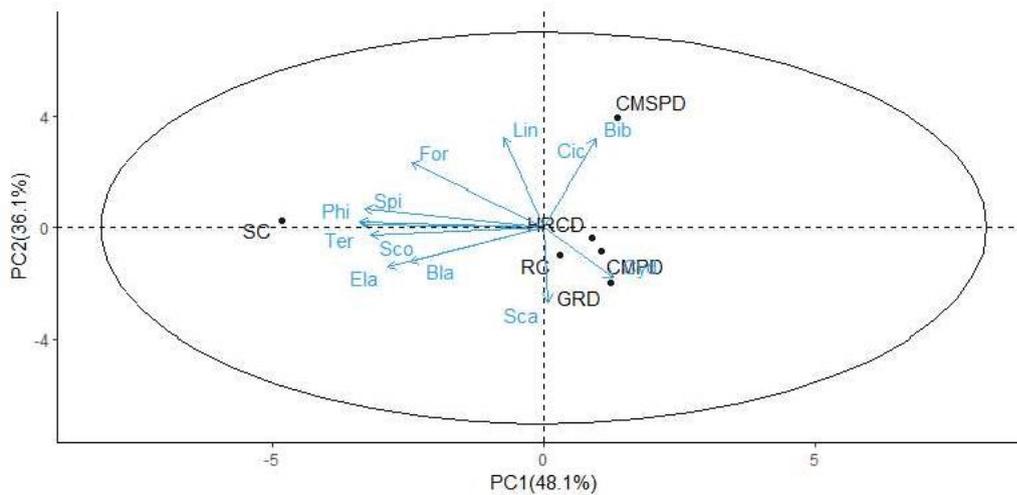


Figura 2.6. Resultado da Análise de componente principal da macrofauna edáfica em nível de Família associado aos métodos de controle de plantas daninhas; SC: sem controle de plantas daninhas, RC: roçagem tratorizada, GDR: gradagem tratorizada, HRC: aplicação de herbicida, CMPD: capina manual sem remoção da biomassa vegetal, CMSPD: capina manual e remoção da biomassa vegetal. Bib: Bibionidae, Cic: Cicadeliidae, Cyd: Cydnidae, Bla: Blatteliidae, For: Formicidae, Spi: Spirotreptidae, Sco: Scolopendridae, Ter: Termitidae, Lin: Linyphiidae, Sca: Scarabaeidae, Ela: Elateridae.

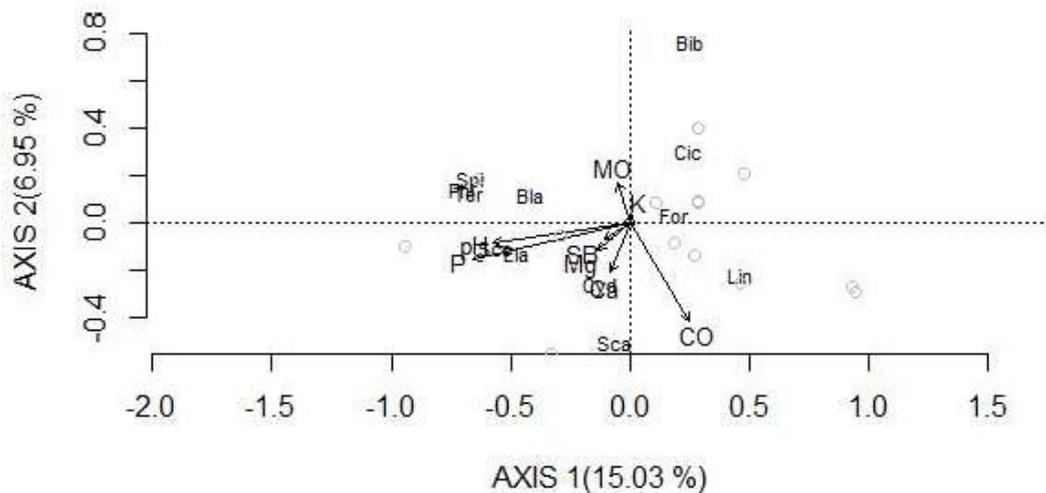


Figura 2.7. Resultado da análise de redundância da macrofauna edáfica em nível de Família associado aos atributos químicos do solo. MO: Matéria orgânica do solo, CO, Carbono orgânico do solo, SB: Soma de bases. Bib: Bibionidae, Cic: Cicadeliidae, Cyd: Cydnidae, Bla:Blatteliidae, For: Formicidae, Spi: Spirotreptidae, Sco:Scolopendridae, Ter:Termitidae, Lin: Linyphiidae, Sca: Scarabaeidae, Ela: Elateridae.

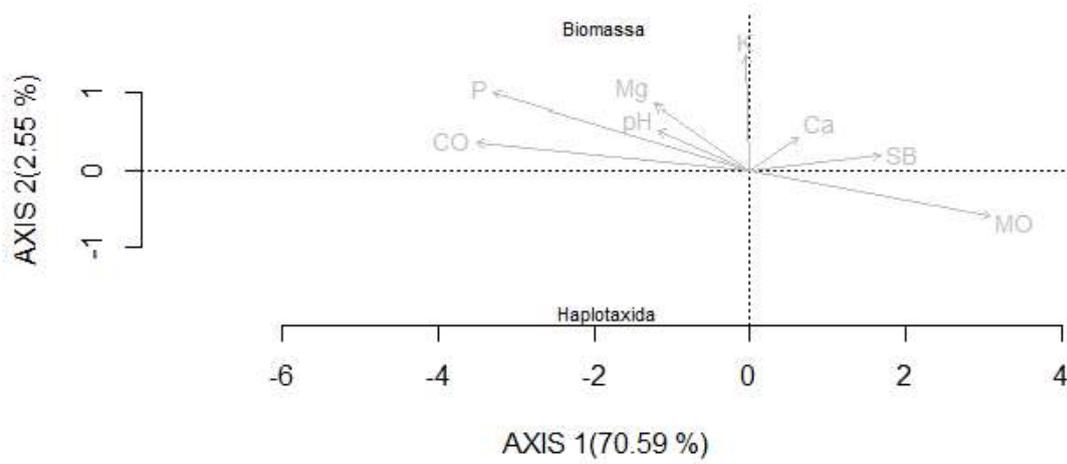


Figura 2.8. Resultado da análise de redundância de atributos químicos do solo e abundância e biomassa de Haplotaxida. MO: Matéria orgânica do solo, CO: Carbono orgânico do solo, SB: Soma de bases.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi avaliar a infestação e o parasitismo do bicho-mineiro e macrofauna edáfica em cafeeiro, sob diferentes métodos de controle de plantas daninhas. A infestação do cafeeiro pelo bicho-mineiro não foi negativamente influenciada pela presença da cobertura de plantas daninhas nas entrelinhas do cafeeiro, apesar de as variáveis como porcentagem de folhas minadas e densidade de minas diferirem-se entre os métodos de controle.

A diferença observada nessas variáveis não foi devido ao aumento da porcentagem do parasitismo do bicho-mineiro. Contrariamente ao que se esperava, constatou-se maior porcentagem de parasitismo no estágio de maturação dos frutos, considerando o índice obtido pela divisão do número de parasitoides emergidos pelo total de insetos emergidos das minas íntegras. Este resultado traz valiosa informação por sugerir que parasitoides têm também preferências por habitat com baixa cobertura vegetal, provavelmente por facilitar o voo e a localização de lagartas do bicho-mineiro (hospedeiros). Os parasitoides verificados pertencem às famílias Eulophidae e Braconidae, sendo Eulophidae a mais representativa na área do estudo. Por outro lado, o tratamento sem controle de plantas daninhas e a roçagem favoreceram à conservação da macrofauna edáfica, apesar de não incrementarem a riqueza, diversidade dos organismos e atributos químicos do solo, comparativamente aos demais métodos de controle de plantas daninhas. Os métodos de controle de plantas daninhas com aplicação de herbicida glifosato e capina manual e remoção da biomassa vegetal têm efeito negativo na abundância da macrofauna edáfica.

Logo, o presente estudo contribui para o conhecimento do impacto dos métodos de controle de plantas daninhas no agroecossistema cafeeiro ao enfatizar o não uso de herbicida na fase de repouso e senescência dos ramos, a não utilização da gradagem tratorizada no estágio de maturação dos frutos do cafeeiro, e a preservação de plantas daninhas ou roçagem visando à conservação da macrofauna do solo. Salienta-se a necessidade de continuidade e ampliação dos estudos que avaliem métodos integrados de controle de plantas daninhas, efeito de inclusão de plantas de cobertura, visando a obtenção de uma produção cafeeira mais sustentável e regenerativa.