



**RAFAEL JORGE ALMEIDA RODRIGUES**

**MANEJO DE PLANTAS DANINHAS E SUA INFLUÊNCIA  
SOBRE A BIOTA DO SOLO EM CAFEEIROS NO CERRADO  
MINEIRO**

**LAVRAS – MG**

**2021**

**RAFAEL JORGE ALMEIDA RODRIGUES**

**MANEJO DE PLANTAS DANINHAS E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A BIOTA DO  
SOLO EM CAFEEIROS NO CERRADO MINEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho  
Orientador

Prof. Dra. Fatima Maria de Souza Moreira  
Coorientadora

**LAVRAS – MG  
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Rodrigues, Rafael Jorge Almeida.

Manejo de Plantas Daninhas e sua Influência sobre a Biota do  
Solo em Cafeeiros no Cerrado Mineiro. / Rafael Jorge Almeida  
Rodrigues. - 2021.

147 p. : il.

Orientador(a): Gladyston Rodrigues Carvalho.

Coorientador(a): Fatima Maria de Souza Moreira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Plantas Daninhas. 2. Biota do Solo. 3. Manejo. I. Carvalho,  
Gladyston Rodrigues. II. Moreira, Fatima Maria de Souza. III.  
Título.

**RAFAEL JORGE ALMEIDA RODRIGUES**

**MANEJO DE PLANTAS DANINHAS E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A BIOTA DO  
SOLO EM CAFEZEIROS NO CERRADO MINEIRO**

**WEED MANAGEMENT AND ITS INFLUENCE ON SOIL BIOTA IN COFFEE  
TREES IN CERRADO MINEIRO, BRAZIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 27 de julho de 2021.

Dr. Adenilson Henrique Gonçalves	UFLA
Dr. André Dominghetti Ferreira	EMBRAPA
Dra. Letícia Maria Vieira	UFLA
Dra. Fatima Maria de Souza Moreira	UFLA

Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho  
Orientador

Prof. Dra. Fatima Maria de Souza Moreira  
Coorientadora

**LAVRAS – MG  
2021**

*Aos meus pais Clemência (in memoriam) e José Rodrigues, minhas irmãs, e a minha noiva  
Geovanna, pelo suporte e carinho, tornando possível esta conquista.  
Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, o protetor de todos os momentos, me guiando, abençoando, sendo a sustentação nas decisões cotidianas.

Aos meus pais Clemência (in memoriam) e José Rodrigues, minhas irmãs Simelia, Daniela e Fernanda, minhas maiores inspiração, pelo carinho, proteção e que nunca mediram esforços em minha criação e felicidade.

A Geovanna, pelo amor, companheirismo, por me apoiar em todos os momentos e por ser minha alegria todos os dias.

Ao meu orientador e amigo Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho, pelos conselhos, incentivos, aprendizado e por acreditar e fornecer os recursos disponíveis para elaboração e condução do trabalho.

Aos professores Fatima Maria de Souza Moreira, Letícia Maria Vieira e Adenilson Henrique Gonçalves, a discente Gabriela Bandeira, pela disponibilidade, apoio e cooperação em todas as etapas desse trabalho.

Aos cafeicultores Marcos Cezar Miaki, Marcelo Montanari, João Batista Montanari e seus colaboradores, em especial os gerentes Leonildo e Sérgio, por acreditar na proposta do trabalho e por fornecer os recursos necessários para implantação e condução dos experimentos.

À Universidade Federal de Lavras e ao programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade concedida e estrutura disponível para a realização do trabalho.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) pela coparticipação no planejamento e execução do projeto, disponibilizando sua estrutura física e pessoal.

Aos amigos da EPAMIG, GHPD, NECAF e do programa de pós-graduação em Fitotecnia, por compartilhar os momentos de trabalho e de descontração.

Aos docentes, funcionários e alunos dos Departamentos de Fitotecnia, Ciência do Solo, Engenharia Florestal e Biologia pela contribuição à esse trabalho.

O presente trabalho foi realizado com os apoios da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) – Código do Financiamento (FAPEMIG-CAG-RED-00330-16).

Ao CNPQ, INCt café, Federação dos Cafeicultores do Cerrado e EMBRAPA, pelo apoio no desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

**Muito obrigado!**

## RESUMO GERAL

Por meio do levantamento fitossociológico, objetivou-se avaliar a comunidade de plantas daninhas em cafeeiros dentro da Denominação de Origem do Cerrado Mineiro, nos períodos chuvoso e seco. Também foi investigada a influência dos métodos de controle de plantas daninhas mais utilizados na cafeicultura, sobre indicadores microbiológicos carbono da biomassa (CBM), respiração basal (Resp.), consciente metabólico ( $qCO_2$ ), enzimas arilsulfatase (Aril.),  $\beta$ -glucosidase ( $\beta$ -glu), fosfatase ácida (Fosf.), FDA e urease, parâmetros químicos do solo, da macrofauna de carabidae e a mirmecofauna. No levantamento fitossociológico, foram visitadas 26 propriedades cafeeiras, em 12 municípios. Para realização do levantamento foi utilizado o método do quadrado inventário com área de  $1m^2$ . No período chuvoso, foram encontradas 54 espécies, sendo, *Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha) a espécie com o maior número de indivíduos e valor de importância. No período seco, foram encontradas 56 espécies, sendo a buva (*Conyza* sp.) em maior número de indivíduos e valor de importância. Para avaliação microbiológica e química do solo, e as armadilhas tipo “pitfall” para a fauna de escarabeídeos e mirmecofauna do solo, conduziu experimentos em duas propriedades cafeeiras, denominadas de MK e MM. Foram avaliados os métodos de controle de plantas daninhas, roçadas mecânicas (RMEC), herbicida em pré-emergência (HPRE) e pós-emergência (HPOS), cultivo de capim-braquiária (CBRA) e testemunha sem capina (SCAP), nos locais entrelinhas (ELP) e linhas (LIP) de plantio dos cafeeiros. Para os parâmetros microbiológicos e químicos do solo, foram coletadas amostras de solo nos períodos chuvoso e seco, nas entrelinhas (ELP) e linhas de plantio (LIP) dos cafeeiros. Na área MK destacaram-se maiores valores dos atributos CBM e Resp., Fosf, Urease e Aril. nos métodos CBRA, RMEC e SCAP no período chuvoso. No período seco, observou-se aumento substancial dos valores de CBM em todos os métodos nos dois locais e redução nos valores de Resp.,  $qCO_2$ , Urease e  $\beta$ -glu., principalmente nos métodos RMEC e SCAP. Em MM, nas ELP, maiores valores de CBM na primeira época foi observado em HPRE, todavia, na segunda época a exceção de SCAP, os valores desse atributo decresceram. Nas LIP os valores foram inferiores para as atividades das enzimas Aril, Fosf. e urease. Nos atributos químicos do solo, o método HPRE apresentou o menor teor de potássio (K) nas ELP e CBRA nas LIP em MK, não havendo diferenças em MM. Para à mirmecofauna, verificou-se que as espécies de formigas em maiores números foram, *Pheidole* sp.2, *Pheidole* sp.1, *Brachymyrmex* sp.1, *Dorymyrmex* sp.1, *Megalomyrmex* sp.1 e *Pheidole* sp.5. Em MK, o método CBRA apresentou o maior número e espécies exclusivas. Em MM, o método HPOS apresentou o maior número de espécies. Para análise de carabídeos, as espécies mais abundantes foram *Notiobia* sp.1, *Selenophorus* sp.1 e *Trichopselaphus* sp.1. Os métodos que apresentaram maior riqueza de espécies e abundância de indivíduos em ordem decrescente foram RMEC (8 e 40), SCAP (7 e 33), HPRE (5 e 27), CBRA (3 e 27) e HPOS (4 e 24). Os métodos de controle de plantas daninhas, principalmente SCAP, CBRA e RMEC favoreceram mudanças nos atributos microbiológicos, químicos e da macrofauna do solo.

**Palavras-chave:** Fitossociológico. *Eleusine indica*. *Conyza* sp.. Herbicida. Capim-braquiária. Carbono da Biomassa. Enzimas. Pitfall. *Pheidole* sp. *Selenophorus* sp.

## GENERAL ABSTRACT

Through a phytosociological survey, the objective was to evaluate the weed Community in coffee trees from the Denomination of Origin of the Cerrado Mineiro, in the rainy and dry seasons. The influence of the most used weed control methods in coffee growing was also investigated, on microbiological indicators such as biomass carbon (CBM), basal respiration (Resp.), Metabolic conscious ( $qCO_2$ ), arylsulfatase enzymes (Aryl.), B- glucosidase ( $\beta$ -glu), acid phosphatase (Phosph.), FDA and urease, soil chemical parameters, macrofauna components such as carabidae and myrmecofauna. In the phytosociological survey, 26 coffee properties in 12 municipalities were visited. To carry out the survey, the square inventory method with an area of  $1m^2$  was used. During the rainy season, 54 species were found, being *Eleusine indica* (goosegrass), the species with the highest number of individuals and importance value. In the dry period, 56 species were found, being the horseweed (*Conyza* sp.) with the highest number of individuals and importance value. For soil microbiological and chemical evaluation, and pitfall traps for the scarab and myrmecofauna soil, experiments were carried out in two coffee properties, called MK and MM. Weed control methods, mechanical mowing (RMEC), pre-emergence (HPRE) and post-emergence herbicide (HPOS), Congo signalgrass cultivation (CBRA) were evaluated in between rows (ELP) and rows (LIP) for coffee planting. For soil microbiological and chemical parameters, soil samples were collected in the rainy and dry seasons, between the rows (ELP) and planting rows (LIP) of the coffee trees. In the MK area, the highest values of the attributes CBM and Resp., Fosf, Urease and arylsulfatase in the CBRA, RMEC and SCAP methods in the rainy season. In the dry period, there was a substantial increase in CBM values in all methods in both locations and a reduction in Resp.,  $qCO_2$ , Urease and  $\beta$ -glu., values, especially in the RMEC and SCAP methods. In MM, in ELP, higher values of CBM in the first season was observed in HPRE, however, in the second season, except for SCAP, the values of this attribute decreased. In LIP, the values were lower for the activities of the enzymes Aril., Fosf. and urease. In the chemical attributes of the soil, the HPRE method showed the lowest potassium content (K) in ELP and CBRA in LIP in MK, with no differences in MM. For myrmecofauna, it was found that the ant species in higher numbers were: *Pheidole* sp.2, *Pheidole* sp.1, *Brachymyrmex* sp.1, *Dorymyrmex* sp.1, *Megalomyrmex* sp.1 and *Pheidole* sp.5. In MK, the CBRA method showed the highest number and exclusive species, in MM, the HPOS method showed the highest specie number. For the analysis of carabids, the most abundant species were *Notiobia* sp.1, *Selenophorus* sp.1 and *Trichopselaphus* sp.1. The methods that presented the highest species richness and abundance of individuals in descending order were RMEC (8 and 40), SCAP (7 and 33), HPRE (5 and 27), CBRA (3 and 27) and HPOS (4 and 24). Weed control methods, mainly SCAP, CBRA and RMEC favored changes in soil microbiological, chemical and macrofauna attributes.

**Keywords:** Phytosociological. *Eleusine indica*. *Conyza* sp.. Herbicide. Congo signal grass. Biomass carbon. Enzymes. Pitfall. *Pheidole* sp. *Selenophorus* sp.

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE: INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>11</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>13</b>
	<b>SEGUNDA PARTE (ARTIGOS) .....</b>	<b>16</b>
	<b>ARTIGO 1 – FITOSSOCIOLOGIA DE PLANTAS DANINHAS EM CAFEEIROS NO CERRADO MINEIRO .....</b>	<b>16</b>
1	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
2	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
3	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>24</b>
4	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>34</b>
5	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>41</b>
6	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>42</b>
	<b>ARTIGO 2 – MANEJO DE PLANTAS DANINHAS INFLUENCIAM INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DO SOLO EM CAFEEIROS NO CERRADO MINEIRO .....</b>	<b>50</b>
1	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>52</b>
2	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>55</b>
2.1	<b>Descrição da área experimental .....</b>	<b>55</b>
2.2	<b>Delineamento experimental e descrição dos tratamentos .....</b>	<b>56</b>
2.3	<b>Atributos analisados e análise de dados.....</b>	<b>60</b>
2.3.1	<b>Análises microbiológicas e química do solo.....</b>	<b>60</b>
2.3.1	<b>Análise de produção e sensorial.....</b>	<b>61</b>
3	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>62</b>
3.1	<b>Atributos microbiológicos do solo .....</b>	<b>62</b>
3.2	<b>Atributos químicos do solo.....</b>	<b>70</b>
3.3	<b>Produtividade e análise sensorial de bebida.....</b>	<b>72</b>
3.1	<b>Análise de componentes principais .....</b>	<b>73</b>
4	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>75</b>
4.1	<b>Atributos microbiológicos do solo .....</b>	<b>75</b>
4.2	<b>Produtividade e análise sensorial de bebida.....</b>	<b>83</b>
5	<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>84</b>
6	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>85</b>
7	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>85</b>

<b>ARTIGO 3 – MIRMECOFAUNA EM CAFEEIROS (<i>Coffea arabica</i> L.)</b>	
<b>SUBMETIDOS A DIFERENTES MÉTODOS DE MANEJO DE PLANTAS</b>	
<b>DANINHAS NA REGIÃO DO CERRADO MINEIRO ..... 96</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO ..... 98</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS ..... 99</b>
<b>2.1</b>	<b>Descrição da área experimental ..... 99</b>
<b>2.2</b>	<b>Delineamento experimental e descrição dos métodos de controle de plantas daninhas..... 101</b>
<b>2.3</b>	<b>Instalação e processamento das armadilhas tipo “pitfall”..... 102</b>
<b>2.4</b>	<b>Variáveis respostas e análises de dados ..... 105</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS ..... 105</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO ..... 109</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO ..... 114</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS ..... 115</b>
<b>ARTIGO 4 – COMUNIDADES DE BESOUROS TERRESTRES</b>	
<b>(COLEOPTERA: CARABIDAE) EM CAFEEIROS SUBMETIDOS A</b>	
<b>DIFERENTES MÉTODOS DE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS ..... 124</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO ..... 126</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS ..... 127</b>
<b>2.1</b>	<b>Descrição da área experimental ..... 127</b>
<b>2.2</b>	<b>Delineamento experimental e descrição dos métodos de controle de plantas daninhas..... 128</b>
<b>2.3</b>	<b>Instalação e processamento das armadilhas tipo “pitfall”..... 131</b>
<b>2.4</b>	<b>Variáveis respostas e análises de dados ..... 133</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS ..... 131</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO ..... 139</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO ..... 142</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS ..... 142</b>

## PRIMEIRA PARTE

### INTRODUÇÃO GERAL

No Cerrado Mineiro, encontra-se uma das experiências mais bem sucedidas de arranjo produtivo territorial rural do Brasil. Organizado pelos cafeicultores, por meio de suas associações de produtores municipais, o Cerrado Mineiro obteve em 2005, o reconhecimento da Indicação Geográfica do produto, o que permitiu a Certificação de Procedência Café do Cerrado. Toma-se como hipótese que o sucesso do Café do Cerrado de Minas Gerais está ligado à constituição de um arranjo produtivo territorial rural, bastante institucionalizado, cuja inserção nos mercados nacional e global é cada vez mais expressiva, e foi favorecida pela maior competitividade conferida pela Indicação Geográfica do café (ORTEGA e JESUS, 2011).

Atualmente, a cafeicultura do cerrado é caracterizada por ser uma das regiões mais tecnificadas do país, com foco em uma modelo de cafeicultura totalmente empresarial, composta por grandes polos de produção e pesquisa acerca da cultura cafeeira.

Em sistemas intensivos como é o da região do cerrado, os ganhos em produtividade exigem monitoramento constante dos fatores ligados à cadeia produtiva do café. Dentre os fatores de produção, o manejo do solo e o controle de plantas daninhas são estratégias relevantes para aumentar a produtividade das lavouras.

As plantas daninhas quando mal manejadas podem promover efeitos adversos no crescimento e na produtividade da cultura, devido à competição pelos recursos citados (FRANÇA et al., 2010). São encontrados na literatura, vários trabalhos que enfatizam o efeito negativo da interferência de plantas daninhas em cafeeiros. Plantas daninhas como *Bidens pilosa*, *Commelina diffusa*, *Leonurus sibiricus*, *Richardia brasiliensis*, *Sida rhombifolia* e *Nicandra physaloides*, mesmo sob baixa infestação, podem reduzir significativamente o acúmulo de nutrientes de plantas de café, assim como seu crescimento (RONCHI e SILVA, 2006).

Os prejuízos causados pela competição com plantas daninhas e a influência dos custos do controle destas no custo total de produção, representam um grande problema atual e futuro a ser resolvido para que a agropecuária seja bem-sucedida (CONCENÇO et al., 2014; KUVA et al., 2007). A utilização de herbicidas e a utilização de implementos como roçadoras e trituradores, são os principais métodos de controle de plantas daninhas na cafeicultura. Recentemente, foi popularizado o cultivo nas entrelinhas de plantas de cobertura como o capim-braquiária (*Urochloa decumbens* e *U. ruziziensis*) e amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi*), configurando um aspecto conservacionista ao manejo, na dinâmica da proteção ao solo,

ciclagem de nutrientes e aproveitamento do uso da água (ALCÂNTARA; SILVA, 2010; ROSE et al., 2019). Em adição aos efeitos provocados nos cafeeiros, são constantes os questionamentos sobre os possíveis impactos sobre as propriedades do solo, principalmente a biológica, pelo uso consecutivo de herbicidas pré-emergentes como alto poder residual. Assim, a comunidade cafeeira expõe a necessidade de novos estudos que respondam a essa demanda e sirvam como parâmetro na execução de estratégias de manejo.

A microbiota do solo apresenta grande potencial de utilização em estudos da qualidade edáfica, pois os microrganismos constituem fonte depósito de nutrientes em todos os ecossistemas. Além disso, participam ativamente em processos benéficos como a estruturação do solo, a formação do húmus, a solubilização de nutrientes para as plantas e a degradação de compostos persistentes aplicados ao solo. Ademais, os bioindicadores são mais sensíveis que os fatores químicos e físicos a qualquer tipo de manejo do solo. (FINN et al., 2017; KASCHUK; ALBERTON; HUNGRIA, 2010; KRAUT-COHEN et al., 2020; MARTÍNEZ-GARCÍA et al., 2018). Os bioindicadores mais adequados para uso na avaliação da qualidade do solo são a biomassa microbiana, a respiração, os quocientes microbiano e metabólico e atividades enzimáticas do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; SANTOS; MAIA, 2013). O menor distúrbio por práticas mecânicas de preparo que preservem a cobertura vegetal e, conseqüentemente, aumentem o teor de matéria orgânica são apontados por diversos autores, ao estudarem indicadores microbianos, como sistemas de manejo a serem adotados para melhoria da qualidade do solo (BALOTA e AULER, 2011; GENNARO et al., 2014; MARTINS et al., 2015; LISBOA et al., 2012; SIMON et al., 2019).

Outros grupos da biota do solo, correspondentes a macrofauna (por exemplo, Coleoptera e Formicidae) são frequentemente usados como bioindicadores para avaliar a qualidade do solo, uma vez que são bastante sensíveis às mudanças ambientais e de manejo, quando comparado às populações microbianas, o que é refletido na abundância e composição da comunidade (LAVELLE et al., 2006; POSTMA-BLAAUW et al., 2010; MARSHALL; LYNCH, 2020). Grupos de macrofauna do solo por serem capturados facilmente por armadilhas tipo “pitfall” e a responderem a mudança nos ecossistemas como perturbações das condições naturais do solo, esses grupos taxonômicos são comumente utilizados para estudos ecológicos comparativos (CONCEIÇÃO et al. 2019; DAY; BISHOP e SANT CLAIR, 2018; JIMENEZ-CARMONA; CARPINTERO e REYES-LOPEZ, 2019)

Conseqüentemente, objetivou-se avaliar a comunidade de plantas daninhas em cafeeiros do Cerrado Mineiro em dois períodos, chuvoso e seco, por meio do levantamento

fitossociológico. Também foi investigada a influência dos métodos de controle de plantas daninhas mais utilizados na cafeicultura, sobre indicadores microbiológicos como: a biomassa, respiração e quociente metabólico, as enzimas aril-sulfatase, beta-glucosidase, fosfatase ácida, urease e FDA, parâmetros químicos do solo, componentes da macrofauna como os Carabidae e a Mimercofauna, além da avaliação de produtividade e qualidade sensorial de bebida. Os resultados deste trabalho podem contribuir para o controle eficiente de plantas daninhas, por meio de estratégias de conservação integradas, conduzindo a cafeicultura a uma atividade permanentemente sustentável.

### REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, E. N.; SILVA, R. A. Manejo do Mato em Cafezais. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. Ed (s) **Café arábica do plantio a colheita**. Lavras: EPAMIG, v.1, p. 519-572. 2010.
- BALOTA, E. L.; AULER, P. A. M. Soil microbial biomass under different management and tillage systems of permanent intercropped cover species in an orange orchard. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1873-1883, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000600004>>. Acesso em: 15 abr. 2018.
- CONCEIÇÃO, E. S. et al. Ant Community Evolution According to Aging in Brazilian Cocoa Tree Plantations. **Sociobiology**. v.66 (1), p.33-43, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.13102/sociobiology.v66i1.2705>>. Acesso em: 16 jun. 2020.
- CONCENÇO, G. et al. Water use in italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) biotypes under competition. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 449-455, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000300003>>. Acesso em: 07 jan. 2021.
- DAY, J. D., BISHOP, T. B. B., SAINT CLAIR, S. B. Fire and plant invasion, but not rodents, alter ant Community abundance and diversity in a semi-arid desert. **Ecosphere**. v. 9 (8), e02344, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/ecs2.2344>>. Acesso em: 06 jun. 2019.
- FINN, G. et al. Microbial energy and matter transformation in agricultural soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.111, p.176-192, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.04.010>>. Acesso em: 16 jun. 2018.
- FRANÇA, A. et al. Growth of arabica coffee cultivars submitted to glyphosate doses. **Planta Daninha**. v.28 (3), p. 28:599–607, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000300017>>. Acesso em: 10 jul. 2018.
- GENNARO, L. A. et al. Soil physical and microbiological attributes cultivated with the common bean under two management systems. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45 (4), p. 641-649, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000400002>>. Acesso em: 17 set. 2018.

- JIMENEZ-CARMONA, F.; CARPINTERO, S.; REYES-LOPEZ, J. The digging-in effect on ant studies with pitfall traps: influence of type of habitat and sampling time. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. v.167, p. 906–914, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/eea.12834>>. Acesso em: 12 set. 2020.
- KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, p. 1-13, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.08.020>>. Acesso em: 16 jun. 2020.
- KRAUT-COHEN, J. et al. Effects of tillage practices on soil microbiome and agricultural parameters. **Science of the Total Environment**, v.705, 135791, 2020. Disponível em: <<https://DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.135791>>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- KUVA, M. A. et al. A. Phytosociology of Weed Community in No-Burn Sugar Cane Agroecosystems. **Planta Daninha**. v.25 (3), p. 501-511, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582007000300009>>. Acesso em: 16 set. 2018.
- LAVELLE, P., DECAËNS, T. et al. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal Soil Biology**. v.42 (S.1), S3–S15, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.10.002>> . Acesso em: 16 dez. 2017.
- LISBOA, B. B. et al. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36 (1), p. 45-55, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000100004>>. Acesso em: 05 out. 2019.
- MARSHALL, C. B., LYNCH, D. H. Soil microbial and macrofauna dynamics under different green manure termination methods. **Applied Soil Ecology**. v.148. 103505, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103505>>. Acesso em: 10 dez. 2020.
- MARTINS, B. H., et al. Soil organic matter quality and weed diversity in coffee plantation área submitted to weed control and cover crops management. **Soil & Tillage Research**, v. 153, p.169–174, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.06.005> . Acesso em: 07 nov. 2018.
- MARTÍNEZ-GARCÍA, L. B., et al. Organic management and cover crop species steer soil microbial community structure and functionality along with soil organic matter properties. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v.263 p.7–17, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.018>> . Acesso em: 10 jun. 2019.
- MOREIRA, F. S., SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. Editora UFLA, Lavras, 2006, 729 p.
- ORTEGA, A. C.; JESUS, C. M. Território, certificação de procedência e a busca da singularidade: o caso do Café do Cerrado. **Política & Sociedade** - Florianópolis - Volume 10 - N° 19 - outubro de 2011

POSTMA-BLAAUW, M. B. et al. Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and extensification. **Ecology**, v.91 (2), p. 460–473, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1890/09-0666.1>>. Acesso em: 13 set. 2018.

RONCHI, C.P.; SILVA, A. A. Tolerance of coffee plants to post emergence herbicide application. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 21, n. 3, p. 421-426, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582003000300010>>. Acesso em: 13 fev. 2021.

RONCHI, C. P.; TERRA, A. A.; SILVA, A. A. Growth and nutrient concentration in coffee root system under weed species competition. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 25, n. 4, p. 679-687, 2007.

ROSE, T. J., et al. Peanut cover crop nitrogen contributions and potential to mitigate nitrous oxide emissions in subtropical coffee plantations. **Science of the Total Environment**, v.656, p. 108–117, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.291>> . Acesso em: 16 fev. 2020.

SIMON, C. A., et al. Cover crops as modifying agents of microbiological soil attribute. **Australian Journal of Crop Science**, v.13(10), p.1578-1585, 2019. Disponível em: <<https://doi:10.21475/ajcs.19.13.10.p1723>> . Acesso em: 16 fev. 2020.

## SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

### ARTIGO 1

#### FITOSSOCIOLOGIA DE PLANTAS DANINHAS EM CAFEEIROS NO CERRADO MINEIRO

Phytossociology of weeds in the Cerrado Mineiro coffee growing

**Rafael Jorge Almeida Rodrigues<sup>1</sup>, Gladyston Rodrigues Carvalho<sup>2</sup>, Adenilson Henrique Gonçalves<sup>1</sup>, João Paulo Felicori Carvalho<sup>3</sup>, Elifas Nunes de Alcântara<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Agricultura – Universidade Federal de Lavras

<sup>2</sup>Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG

<sup>3</sup>Centro Universitário do Cerrado-UNICERP

#### RESUMO

O estudo na composição da comunidade de plantas daninhas em regiões agrícolas, como a cafeicultura da Denominação do Cerrado Mineiro por meio do levantamento fitossociológico é essencial para conhecimento das características da população de plantas predominantes em uma área de cultivo. Nesse sentido, objetivou-se com esse estudo, conhecer as espécies de plantas daninhas predominantes na Cafeicultura do Cerrado Mineiro por meio do levantamento fitossociológico, em dois períodos do ano: verão e inverno. No verão, os levantamentos ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2018 e no inverno ocorreram exclusivamente em agosto de 2018. Foram visitadas 26 propriedades cafeeiras, em 12 municípios, todos dentro da Denominação de Origem do Cerrado Mineiro. Para o levantamento fitossociológico foi utilizado o método do quadrado inventário, que consistiu na utilização de um quadro vazado de vergalhões de aço com área conhecida de um metro quadrado. Em cada propriedade avaliou-se 40 m<sup>2</sup> divididos em dois períodos (verão e inverno), sendo que, o quadro foi lançado de forma aleatória. Com os dados foram realizados os cálculos das variáveis fitossociológicas: frequência, densidade, abundância e suas derivações relativas, ou seja, a variável em questão de cada espécie em relação ao total da variável observado na área de estudo, assim como a determinação das espécies mais importantes através do índice de Valor de Importância. também análises de diversidades biológicas (coeficiente de similaridade, curva de rarefação, Índice de Shannon e análise de agrupamento hierárquico pela similaridade de Jaccard). No verão (período chuvoso), foram encontradas 54 espécies de 16 famílias, densidade média de 28,86 plantas/m<sup>2</sup>. As famílias encontradas no verão que apresentaram os maiores números de indivíduos foram: *Poaceae*, *Asteraceae* e *Amaranthaceae*. Entre as espécies, *Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha), pertencente à família das *Poaceae*, foi a espécie com o maior número de indivíduos, maior densidade, frequência relativa e valor de importância. No inverno (período seco), foram encontradas 56 espécies de 16 famílias, densidade média de 18,42 plantas/m<sup>2</sup>, com as famílias *Asteraceae*, *Poaceae* e *Brassicaceae* sendo as que apresentaram os maiores número de indivíduos. A buva (*Conyza* sp.), foi a espécie encontrada em maior número,

além da maior densidade, frequência relativas e valor de importância. Ao aplicar os estimadores de diversidade biológica, utilizando o método de rarefação foi possível observar amplitudes em cada período analisado, ou seja, em números de indivíduos e densidade de plantas daninhas entre as propriedades visitadas. Ademais houve o predomínio de 17 e 16 espécies, com nível de semelhança (Jaccard) de 45,58% e 40,78% para o verão e inverno respectivamente. Portanto, a comunidade de plantas daninhas da cafeicultura do Cerrado Mineiro embora diversificada é dominada por duas famílias principais, Poaceae e Asteraceae, com *Eleusine indica* (verão) e *Conyza* spp. (inverno) sendo as espécies com maiores valores de importância. O comportamento das espécies encontradas no levantamento foi de alta variabilidade dos parâmetros analisados entre as propriedades visitadas, contudo, observou-se similaridade entre as espécies encontradas, contribuindo para traçar um programa de manejo de plantas daninhas para a cafeicultura da Região do Cerrado Mineiro.

**Palavras-chave:** Cafeicultura; Diversidade; Frequência; Densidade; *Eleusine indica*; *Conyza* sp.

### ABSTRACT

The study of the composition of the weed community in agricultural regions, such as the coffee plantation in Cerrado Mineiro, is essential for understanding the characteristics of the population of plants that are predominant in a growing area. In this sense, the objective of this study was to know the predominant weed species in the Cerrado Mineiro coffee plant through a phytosociological survey, in two periods of the year: summer and winter. In summer, surveys were carried out in January, February and March 2018 and in winter, exclusively in August 2018. 26 coffee properties were visited, in 12 municipalities, all within the Denomination of Origin of the Cerrado Mineiro. To carry out the phytosociological survey, the square inventory method was used, which consisted of using a hollow frame of steel rebars with a known area of one square meter. In each property, 40 m<sup>2</sup> was evaluated, divided into two periods (summer and winter), and the table was launched at random. With the survey data, calculations of the phytosociological variables: frequency, density, abundance and their relative derivations were performed, that is, the variable in question of each species in relation to the total variable observed in the study area, the determination of the most species. important through the Importance Value Index, also analyzes of biological diversity (similarity coefficient, rarefaction curve, Shannon Index and hierarchical clustering analysis by Jaccard Similarity). In summer (rainy season), 54 species of 16 families were found, average density of 28.86 plants/m<sup>2</sup>. Of the families found in the summer, the ones that presented the highest number of individuals observed were: Poaceae, Asteraceae and Amaranthaceae. Among the species, *Eleusine indica* (goosegrass), belonging to the Poaceae family, was the species with the highest number of individuals, highest density, relative frequency and importance value. In winter (dry period), 56 species from 16 families were found, average density of 18.42 plants/m<sup>2</sup>, with the Asteraceae, Poaceae and Brassicaceae families being the ones with the highest number of individuals. Horseweed (*Conyza* sp.) was the species found in the highest number, in addition to the highest density, relative frequency and importance value. By applying the biological diversity estimators, using the rarefaction method, it was possible to observe amplitudes in each analyzed period, that is, in numbers of individuals and weed density among the properties visited. Furthermore, there was a predominance of 17 and 16 species, with similarity level (Jaccard) of 45.58% and 40.78% for summer and winter, respectively. Therefore, the weed

community in the Cerrado Mineiro coffee plantation is dominated by two main families: Poaceae and Asteraceae, with *Eleusine indica* (summer) and *Conyza* spp. (winter). The behavior of the species found in the survey showed high variability of the parameters analyzed between the properties visited, however, there was similarity between the species found, contributing to design a weed management program for coffee growing in the Cerrado Mineiro region.

**Keywords:** Coffee growing; Diversity; Frequency; Density; *Eleusine indica*; *Conyza* sp.

## 1 INTRODUÇÃO

Minas Gerais é o principal estado produtor de café, em sua grande maioria da espécie arábica, apresentando quatro principais regiões produtoras: Cerrado Mineiro, Mantiqueira de Minas, Matas de Minas e Sul de Minas. A Denominação de Origem (D.O.) Região Cerrado Mineiro apresenta grande relevância na cafeicultura, pois, no decorrer de sua trajetória cafeeira, exibiu como características principais a adoção de inovações tecnológicas, o que culminou em sistemas produtivos modernos e elevada qualidade de bebida (ORTEGA; JESUS, 2011).

De acordo com a Federação dos Cafeicultores do Cerrado, a Denominação de Origem abrange 55 municípios, com uma área em produção de 210 mil hectares e 4500 produtores. Dos municípios que integram a Denominação de Origem, vinte se configuram como principais produtores ou de importância regional, sendo eles: Araguari, Araxá, Campos Altos, Carmo do Paranaíba, Coromandel, Estrela do Sul, Indianópolis, Patos de Minas, Patrocínio, São Gotardo, Serra do Salitre, Rio Paranaíba, Monte Carmelo, Uberlândia, Unaí, Ibiá, Perdizes, Romaria, Presidente Olegário e Varjão de Minas.

A produção média da D.O. é de 5 milhões de sacas o que representa 12,7% da produção brasileira e 25,4% da produção estadual. A produtividade média da região é de 35 sacas por hectare, ou seja, superior as médias do estado de Minas Gerais e do Brasil que são 24 e 23 sacas por hectare respectivamente. Essa diferença em produtividade pode ser explicada além do clima favorável, também ideal para a produção de um produto de qualidade, a região se beneficiou também de incentivos governamentais e principalmente pela atuação de instituições de pesquisa que contribuíram para a viabilidade técnica e econômica, através de trabalhos com enfoques no melhoramento genético, manejo físico-químico do solo, utilização de insumos como fertilizantes, defensivos agrícolas e intensificação da mecanização, principalmente a colheita dos frutos (ORTEGA; JESUS, 2011; ORTEGA; JESUS, 2012; NAGAI et al., 2018). Assim, com sistemas de produção tecnificados, são constantes a demanda pela comunidade cafeeira da

Região, por pesquisas envolvendo matérias genéticos produtivos e com boa qualidade de bebida, além do manejo de pragas e plantas daninhas.

As plantas daninhas são espécies vegetais indesejáveis que apresentam relação interespecífica competitiva com as culturas pelos recursos do ambiente. Essas relações podem ocorrer acima ou abaixo do solo e as plantas daninhas tendem a levar vantagem, pois detêm características peculiares que garantem sua sobrevivência e manutenção, tais como: rápida germinação e crescimento inicial, habilidade de dispersão, grande capacidade de absorção de água e nutrientes devido ao seu sistema radicular abundante, adaptação às práticas de manejo e tolerância frente às variações ambientais (AGOSTINETTO et al., 2015).

A presença de plantas daninhas pela maior capacidade de extração de água e nutrientes, somados a períodos de déficit hídrico, resultará em cafeeiros submetidos à competição em restrições no seu aparato fisiológico (MATOS et al., 2013). Neste sentido, o correto manejo de plantas daninhas nos cafeeiros, da mesma maneira, que os demais tratos culturais realizados adequadamente, podem promover aumento significativo nos teores de açúcares solúveis totais e amido em caule, raízes e folhas, contribuindo para maiores taxas de crescimento e produções elevadas. Contrariamente, plantas depauperadas, ou seja, com manejo deficiente, apresentam esgotamento gradativo das reservas de carboidratos, resultando em seca de ramos, aumento da bienalidade, menor crescimento e incapacidade de suportar elevada carga pendente (LIVRAMENTO, 2010).

Considera-se essencial o conhecimento das características da população de plantas daninhas predominantes em uma área de cultivo por meio do levantamento fitossociológico, proporcionando a identificação, quantidade e concentração das espécies predominantes, subsidiando detectar fatores limitantes e na tomada de decisão para efetivação do método de controle mais adequado. As comunidades de plantas daninhas em agroecossistemas apresentam-se em espécies preponderantes por serem encontradas em quantidade e distribuição elevadas, que proporcionam um alto grau de competição e interferência. Além disso, existem as espécies secundárias que, apesar de uma menor abundância, sua presença não pode ser ignorada, pois, pode ser difícil controlar e certamente provocar perdas econômicas significativas (KUVA *et al.*, 2007). O estudo na composição da comunidade de plantas daninhas em regiões estratégicas para a atividade agrícola se torna relevante para avaliar o impacto das variáveis climáticas, sistemas de manejo, como preparo do solo, métodos de plantio, adubações e principalmente sobre a utilização de novas tecnologias herbicidas. (DREWITZ; STOLTENBERG, 2018; RAUBER et al., 2018; SANTOS et al., 2018).

A cafeicultura do Cerrado Mineiro, no seu processo histórico de modernização com espaçamentos entre linha de plantio que facilitam o trânsito de máquinas, criam condições ideais para o crescimento e estabelecimento de espécies infestantes. Atualmente, apesar da popularização do plantio de plantas de cobertura, principalmente com ênfase na *Urochloa decumbens* ou *U. ruziziensis* (capim-braquiária) e espécies leguminosas, a utilização de herbicidas e o controle mecânico são os principais métodos de controle das plantas daninhas. Tal fato tem impulsionado o aumento da infestação de plantas daninhas de difícil controle, como espécies trepadeiras do gênero *Ipomoea*, das poaceas *Digitaria insularis* e *Eleusine indica*, além de espécies de outono-inverno como a *Conyza* sp.

Ao realizar o levantamento fitossociológico de plantas daninhas em cafeeiros consorciados com leguminosas no Cerrado Mineiro, Cunha, Melo, Santos (2013), observaram que as espécies mais importantes foram picão-preto (*Bidens pilosa*) e a erva-quente (*Spermacoce latifolia*). No mesmo propósito, Moreira *et al.* (2013), constataram que as espécies *Cyperus rotundus* (tiririca), *Paspalum conjugatum* (capim-rapé), *Amaranthus retroflexus* (caruru) e *Oxalis latifolia* (trevo) tiveram as maiores frequências. Os autores também concluíram que a tiririca foi a espécie de maior índice de valor de importância durante dois anos e que o capim-rapé apresentou capacidade adaptativa ao sombreamento, aumentando assim seus níveis de infestação.

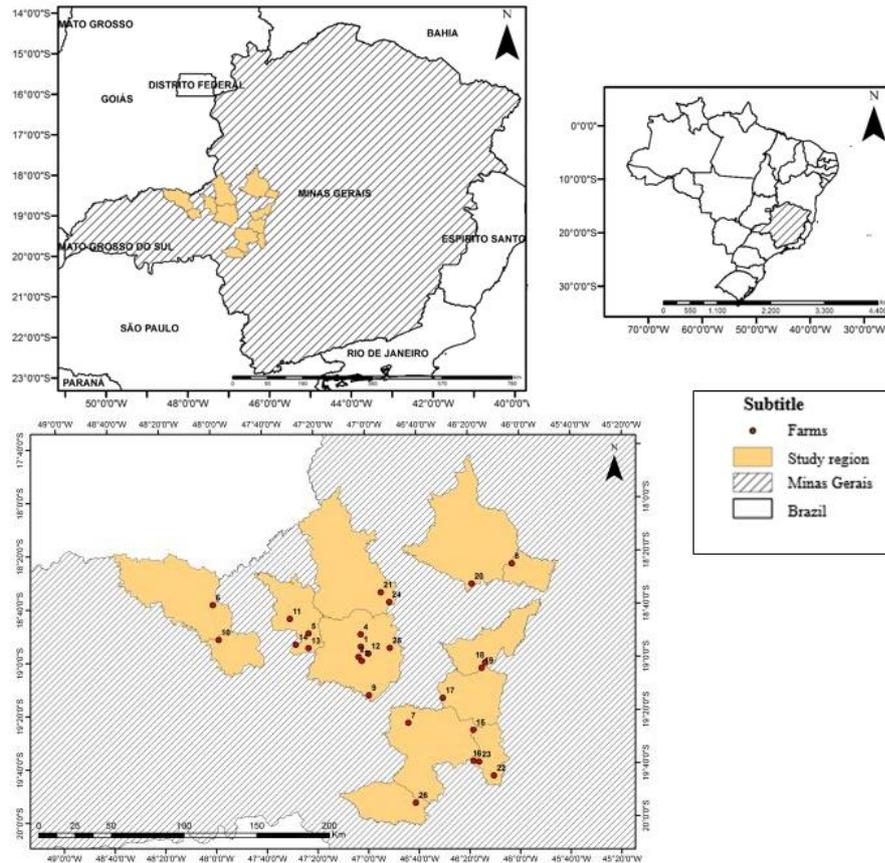
Os consumidores exigem cada vez mais produtos oriundos de sistemas de produção sustentáveis. Assim, a adoção de práticas de manejo que respeitem essa premissa torna-se indispensáveis. Nesse propósito, conhecer as principais espécies daninhas e suas características é o primeiro passo para se obter um controle eficiente e com menor impacto ao ambiente. Assim, objetivou-se com esse trabalho conhecer as espécies de plantas daninhas predominantes na Cafeicultura do Cerrado Mineiro por meio do levantamento fitossociológico, em dois períodos do ano.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente trabalho foi realizado em dois períodos, verão e inverno. No verão, os levantamentos ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2018 e no inverno ocorreram exclusivamente em agosto de 2018. Foram visitadas 26 propriedades cafeeiras (FIGURA 1), em 12 municípios, todos dentro da Denominação de Origem do Cerrado Mineiro. O critério de seleção das propriedades foi baseado na escolha dos principais municípios produtores dentro da região do cerrado e na escolha de propriedades, dentro de cada município,

que apresentasse boa representatividade dos sistemas de produção do cerrado. Esses municípios, de acordo com o Censo Agropecuário 2017, produzem aproximadamente 3,2 milhões de sacas de 60 kg em 121,84 mil hectares, sendo que a Região do Cerrado mineiro produz em média 6 milhões de sacas em 234 mil hectares (IBGE, 2019).

Figura 1 - Localização das 26 propriedades onde realizou-se o levantamento fitossociológico em duas épocas (verão e inverno), na Região do Cerrado Mineiro, 2018.



Fonte: GeoSolos EPAMIG

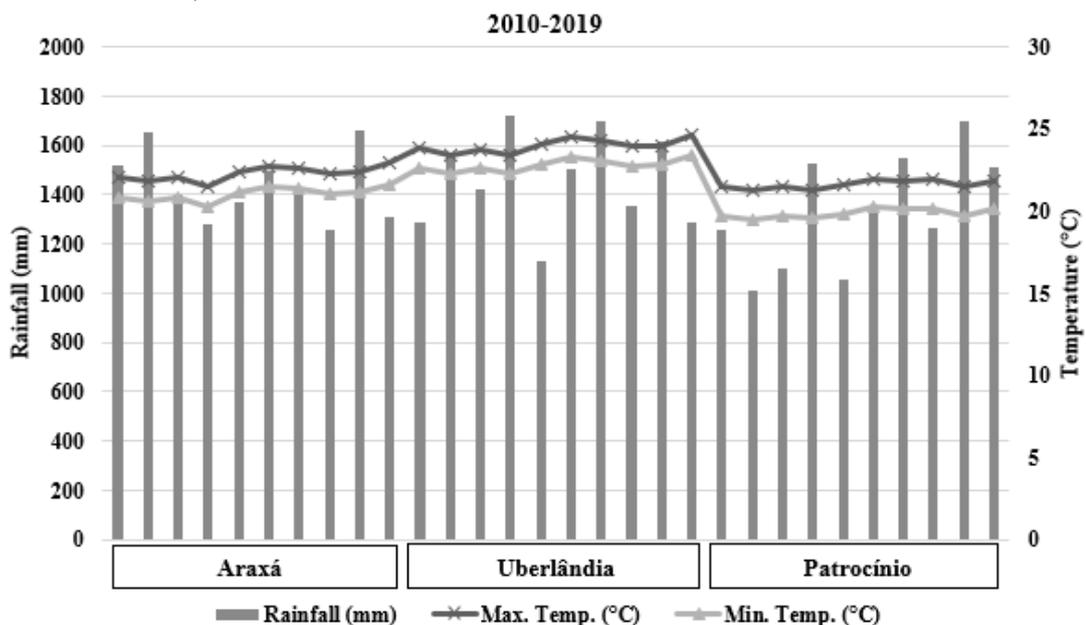
A seguir os nomes das 26 propriedades e suas respectivas coordenadas geográficas: 1. Congonhas (47°02'09" W e 18°55'51,2" S); 2. Semente (47°03'08" W e 18°59'41" S); 3. Rainha da Paz (47°01'53" W e 19°01'11" S); 4. Freitas (47°02'09.34" W e 18°51'12.04" S); 5. Rural Montes (47°22'34,8" W e 18°50'37" S); 6. Bom Jardim (47°59'51,2" W e 18°39'24,5" S); 7. Santa Maria (46°43'52,4" W e 19°24'39,2" S); 8. São João (46°02'49,5" W e 18°24'58,6" S); 9. Duas Pontes (46°59'13,8" W e 19°14'06,4" S); 10. José Humberto (47°57'48,2" W e 18°52'34,2" S); 11. Fucamp (47°29'48,1" W e 18°45'03,7" S); 12. CEPC (46°59'12,30" W e 18°58'25.33" S); 13. Londrina (47°22'37" W e 18°56'09" S); 14. Castelhana (47°27'36,1" W e 18°54'47" S); 15. Quilombo (46°18'21,8" W e 19°27'29,6" S); 16. Amizade (46°18'18,6" W e 19°39'09,2" S);

17. Onze Mil Virgens (46°30'12,1" W e 19°15'21,6" S); 18. São Lourenço (46°13'29,7" W e 19°02'07,9" S); 19. Cruzeiro (46°14'53,1" W e 19°04'08,4" S); 20. Santiago (46°18'33,7" W e 18°32'28,4" S); 21. Rio Brilhante (46°54'07,2" W e 18°35'25,1" S); 22. Boa Sorte (46°10'18,8" W e 19°44'41,6" S); 23. Espigão do Palmital (46°16'08" W e 19°39'29,0" S); 24. Lajes (46°50'50,6" W e 18°39'06,8" S); 25. Recanto (46°50'49,4" W e 18°56'24,3" S) e 26. São Francisco (46°41'12,2" W e 19°54'43,6" S).

As propriedades de número 1 ao número 11 estão em altitudes nas amplitudes de 800 a 1000 metros, as propriedades de número 12 ao número 24 estão em altitudes entre 1000 e 1200 metros e as propriedades 25 e 26 estão em altitudes entre 1200 a 1400 metros.

O clima da região, segundo a classificação Köppen-Geiger, é tropical de savana com estação seca no inverno (Aw) (REBOITA et al., 2015). Os dados climáticos de precipitação (mm) e temperaturas mínimas e máximas médias do período de 2010 a 2019, provenientes das estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), localizada em Araxá-MG (19°60'56.96"S e 46°94'96.17"W – altitude de 1018 metros), Uberlândia (18°91'70.72"S e 48°25'56.5717"W – altitude de 875 metros) e Patrocínio-MG (18°59'48.04"S e 46°59'09.57"W – altitude de 978 metros), como forma a apresentar as características climáticas de região, estão na Figura 2.

Figura 2 – Dados climáticos de Precipitação (mm) e Temperatura máxima e mínima médias (°C) referentes ao período 2010 a 2019, dos municípios de Araxá-MG, Uberlândia-MG e Patrocínio-MG. Instituto Nacional de Meteorologia INMET). Cerrado Mineiro, 2019.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para realização do levantamento fitossociológico foi utilizado o método do quadrado inventário, que consistiu na utilização de um quadro vazado de vergalhões de aço com área conhecida de um metro quadrado. Em cada propriedade avaliou-se 40 m<sup>2</sup> divididos em dois períodos (verão e inverno), sendo que, o quadro foi lançado de forma aleatória, abrangendo talhões com cafeeiros na fase jovem e adulta, utilizado conforme Tuffi Santos, et al., 2004; Erasmo, et al. 2004. As plantas daninhas que ficaram no espaço que compreende o quadro foram identificadas e quantificadas de acordo com Lorenzi (2014), Monqueiro; Hirata e Pitelli (2014). Cabe salientar que os talhões foram georreferenciados para que os mesmos fossem amostrados nos períodos do verão e inverno.

Com os dados do levantamento foram realizados os cálculos das variáveis fitossociológica frequência, densidade, abundância e suas derivações relativas, ou seja, a variável em questão de cada espécie em relação ao total da variável observado na área de estudo. Assim, a frequência (FRE) determina a distribuição das espécies presentes na área e; densidade (DEN), apresenta a quantidade de plantas por espécie por unidade de área; abundância (ABU), que determina a concentração das espécies na área. Em adição, as espécies mais importantes do estudo obtido através do Índice de Valor de Importância (IVI) foram demonstradas.

Para o cálculo dessas variáveis foram utilizadas as seguintes fórmulas de acordo com Muller-Dombois; Ellenberg (1974, citado por Tuffi Santos, 2004):

$$\text{Densidade (DE)} = \frac{\text{Número total de indivíduos da espécie}}{\text{Número quadros totais}} \quad (1)$$

$$\text{Densidade relativa (DR)} = \frac{\text{Densidade da espécie} \times 100}{\text{Densidade total}} \quad (2)$$

$$\text{Frequência (FE)} = \frac{\text{Número de quadros contendo a espécie}}{\text{Número quadros totais}} \quad (3)$$

$$\text{Frequência relativa (FR)} = \frac{\text{Frequência da espécie} \times 100}{\text{Frequência total}} \quad (4)$$

$$\text{Abundância (AB)} = \frac{\text{Número total de indivíduos da espécie}}{\text{Número de quadros da espécie}} \quad (5)$$

$$\text{Abundância relativa (AR)} = \frac{\text{Abundância da espécie} \times 100}{\text{Abundância total}} \quad (6)$$

$$\text{Índice de valor de importância (IVI)} = \text{FR} + \text{DR} + \text{AR} \quad (7)$$

Além disso, realizou-se análises de diversidade biológica, através coeficiente de similaridade, que determina a similaridade de populações botânicas em duas ou mais áreas estudadas. Todavia, procurou avaliar a similaridade dos dois períodos de avaliação (verão e inverno), análise de estimadores de riqueza de espécies através de curvas de rarefação (COLWELL; CODDINGTON, 1994; GOTELLI; COLWELL, 2001), Índice de Shannon (equabilidade de Pielou) (HILL, 1973; PIELOU, 1966) e análise de agrupamento hierárquico (*cluster*) (BORCARD; GILLET; LEGENDRE; 2011). Para o cálculo dessas variáveis foi utilizado os pacotes *Vegan* (OKSANEN, 2015) e *BiodiversityR* (KINDT; COE, 2005) do software R.

$$\text{Índice de Shannon-Weaver - H} = \sum_{i=1}^S pi \log b pi \quad (8)$$

No qual, pi é a proporção de espécies i, S é o número de espécies e b é a base do logaritmo.

$$\text{Coeficiente de Similaridade de Jaccard (SJ)} = (c / a + b - c) * 100 \quad (9)$$

A Similaridade de Jaccard indica a proporção de espécies compartilhadas entre as propriedades amostradas em relação ao total de espécies, ou seja, qual o nível de semelhança entre duas ou mais comunidades biológicas. No cálculo do coeficiente, a letra “a” é o número de espécies comuns encontradas nas propriedades; “b” sendo o número total de espécies encontradas na propriedade B (ex. propriedade 1), mas não na propriedade A (ex. propriedade 2, 3, 4....) e “c” como número total de espécies encontradas na propriedade A (Ex. propriedade 2), mas não em B (ex. propriedade 1, 3, 4...). Para determinação do índice de similaridade e confecção do *cluster* foi utilizado os dados de Abundância das principais espécies do levantamento, contudo, devido a variação os dados foram submetidos a transformação logarítmica -  $\log(X+1)$ .

### 3 RESULTADOS

As propriedades cafezeiras do Cerrado Mineiro apresentam uma diversidade de fatores que interagem com a biologia das plantas daninhas, e, tal fato foi observado no presente trabalho. Cada propriedade avaliada possuía características únicas que influenciavam na dinâmica de infestações das plantas daninhas, resultando em uma grande variabilidade dos dados levantados. A apresentação do levantamento fitossociológico a seguir busca além de

definir quais são as espécies de plantas daninhas mais importantes, fazer uma análise de diversidade das comunidades dessas plantas, para a região.

A Tabela 1 apresenta as famílias, nome científico, nome comum e os valores totais (não individualizados por cada propriedade) dos parâmetros, Número de Indivíduos (N°), Parcelas Presentes (PP), Densidade (DE), Densidade Relativa (DR), Frequência (FE), Frequência Relativa (FR), Abundância (AB), Abundância Relativa (AR) e Índice de Valor de Impotância (IVI) do levantamento fitossociológico. Os primeiros valores a esquerda da barra são referentes ao período de verão e os valores a direita da barra referem-se ao inverno assim, os valores zero indicam que a espécie não foi observada no período em questão.

A área avaliada nos períodos do verão e do inverno foi de 1040 m<sup>2</sup>, ou seja, 520 m<sup>2</sup> avaliada em cada período. No verão foram quantificados 15009 indivíduos, divididos em 54 espécies e 16 famílias e densidade média de 28,86 plantas/m<sup>2</sup>. Das 16 famílias encontradas nesse período, as que apresentaram os maiores números de indivíduos observados em ordem decrescente foram: Poaceae, Asteraceae, Amaranthaceae, Brassicaceae, Euphorbiaceae, Portulacaceae, Malvaceae, Cyperaceae, Rubiaceae, Fabaceae, Oxalidaceae, Convolvulaceae, Commelinaceae, Lamiaceae, Phyllantaceae e Solanaceae. *Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha), pertencente à família das Poaceae, foi a espécie com o maior número de indivíduos (1849), maior densidade (12,32) e frequência relativa (10,37). A maior abundância relativa foi conseguida pela espécie *Tridax procumbens* (erva-de-touro) com o valor de 8,24.

No inverno, a avaliação quantificou 9577 indivíduos, divididos em 56 espécies e também 16 famílias e densidade média de 18,42 plantas/m<sup>2</sup>. As famílias das plantas daninhas observadas nestes períodos diferiram sobre a presença e número de indivíduos, estabelecendo dessa forma a seguinte sequência pelo número de indivíduos observados: Asteraceae, Poaceae, Brassicaceae, Amaranthaceae, Malvaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae, Lamiaceae, Solanaceae, Commelinaceae, Convolvulaceae, Fabaceae, Boraginaceae, Oxalidaceae, Portulacaceae e Aizoaceae. A buva (*Conyza* sp.) planta anual de outono-inverno, foi a espécie encontrada em maior número (1790), além da maior densidade (18,69) e frequência relativa (10,48). Já a maior abundância relativa com o valor de 5,12 foi observada pela espécie carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum*).

O Índice de Valor de Importância (IVI) como a própria denominação indica, representa as espécies mais importantes observadas durante o levantamento fitossociológico. Seu resultado é obtido pela somatória da densidade, frequência e abundância relativa.

Na avaliação de verão, as espécies que apresentaram os maiores IVI em ordem decrescente foram: *Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha); *Digitaria horizontalis* (capim-colchão); *Amaranthus* sp. (caruru); *Bidens pilosa* (picão-preto); *Urochloa decumbens* (capim-braquiária); *Galinsoga parviflora* (fazendeiro); *Alternanthera tenella* (apaga-fogo); *Sida* sp. (guanxuma); *Portulaca oleraceae* (beldroega) e *Lepidium virginicum* (mastruço).

No levantamento de inverno, as espécies que apresentaram os maiores IVI em ordem decrescente foram: *Conyza* sp. (buva); *Urochloa decumbens* (capim-braquiária); *Lepidium virginicum* (mastruço); *Bidens pilosa* (picão-preto); *Amaranthus* sp. (caruru); *Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha); *Sida* sp. (guanxuma); *Galinsoga parviflora* (fazendeiro); *Alternanthera tenella* (apaga-fogo) e *Digitaria horizontalis* (capim-colchão).

Para uma análise exploratória dos dados do trabalho (Figuras 2 e 3), utilizou-se os resultados dos parâmetros de Densidades (DR), Frequências (FR) e Abundâncias Relativas (AR) das 10 espécies com os maiores IVI (Tabela 1), coletados nas 26 propriedades (análise individualizada). Essas espécies representaram 52,47% e 54,71% dos valores de IVI dos períodos de verão e inverno respectivamente. A distribuição dos dados contidos nas figuras 2 e 3 apresentam um resumo do comportamento das espécies durante o levantamento, no qual, foi observada uma alta variabilidade, com valores discrepantes entre os parâmetros analisados. Tal fato pode ser explicado pela interação entre as características biológicas inerentes de cada espécie, práticas de manejo adotadas e condições edofoclimáticas de cada local nas épocas de avaliação.

Tabela 1 - Plantas daninhas, suas respectivas famílias, nome comum e parâmetros fitossociológicos dos períodos de verão e inverno: Número de Indivíduos (N°); Parcelas Presentes (PP), Densidade (DE), Densidade Relativa (DR), Frequência (FE); Frequência Relativa (FR); Abundância (AB); Abundância Relativa (AR) e Índice de Valor de Importância (IVI), Cerrado Mineiro, 2018.

Family	Species	Common Name	Summer/Winter Parameters								
			N°	PP	DE	DR	FE	FR	AB	AR	IVI
Aizoaceae	<i>Trianthema portulacastrum</i>	Bredo	0/34	0/6	0,00/0,07	0,00/0,35	0,00/0,01	0,00/0,23	0,00/5,67	0,00/3,78	0,00/4,37
	<i>Alternanthera tenella</i>	apaga-fogo	856/339	262/96	1,65/0,65	5,70/3,64	0,50/0,18	7,53/3,63	3,27/3,53	1,49/2,36	14,72/9,58
Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i> sp.	caruru	1447/625	220/160	2,78/1,20	9,64/6,53	0,42/0,31	6,32/6,14	6,58/3,91	3,01/2,61	18,97/15,27
	<i>Chenopodium album</i>	ançarinha-branca	1/3	1/3	0,00/0,01	0,01/0,03	0,00/0,01	0,03/0,12	1,00/1,00	0,46/0,67	0,49/0,81
	<i>Acanthospermum australe</i>	carrapicho-rasteiro	111/34	14/23	0,21/0,07	0,74/0,36	0,03/0,04	0,40/0,88	7,93/1,48	3,63/0,99	4,77/2,22
	<i>Acanthospermum hispidum</i>	carrapicho-de-carneiro	52/23	22/3	0,10/0,04	0,35/0,24	0,04/0,01	0,63/0,12	2,36/7,67	1,08/5,12	2,06/5,47
	<i>Ageratum conyzoides</i>	mentrasto	79/10	22/8	0,15/0,02	0,53/0,10	0,04/0,02	0,63/0,31	3,59/1,25	1,64/0,83	2,80/1,25
	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	cosna-do-campo	0/33	0/14	0,00/0,06	0,00/0,34	0,00/0,03	0,00/0,54	0,00/2,36	0,00/1,57	0,00/2,46
	<i>Bidens pilosa</i>	picão-preto	1325/667	240/202	2,55/1,28	8,83/6,96	0,46/0,39	6,89/7,75	5,52/3,30	2,53/2,20	18,25/16,92
	<i>Conyza</i> spp.	buva	541/1790	157/273	1,04/3,44	3,60/18,69	0,30/0,53	4,51/10,48	3,45/6,56	1,58/4,38	9,69/33,54
	<i>Eclipta prostrata</i>	erva-de-botão	0/1	0/1	0,00/0,00	0,00/0,01	0,00/0,00	0,00/0,04	0,00/1,00	0,00/0,67	0,00/0,72
	<i>Emilia fosbergii</i>	falsa-serralha	35/37	23/22	0,07/0,07	0,23/0,39	0,04/0,04	0,66/0,84	1,52/1,68	0,70/1,12	1,59/2,35
	Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i>	fazendeiro	876/398	152/93	1,68/0,77	5,84/4,16	0,29/0,18	4,37/3,57	5,76/4,28	2,64/2,86
<i>Galinsoga quadriradiata</i>		fazendeiro-peludo	422/0	68/0	0,81/0,00	2,81/0,00	0,13/0,00	1,95/0,00	6,21/0,00	2,84/0,00	7,60/0,00
<i>Gamachaeta coarctata</i>		macela	0/8	0/2	0,00/0,02	0,00/0,08	0,00/0,00	0,00/0,08	0,00/4,00	0,00/2,67	0,00/2,83
<i>Hypochaeris chillensis</i>		almeirão-do-cafezal	4/6	4/2	0,01/0,01	0,03/0,06	0,01/0,00	0,11/0,08	1,00/3,00	0,46/2,00	0,60/2,14
<i>Melampodium perfoliatum</i>		estrelinha	12/0	8/0	0,02/0,00	0,08/0,00	0,02/0,00	0,23/0,00	1,50/0,00	0,69/0,00	1,00/0,00
<i>Parthenium hysterophorus</i>		losna-branca	116/173	27/	0,22/0,33	0,77/1,81	0,05/0,10	0,78/1,96	4,30/3,39	1,97/2,26	3,51/6,03
<i>Sonchus oleraceus</i>		serralha	27/63	11/48	0,05/0,12	0,18/0,66	0,02/0,09	0,32/1,84	2,45/1,31	1,12/0,88	1,62/3,38
<i>Trindax procumbens</i>		erva-de-touro	18/27	1/15	0,03/0,05	0,12/0,28	0,00/0,03	0,03/0,58	18,00/1,80	8,24/1,20	8,38/2,06
<i>Vernonia polyanthes</i>		assa-peixe	0/2	0/2	0,00/0,00	0,00/0,02	0,00/0,00	0,00/0,08	0,00/1,00	0,00/0,67	0,00/0,77
Boraginaceae	<i>Heliotropium indicum</i>	borragem-brava	0/52	0/10	0,00/0,010	0,00/0,54	0,00/0,02	0,00/0,38	0,00/5,20	0,00/3,47	0,00/4,40

Tabela 1 - Plantas daninhas, suas respectivas famílias, nome comum e Parâmetros Fitossociológicos dos períodos de verão e inverno: Número de Indivíduos (N°); Parcelas Presentes (PP), Densidade (DE), Densidade Relativa (DR), Frequência (FE); Frequência Relativa (FR); Abundância (AB); Abundância Relativa (AR) e Índice de Valor de Importância (IVI), Cerrado Mineiro, 2018. (Continuação...)

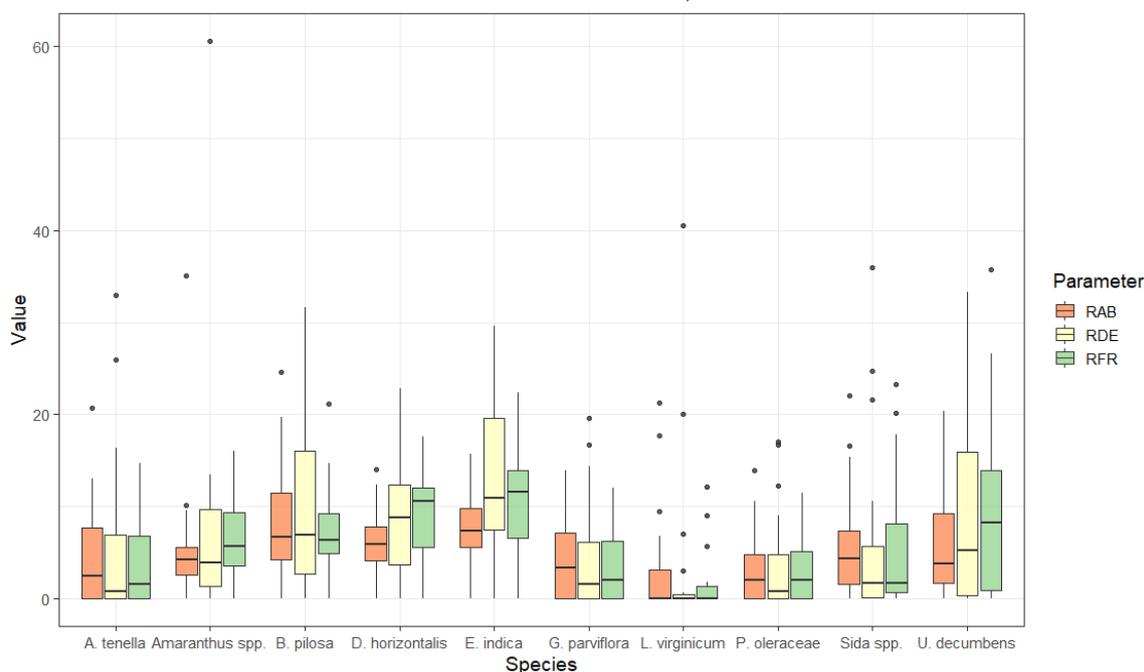
Família	Nome científico	Nome comum	Parâmetros Verão/Inverno								
			N°	PP	DE	DR	FE	FR	AB	AR	IVI
Brassicaceae	<i>Coronopus didymus</i>	mastruço-rasteiro	1/17	1/7	0,00/0,03	0,01/0,18	0,00/0,01	0,03/0,27	1,00/2,43	0,46/1,62	0,49/2,07
	<i>Lepidium virginicum</i>	mastruço	600/991	62/130	1,15/1,91	4,00/10,35	0,12/0,25	1,78/4,99	9,68/7,62	4,43/5,09	10,21/20,42
	<i>Raphanus raphanistrum</i>	nabiça	178/211	49/83	0,34/0,41	1,19/2,20	0,09/0,16	1,41/3,18	3,63/2,54	1,66/1,70	4,26/7,08
	<i>Raphanus sativus</i>	nabiça-roxa	0/13	0/9	0,00/0,03	0,00/0,14	0,00/0,02	0,00/0,35	0,00/1,44	0,00/0,96	0,00/1,45
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>	trapoeraba	237/72	111/46	0,46/0,14	1,58/0,75	0,21/0,09	3,19/1,77	2,14/1,57	0,98/1,04	5,71/3,56
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.	corda-de-viola	282/59	134/42	0,54/0,11	1,88/0,62	0,26/0,08	3,85/1,61	2,10/1,40	0,96/0,94	6,69/3,17
	<i>Marremia cissoides</i>	corda-de-viola-branca	2/0	1/0	0,00/0,00	0,01/0,00	0,00/0,00	0,03/0,00	2,00/0,00	0,92/0,00	0,96/0,00
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp.	tiririca	99/0	13/0	0,19/0,00	0,66/0,00	0,03/0,00	0,37/0,00	7,62/0,00	3,48/0,00	4,52/0,00
	<i>Chamaesyce hirta</i>	erva-de-santa-luzia	510/150	126/70	0,98/0,29	3,40/1,57	0,24/0,13	3,62/2,69	4,05/2,14	1,85/1,43	8,87/5,68
Euphorciaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i>	leiteira	175/172	2,13	0,34/0,33	1,17/1,80	0,13/0,06	1,90/1,19	2,65/5,55	1,21/3,70	4,28/6,69
	<i>Ricinus communis</i>	mamona	1/0	1/0	0,00/0,00	0,01/0,00	0,00/0,00	0,03/0,00	1,00/0,00	0,46/0,00	0,49/0,00
	<i>Aeschynomene denticulata</i>	angiquinho	72/34	8/20	0,14/0,07	0,48/0,36	0,02/0,04	0,23/0,77	9,00/1,70	4,12/1,13	4,83/2,26
Fabaceae	<i>Desmodium tortuosum</i>	carrapicho-beiço-de-boi	45/5	3/5	0,09/0,01	0,31/0,05	0,01/0,01	0,09/0,19	15,33/1,00	7,02/0,67	7,41/0,91
	<i>Neonotonia wightii</i>	soja-perene	9/8	1/4	0,02/0,02	0,06/0,08	0,00/0,01	0,03/0,15	9,00/2,00	4,12/1,33	4,21/1,57
	<i>Senna obtusifolia</i>	mata-pasto	5/8	5/6	0,01/0,02	0,03/0,08	0,01/0,01	0,14/0,23	1,00/1,33	0,46/0,89	0,63/1,20
	<i>Leonotis nepetifolia</i>	cordão-de-frade	0/4	0/3	0,00/0,01	0,00/0,04	0,00/0,01	0,00/0,12	0,00/1,33	0,00/0,89	0,00/1,05
Lamiaceae	<i>Leonurus sibiricus</i>	rubim	101/104	17/27	0,19/0,20	0,67/1,09	0,03/0,05	0,49/1,04	5,94/3,85	2,72/2,57	3,88/4,69
	<i>Marsypiantes chamaedrys</i>	hortelã-do-campo	11/0	8/0	0,02/0,00	0,07/0,00	0,02/0,00	0,23/0,00	1,38/0,00	0,63/0,00	0,93/0,00
	<i>Mesosphaerum suaveolens</i>	hortelã-do-campo	0/14	0/3	0,00/0,03	0,00/0,15	0,00/0,01	0,00/0,12	0,00/4,67	0,00/3,11	0,00/3,38
Malvaceae	<i>Malvastrum coromendelianum</i>	malvastro	11/1	6/1	0,02/0,00	0,07/0,01	0,01/0,00	0,17/0,04	1,83/1,00	0,84/0,67	1,08/0,72
	<i>Sida</i> sp.	guanxuma	593/363	171/141	1,14/0,70	3,95/3,79	0,33/0,27	4,91/5,41	3,47/2,57	1,59/1,72	10,45/10,92

Tabela 1 - Plantas daninhas, suas respectivas famílias, nome comum e Parâmetros Fitossociológicos dos períodos de verão e inverno: Número de Indivíduos (N°); Parcelas Presentes (PP), Densidade (DE), Densidade Relativa (DR), Frequência (FE); Frequência Relativa (FR); Abundância (AB); Abundância Relativa (AR) e Índice de Valor de Importância (IVI), Cerrado Mineiro, 2018. (Conclusão)

Família	Nome científico	Nome comum	Parâmetros Verão/Inverno									
			N°	PP	DE	DR	FE	FR	AB	AR	IVI	
Oxalidaceae	<i>Oxalis latifolia</i>	trevo	98/44	15/9	0,19/0,08	0,65/0,46	0,03/0,02	0,43/0,35	6,53/4,89	2,99/3,26	4,07/4,07	
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i>	quebra-pedra	74/0	20/0	0,14/0,00	0,49/0,00	0,04/0,00	0,57/0,00	3,70/0,00	1,69/0,00	2,76/0,00	
	<i>Avena sativa</i>	aveia	0/6	0/6	0,00/0,01	0,00/0,06	0,00/0,01	0,00/0,23	0,00/1,00	0,00/1,00	0,00/0,96	
	<i>Cenchrus echinatus</i>	capim-carrapicho	17/15	13/11	0,03/0,03	0,11/0,16	0,03/0,02	0,37/0,42	1,31/1,36	0,60/0,91	1,09/1,49	
	<i>Digitaria horizontalis</i>	Capim-colchão	1334/329	310/103	2,57/0,63	8,89/3,44	0,60/0,20	8,91/3,95	4,30/3,19	1,97/2,13	19,76/9,52	
	<i>Digitaria insularis</i>	capim-amargoso	68/273	32/100	0,13/0,53	0,45/2,85	0,06/0,19	0,92/3,84	2,13/2,73	0,97/1,82	2,34/8,51	
	<i>Echinochloa colona</i>	capim-arroz	5/1	2/1	0,01/0,00	0,03/0,01	0,00/0,00	0,06/0,04	2,50/1,00	1,14/0,67	1,23/0,72	
	<i>Eleusine indica</i>	capim-pé-de-galinha	1849/503	361/169	3,56/0,97	12,32/5,25	0,69/0,33	10,37/6,49	5,12/2,98	2,34/1,99	25,03/13,72	
Poaceae	<i>Erogrotis pilosa</i>	capim-barbicha-de-alemão	332/197	109/69	0,64/0,38	2,21/2,06	0,21/0,13	3,13/2,65	3,05/2,86	1,39/1,91	6,74/6,61	
	<i>Panicum maximum</i>	capim-colonião	64/75	19/27	0,12/0,14	0,43/0,78	0,04/0,05	0,55/1,04	3,37/2,78	1,54/1,85	2,51/3,67	
	<i>Pennisetum glaucum</i>	milheto	2/0	2/0	0,00/0,00	0,00/0,02	0,00/0,00	0,00/0,08	0,00/1,00	0,00/0,67	0,00/0,77	
	<i>Rhynchelytrum repens</i>	capim-favorito	9/58	3/25	0,02/0,11	0,06/0,61	0,01/0,05	0,09/0,96	3,00/2,32	1,37/1,55	1,52/3,11	
	<i>Setaria parviflora</i>	capim-rabo-de-raposa	4/7	1/5	0,01/0,01	0,03/0,07	0,00/0,01	0,03/0,19	4,00/1,40	1,83/0,93	1,89/1,20	
	<i>Sorghum halapense</i>	capim-massambará	1/3	1/2	0,00/0,01	0,01/0,03	0,00/0,00	0,03/0,08	1,00/1,50	0,46/1,00	0,49/1,11	
	<i>Urochloa decumbens / ruziziensis</i>	capim-braquiária	1095/1124	271/223	2,11/2,61	7,30/11,74	0,52/0,43	7,79/8,56	4,04/5,04	1,85/3,36	16,96/23,66	
	<i>Urochloa plantaginea</i>	capim-marmelada	11/0	6/0	0,02/0,00	0,07/0,00	0,01/0,00	0,17/0,00	1,83/0,00	0,84/0,00	1,08/0,00	
	Portulacaceae	<i>Portulaca oleraceae</i>	beldroega	640/41	129/28	1,23/0,08	4,26/0,43	0,25/0,05	3,71/1,07	4,96/1,46	2,27/0,98	10,24/2,48
	Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i>	poaia-branca	434/231	120/99	0,83/0,44	2,89/2,41	0,23/0,19	3,45/3,80	3,62/2,33	1,65/1,56	7,99/7,77
<i>Nicandra physaloides</i>		joá-de-capote	33/2	12/2	0,06/0,00	0,22/0,02	0,02/0,00	0,34/0,08	2,75/1,00	1,26/0,67	1,82/0,77	
Solanaceae	<i>Physalis angulata</i>	bucho-de-rã	1/20	1/13	0,00/0,04	0,01/0,21	0,00/0,03	0,03/0,50	1,00/1,54	0,46/1,03	0,49/1,73	
	<i>Solanum americanum</i>	marinha-pretinha	84/95	40/50	0,16/0,18	0,56/0,99	0,08/0,10	1,15/1,92	2,10/1,90	0,96/1,27	2,67/4,18	
	<i>Solanum grandiflorum</i>	lobeira	1/0	1/0	0,00/0,00	0,01/0,00	0,00/0,00	0,03/0,00	1,00/0,00	0,46/0,00	0,49/0,00	

No verão (Figura 3) a espécie *Eleusine indica* (maior IVI – Tabela 1) apresentou a maior DR observada, com padrão de dados assimétrico positivo, valor médio do parâmetro de 10,96%, com maioria dos valores observados entre 19,64% e 7,42% (intervalo interquartílico de 12,22%). Contudo, em algumas propriedades obteve valores mínimos 0% e máximos de 29,59%. *Digitaria horizontalis* apresentou o segundo maior IVI e também FR (Tabela 1) com padrão de dados assimétrico negativo, valor médio 10,53%, com maioria dos valores observados entre 12,6% e 5,59% (intervalo interquartílico de 6,47%) e amplitude de valores mínimos e máximos de 0% e 17,59% respectivamente. *Lipidium virginicum* espécie com a segunda maior Abundância Relativa (Tabela 1), após análise individualizada, apresentou média 0% e valores discrepantes de 17,73% 21,33% bem acima do limite superior observado, o que pode ser justificado pela grande quantidade dessa espécie em apenas duas propriedades.

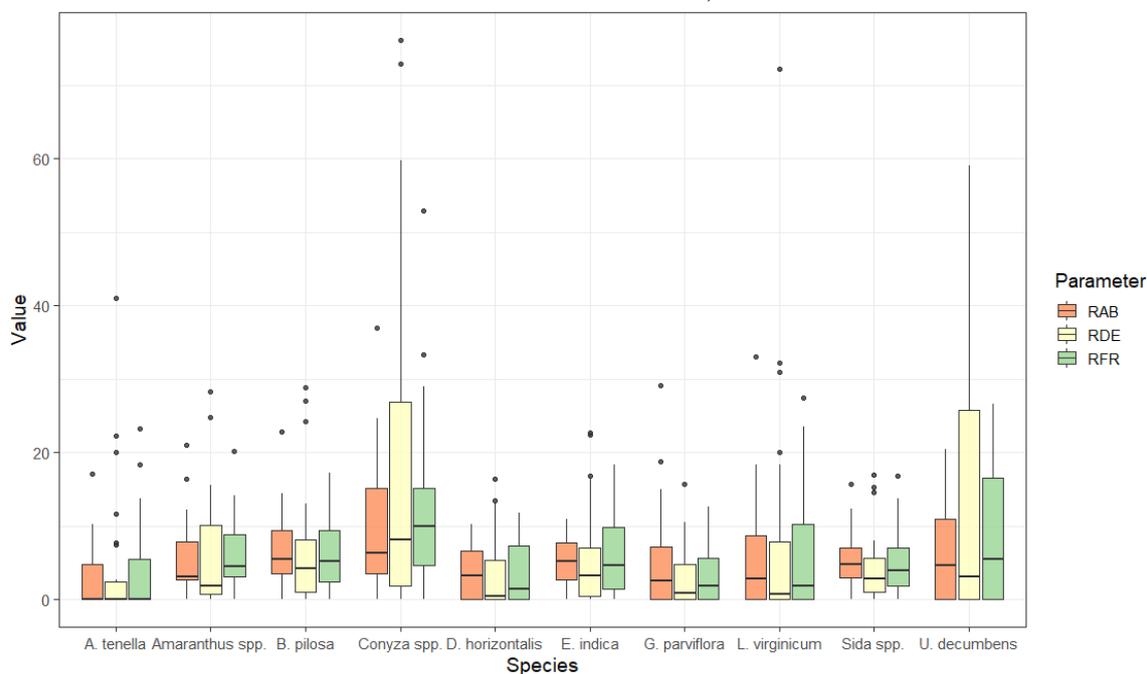
Figura 3 - Análise individualizada das 26 propriedades dos parâmetros Abundância Relativa (RAB), Densidade Relativa (RDE) e Frequência Relativa (RFR) referentes às dez principais espécies de plantas daninhas durante levantamento de verão. Cerrado Mineiro, 2018.



No inverno (Figura 4) observou-se a um aumento nos dados desarmônicos, indicando que em algumas propriedades as espécies se encontravam em grandes quantidades e em outras quantidades pequenas ou até inexistentes. *Conyza* sp.

Apresentou, nos parâmetros avaliados, valores acima do limite máximo e em outros locais não foi detectada a sua presença. Podemos citar como exemplo para essa condição a Densidade Relativa, no qual, o valor médio dessa variável foi de 8,06% com maioria dos valores observados entre 1,82% e 26,92% (intervalo interquartílico de 25,09%) e amplitude de valores mínimos e máximos de 0% e 59,82% respectivamente, além de valores extremos de 72,97% e 76,17%.

Figura 4- Análise individualizada das 26 propriedades dos parâmetros Abundância Relativa (RAB), Densidade Relativa (RDR) e Frequência Relativa (RFR) referentes às dez principais espécies de plantas daninhas durante levantamento de inverno. Cerrado Mineiro, 2018.



Como forma de detalhar a variabilidade das espécies levantadas em cada propriedade, procurou-se trabalhar com estimadores de diversidade biológica. Dessa maneira, os levantamentos das plantas daninhas do Cerrado Mineiro demonstraram variação no número de espécies e quantidades de indivíduos. Como forma de atenuar essa variação utilizou-se a técnica de rarefação (Figuras 5 e 6), que calcula o número esperado de espécies e indivíduos nas amostras analisadas, procurando corrigir o número de indivíduos para um tamanho padrão.

Figura 5 – Curva de rarefação mostrando o número de espécies e indivíduos observados nas 26 propriedades durante o levantamento fitossociológico de verão. Cerrado Mineiro, 2018.

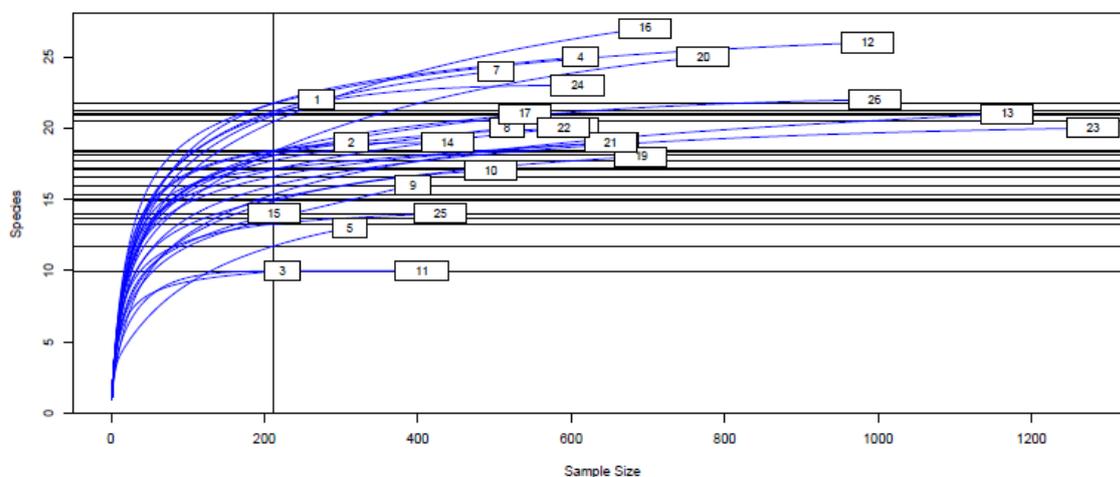
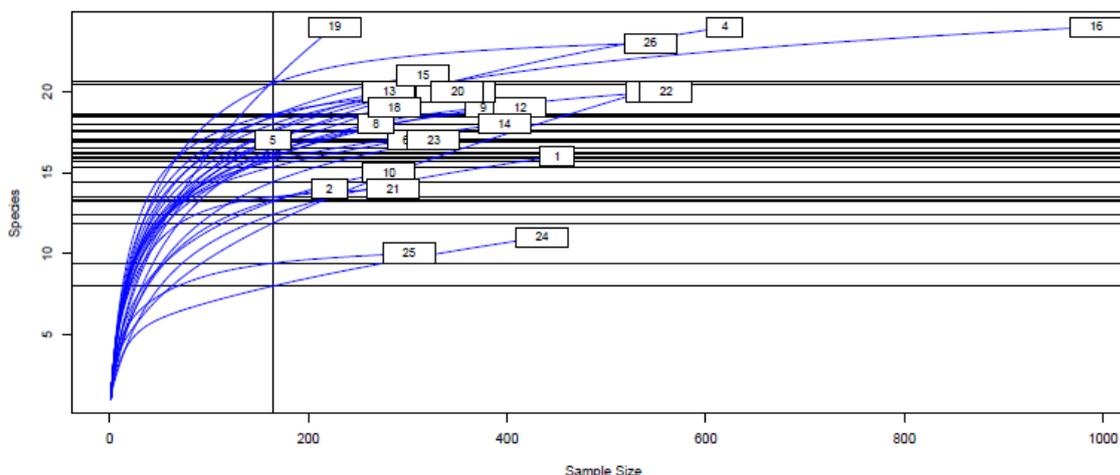


Figura 6 – Curva de rarefação mostrando o número de espécies e indivíduos observados nas 26 propriedades durante o levantamento fitossociológico de inverno. Cerrado Mineiro, 2018.



No verão, o número mínimo de 9 espécies e 220 indivíduos (densidade média de 11,0 plantas/m<sup>2</sup>) foram encontradas na propriedade 3, e os valores máximos encontrados foram de 26 espécies na propriedade 16 e 1257 indivíduos (densidade média de 62,85 plantas/m<sup>2</sup>) na propriedade 23 (Figura 1). Ao aplicar a correção do método de rarefação, ou seja, igualando as 26 propriedades em um mesmo número de indivíduos, o valor médio obtido foi de 17 espécies que predominaram nesse período. Entretanto, ao aplicar o Índice de Shannon-Weaver observou-se, que a média foi de 2,28, com diversidade máxima de espécies de plantas daninhas foi obtida na propriedade 12 (2,73) e mínima na propriedade

5 (1,51), e ao igualar a abundância de espécies através da equabilidade de Pielou, a diversidade média foi de 0,77, com a maior diversidade encontrada na propriedade 14 (0,90) e novamente a propriedade 5 (0,59) a menor diversidade de espécies.

No inverno, como os índices de precipitação e temperatura são menores, diminuindo assim as condições para o crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas, assim foram observados menores parâmetros de diversidade biológica, quando comparado ao período de verão. Assim, observou-se que as propriedades 25 e 5 apresentaram números mínimos de espécies (9) e indivíduos (186 – com densidade média de 9,3 plantas/m<sup>2</sup>) respectivamente e as propriedades 19 e 16 apresentaram os números de 23 espécies e 977 indivíduos (densidade média de 48,85 plantas/m<sup>2</sup>) respectivamente. O índice de espécies pelo método de rarefação foi de 16 que predominaram no período. O Índice de Shannon-Weaver médio para o período foi de 2,02, com diversidade máxima obtida na propriedade 17 (2,56) e a mínima na propriedade 1 (1,10), sendo que, esse resultado se manteve quando se igualou as abundâncias das espécies, ou seja, 0,86 e 0,40 respectivamente e média para o período de 0,69.

As propriedades visitadas possuem divergências em relação ao número e abundâncias de espécies plantas daninhas. Entretanto, essas propriedades compartilhavam algumas espécies em comum. Para chegar a essa conclusão, tomou-se os dados de abundância das plantas daninhas levantadas e aplicou-se o Índice de Similaridade de Jaccard. Logo, houve similaridade nos dois períodos, sendo que, no verão o nível de semelhança atingiu 45,58% e no inverno 40,78%. De acordo com Mueller-Dombois; Ellenberg (1974) dois ou mais locais são considerados similares quando o Índice de Jaccard é igual ou maior que 25%. Para facilitar o entendimento do nível de semelhança, realizou-se análise de agrupamento hierárquico (Figuras 7 e 8). No *cluster* de verão (Figura 6), as propriedades foram separadas em três grupos principais: primeiro grupo foi formado pelas propriedades 1, 2, 3, 6, 8, 4, 7, segundo grupo pelas propriedades 5 e o terceiro grupo pelas propriedades 10, 9, 11, 22, 24, 20, 21, 18, 19, 25, 23, 25, 16, 15, 17, 13, 12 e 14.

No inverno, formou-se quatro grupos, no primeiro grupo formados pelas propriedades 11, 9 e 10, o segundo grupo pelas propriedades 14, 15, 12, 13, 26, 23, 24, 18, 19, 21, 20, 22, 17 e 25, já a composição do terceiro grupo foi pelas propriedades 3, 1, 2, 5, 4, 7, 6 e 8. É possível afirmar ao analisar os dois *cluster* que as propriedades na faixa de altitudes entre 1000-1200 metros apresentaram maior índice de similaridade que

as demais faixas, em contrapartida, a dissimilaridade observada nas propriedades de 1 a 11, algumas com certa proximidade (Figura 1), o que é influenciada por formas de manejo de plantas daninhas (principalmente o químico que possuem alto fator de seleção para espécies resistentes) e edáficos.

Figura 7 – Agrupamento hierárquico relacionando a incidência de plantas daninhas nas 26 propriedades visitadas período de verão, Cerrado Mineiro. 2018.

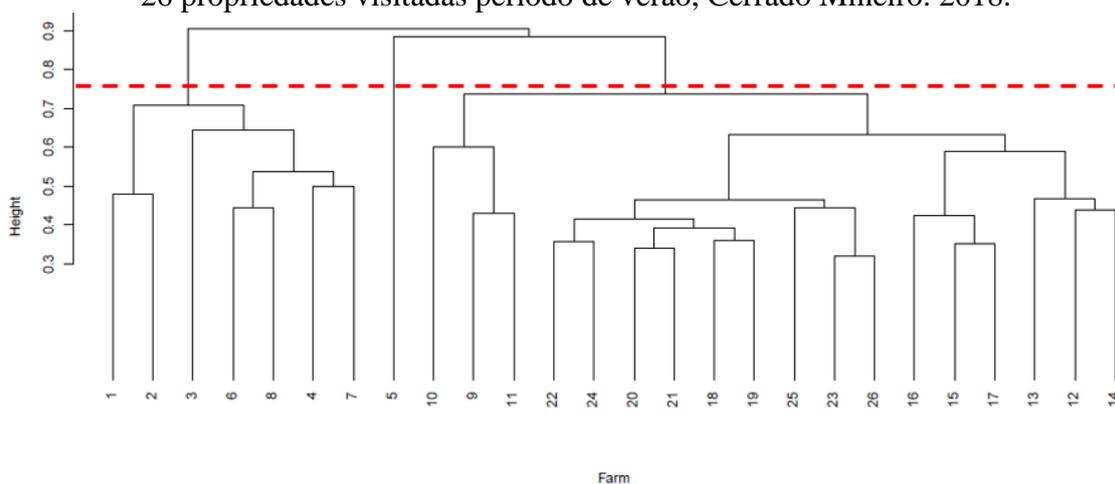
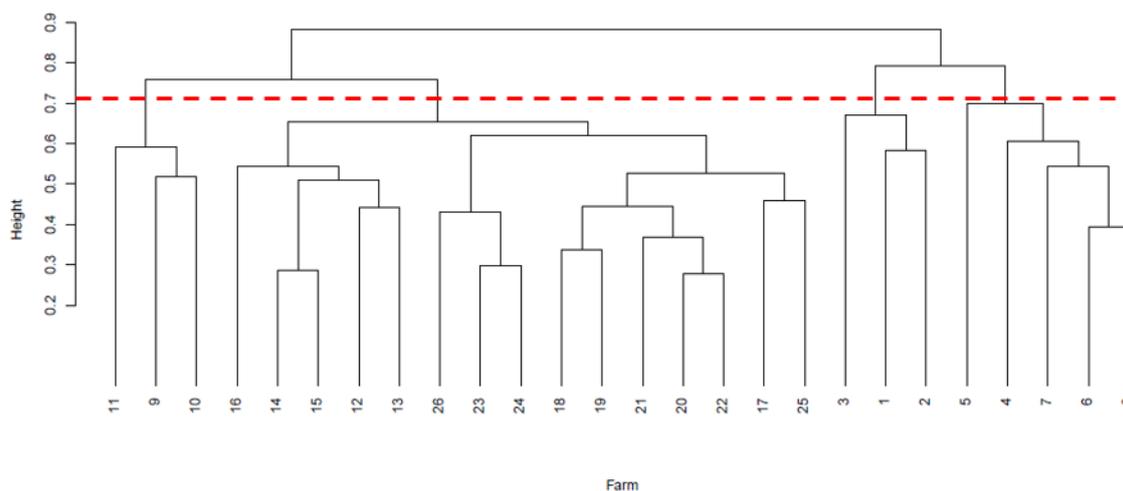


Figura 8 – Agrupamento hierárquico relacionando a incidência de plantas daninhas nas 26 propriedades visitadas período de inverno, Cerrado Mineiro. 2018.



#### 4 DISCUSSÃO

Os principais tratos culturais do cafeeiro, como o controle fitossanitário e adubações ocorrem no período chuvoso. Em concomitância com alta umidade e temperatura, fazem desse período época ideal para a germinação, crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas, principalmente as de metabolismo fotossintético

C4. Em decorrência da alta disponibilidade hídrica no verão brasileiro, plantas daninhas e o cafeeiro competem principalmente por nutrientes e essa competição tende a se tornar mais prejudicial com o aumento da densidade de infestação. O inverno, nas principais áreas cafeeiras do Brasil, é caracterizado pelas temperaturas amenas e diminuição das chuvas, com noites mais longas que os dias. Dessa maneira, cafeeiros e plantas daninhas tendem a competir por água, sobressaindo as espécies com melhor aproveitamento desse recurso. As intensidades dos danos são influenciadas pelo potencial competitivo das plantas pelos recursos do ambiente (nutrientes, água, luz, CO<sub>2</sub>), duração do tempo de competição, tipo de espécie encontrado na área, época de germinação e características competitivas (ZANINE, SANTOS, 2004; SILVA; SILVA, 2007).

O predomínio de Poaceae e Asteraceae devido ao maior número de espécies e indivíduos ficou evidente. Esses dados podem ser creditados as interações entre as condições climáticas atreladas às características que conferem a essas famílias serem exímias competidoras, tal como, a capacidade de dominância ecológica, elevada produção de propágulos, facilidade de dispersão e tolerância ao desfolhamento (LINDER et al., 2018). Resultado semelhante foi encontrado por Maciel et al., (2010) ao realizar levantamento fitossociológico de plantas daninhas em cafeeiros orgânicos no município de Garça – SP.

Observou-se que, nas avaliações de ambos os períodos, excetuando os rankings, há diferença de duas espécies que configuram como as de maiores IVI's, no qual, está presente em um período, mas não está no outro sendo, *Portulaca oleraceae*, no verão e *Conyza* sp. no inverno. Assim, *Alternanthera tenella* e *Amaranthus* spp. da família Amaranthaceae, *Bidens pilosa* e *Galinsoga parviflora* (Asteraceae), *Lepidium virginicum* (Brassicaceae), *Sida* sp. (Malvaceae) e as Poaceae *Eleusine indica*, *Digitaria horizontalis* e *Urochloa decumbens*, configuraram como as espécies de plantas daninhas mais importantes em ambos os períodos levantados e terão destaque principal na discussão desse trabalho. Essa dominância segundo Tredennick et al., (2018) pode estar relacionado a insensibilidade dessas espécies a umidade do solo, como o desenvolvimento de estratégias competitivas ao longo dos ciclos evolutivos que as protegem contra a variabilidade de precipitação.

O capim-pé-galinha (*Eleusine indica*) é considerada uma das plantas daninhas mais comuns encontradas em cafezais de Minas Gerais, esta espécie apresentou o maior IVI na avaliação de verão e a sexta no inverno (encontrada nos estágios iniciais de

desenvolvimento), esse resultado corrobora com Cardoso et al., (2017), em que *Eleusine indica* juntamente com *Galinsoga parviflora* foram as espécies de maiores IVI's em cultura perene. Mesmo com o primeiro caso resistência a herbicidas inibidores da ACCase (graminícidas) reportado em 2003, seu controle até então não era considerado problemático. Entretanto, essa situação mudou após o surgimento do primeiro biótipo resistente em 2016 ao glyphosate (TAKANO et al., 2016), herbicida mais utilizado na cafeicultura. Com o centro de origem na África e regiões tropicais e temperadas da Ásia, essa espécie de metabolismo fotossintético C4, perene ou anual, de rápido crescimento, é capaz de um único indivíduo produzir mais de 120 mil sementes. Mesmo não relatado biótipos resistentes em áreas cafeeiras, os produtores denunciam a dificuldade de controlar o capim-pé-de-galinha com a utilização de glyphosate, mesmo em aplicações sequenciais. Como estratégias de controle dessa planta daninha na cafeicultura, estão a utilização de herbicidas em pré-emergência, o uso de graminícidas como o clethodim associado ou não ao glyphosate nos estágios iniciais de desenvolvimento da planta e a integração de diversos métodos, como o controle mecânico e a utilização de plantas de cobertura. Esse último justificado, pois, a germinação das sementes do capim-pé-de-galinha apresenta certo grau de fotoblastismo positivo (SHARP; BOYD, 2019).

Plantas daninhas do gênero *Digitaria* possuem alta capacidade de perfilhamento formando novas touceiras. Além disso, são hábeis em competir por água, luz e nutrientes, o que garante a esse gênero agressividade de dispersão e estabelecimento (DIAS et al., 2007). Santos et al., (2010) apontaram a *Bidens pilosa*, *Digitaria horizontalis* e *Spermacoce latifolia* como espécies de maiores IVI no segundo ano de levantamento fitossociológico em cafeeiros consorciados com leguminosas. Exemplo da capacidade de competição foi demonstrado por Fialho et al. (2012), no qual, em presença de cinco espécies de plantas daninhas entre elas, *Digitaria horizontalis*, cafeeiros jovens apresentaram redução de nutrientes da parte aérea. Os autores ainda observaram que o capim-colchão apresentou maiores níveis de fósforo e ferro em suas folhas, e o fósforo é essencial para o crescimento inicial do cafeeiro.

*Digitaria insularis* (capim-amargoso) é uma planta perene, com resistência ao glyphosate e a herbicidas inibidores da ACCase (assim como *D. horizontalis*) o que tem dificultado o manejo com a utilização do controle químico. Essa espécie apresentou maiores parâmetros fitossociológico na avaliação de inverno com destaque em propriedades acima dos 1200 metros de altitudes. De acordo com Reinert; Prado;

Christoffoleti (2013), apesar de ocorrer emergência dessa planta o ano inteiro, o período de fevereiro a maio revelou-se mais favorável. Outro fato se deve ao crescimento lento até os 40 dias após emergência (DAE), sendo suprimido pelo sombreamento de outras espécies infestantes e por baixas temperaturas. Nos meses de abril/maio o cafeicultor realiza controle do mato para facilitar as operações de colheita e recolhimento do café no chão, utilizando principalmente o controle químico. Assim, havendo presença do capim-amargoso com mais de 40 DAE, doses dos herbicidas utilizado podem não serem efetivos, por razão da formação de rizomas ricos em amido, que são os responsáveis por reduzir a translocação do glyphosate (MACHADO et al., 2008). De acordo com Fonseca et al., (2016) a utilização de biomassa seca de plantas de cobertura como crotalária (*Crotalaria ochroleuca*) e capim-braquiária (*Urochloa brizantha*) possuem capacidade de redução da emergência e crescimento de *D. insularis*, devido a suas sementes serem fotoblástica, com maiores germinações em profundidade de até 3 cm.

O capim-braquiária (*Urochloa decumbens* ou *U. ruziziensis*) é uma das forrageiras mais utilizadas no Cerrado. Na cafeicultura popularizou-se nas últimas duas décadas utilizada como planta de cobertura. No entanto, nas 26 propriedades visitadas, somente em uma realizou-se a semeadura dessa planta no local do levantamento para servir de cobertura nas entrelinhas dos cafeeiros. Nas outras propriedades, as maiores abundâncias observadas se explicam por novos plantios serem realizado em áreas anteriormente formado pela capim-braquiária. Como uma planta perene, seu comportamento no levantamento foi análogo ao capim-amargoso, ou seja, obteve os maiores parâmetros no inverno, configurando como a espécie com o segundo maior IVI. O plantio do capim-braquiária nas entrelinhas dos cafeeiros requer um manejo adequado, para evitar a competição entre as espécies, segundo Rocha et al., (2016); Siqueira et al., (2015) o capim-braquiária apresenta a capacidade de elevar o pH e melhora os atributos físicos do solo aumentando a disponibilidade de água. Em contrapartida, Matos et al., (2013) e Fialho et al., (2010), concluíram que *Urochloa decumbens* em maiores densidades apresenta maior capacidade competitiva, reduzindo a taxa fotossintética, condutância estomática e taxa de transpiração do cafeeiro. Nesse propósito, Souza et al., (2006) recomenda um faixa de 1,0 metro de cada lado das linhas de plantio dos cafeeiros livre da competição com o capim-braquiária.

Das 16 espécies da família das Asteracea encontradas nos dois períodos do levantamento, três merecem destaque: *Bidens pilosa* (picão-preto), *Conyza* spp (buva). e

*Galinsoga parviflora* (fazendeiro), pois além de apresentar os maiores IVI's, são plantas daninhas agressivas que causam prejuízos a diversos agroecossistemas ao redor do mundo (BAJWA et al., 2016; SHEN et al., 2019). Apesar de ser facilmente encontrada em cafezais, *G. parviflora* não é considerado problemático, no qual, consegue-se o controle satisfatório com utilização de herbicidas de amplo espectro. No levantamento fitossociológico foi uma das espécies mais abundantes nas propriedades acima de 1000 metros de altitude nos dois períodos.

O picão-preto é uma das plantas daninhas mais encontradas em lavouras anuais e perenes. No levantamento foi encontrado em 24 e 25 propriedades no verão e inverno respectivamente, com comportamento similar nas três faixas de altitudes no verão. No inverno houve menor importância que segundo Aspiazú et al., (2010), em baixa disponibilidade de água o picão-preto é menos competitivo quando comparado a outras plantas daninhas. Contudo, em altitudes maiores no período, foi uma das espécies com maiores densidades e frequência quando comparado a altitudes de até 1000 metros. A interferência do picão-preto em áreas cafeeiras foi demonstrada por Santos et al., (2010), configurando a espécie com maior IVI no levantamento fitossociológico. Ronchi et al., (2007), demonstraram a sensibilidade de cafeeiros em estágios iniciais de crescimento a competição como *Bidens pilosa* em maiores densidades e Borges et al., (2019) concluíram que a sensibilidade do cafeeiro jovens a competição independe da cultivar, ou seja, 14 cultivares de café apresentaram prejuízos ao crescimento em média e alta densidade de *Bidens pilosa*.

A buva (*Conyza* spp.) foi a espécie de maior IVI no inverno, encontrada em 23 propriedades com predominância nas propriedades em altitudes até 1000 metros, em que, a densidade média nessas propriedades foi superior à média geral do período. No Brasil, são encontradas três espécies principais: *C. bonariensis*, *C. canadensis* e *C. sumatrensis*, segundo Santos et al., (2014) podem ocorrer hibridações entre as espécies no campo, o que dificulta sua identificação. Apesar de ser uma planta anual de inverno (BAJWA et al., 2016), a buva é encontrada em diferentes estágios de desenvolvimento praticamente durante todo o ano nas lavouras cafeeiras. Na avaliação de verão, constituiu a oitava espécie com maior frequência e a décima primeira de maior IVI. O controle químico dessa planta daninha é extremamente difícil, tendo em vista, que há biótipos de *C. sumatrensis* com resistência múltipla a herbicidas de cinco sítios de ação diferentes; 2,4-D, diuron, glyphosate, paraquat e saflufenacil, este último associado ao glyphosate é

considerado ainda uma das melhores opções para o controle da buva dos herbicidas registrados para o café. Assim como em culturas anuais, na cafeicultura uma alternativa de controle é evitar que o solo fique exposto, podendo citar, a semeadura do capim-braquiária ou uso cobertura morta nas entrelinhas. O revolvimento do solo para o enterrio das sementes não constitui método satisfatório, de acordo com Vargas et al., (2018), sementes de *Conyza* spp. enterradas em maiores profundidades aumentaram sua longevidade e qualidade fisiológica.

Plantas daninhas da família Amaranthaceae apresentam metabolismo fotossintético C4 o que garante vantagem competitiva contra o cafeeiro (C3) no período de verão. O gênero *Amaranthus* (carurus) são facilmente encontradas nas entrelinhas dos cafeeiros, sendo utilizada como planta espontânea de cobertura por desenvolverem em grande abundância. O caruru-gigante (*Amaranthus retroflexus*) de acordo com Moreira et al., (2013), foi uma das espécies mais frequentes ao final de dois anos de avaliação em cafeeiros consorciados com leguminosas. Apesar de a maioria dos carurus serem controlados eficientemente com a utilização dos herbicidas de amplo espectro e latifolicidas registrados para utilização em cafeeiros, existem biótipos de caruru-gigante e o caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis*) com resistência múltipla a herbicidas inibidores da ALS e fotossistema II (Heap, 2019). Em 2018 foi detectado biótipos de *A. hybridus* (syn: *quitensis*) com resistência múltipla aos herbicidas chlorimuron-ethyl (inibidores da ALS) e glyphosate (EPSPs), sendo que, esses herbicidas são os mais utilizados na cafeicultura, o primeiro sendo seletivo aos cafeeiros e o segundo de amplo espectro ação.

Encontrada infestando lavouras e pastagens principalmente no cerrado brasileiro a *Alternanthera tenella* (apaga-fogo) é uma planta daninha muito ramificada e emergência tardia ao final do verão (CONOSSA et al., 2008). Isso explica uma maior abundância relativa dessa espécie no inverno (2,36) em comparação o verão (1,49). O predomínio do apaga-fogo em cafeeiros foi demonstrado por Dias; Alves e Lemes (2008), no qual, a espécie apresentou maiores densidades ao final do outono em dois anos de avaliação. Ançarinha-branca (*Chenopodium album*) outra espécie da família Amaranthacea. Apesar de ter um resultado irrelevante frente aos parâmetros fitossociológicos do presente trabalho, de acordo com Bajwa et al., (2019) essa planta daninha é listada entre as dez espécies mais amplamente distribuídas e problemáticas do mundo, provocando perdas substanciais em culturas de cereais, oleaginosas, hortaliças e

na fruticultura, devido a sua alta capacidade competitiva na absorção e assimilação de nutrientes. Somam-se ainda os crescentes relatos sobre a ocorrência de resistência a herbicidas.

Guanxuma ou mato-pasto (*Sida* sp.) planta perene, como o próprio nome comum indica é facilmente encontrada infestando pastagens. No levantamento fitossociológico apresentou maiores frequência relativa e IVI no inverno. Em contrapartida, sua representatividade foi maior nas propriedades localizadas entre 800-1000 metros de altitude nos dois períodos avaliados, sendo superior no verão, nessa faixa de altitude. Ainda que possam ser encontradas facilmente em cafezais, sua interferência tende a ser pequena, mesmo em cafeeiros jovens conforme demonstrado por Ronchi et al., (2003) e Ronchi; Silva (2006).

Mastruço (*Lepidium virginicum*) foi a principal espécie da família Brassicaceae do levantamento. Embora seja uma planta de inverno, configurou entre as dez espécies de maiores IVI's em ambos os períodos. No inverno, foi a terceira mais importante e com maior abundância, com destaque nas propriedades acima de 1000 metros de altitudes. Mesmo como destaque desse trabalho, historicamente não se tem informações sobre a interferência dessa espécie no cafeeiro.

A cafeicultura do Cerrado Mineiro possui muitos fatores que limitam a produtividade e elevam os custos de produção. Uma das características negativas das plantas daninhas é sua capacidade de hospedar pragas, doenças e fitonematóides. Nesse último, os gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus* devido a sua agressividade, intensidade de infestação e grande número de hospedeiros, causam sérios prejuízos ao sistema radicular e perdas de produtividade (OLIVEIRA et al., 2011). Segundo Bélle et al., (2017) algumas plantas daninhas podem ser hospedeiras alternativas de *Meloidogyne incognita*, das espécies identificadas no levantamento fitossociológico e podem hospedar esse fitonematóide estão: *Aeschynomene rudis*, *Amaranthus* spp., *Bidens* sp., *Commelina benghalensis*, *Digitaria insularis*, *D. horizontalis*, *Euphorbia heterophylla*, *Galinsoga parviflora*, *Ipomoea* sp., *Leonurus sibiricus*, *Nicandra physaloides*, *Rhynchelytrum repens*, *Sida rhombifolia* e *Solanum americanum*. As espécies *Eleusine indica* e *Urochloa decumbens* podem ser hospedeira alternativa do nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) (BRAZ et al., 2016).

Utilizamos o Índice de Shannon-Wiener para mostrar a diversidade e heterogeneidade das plantas daninhas, por meio do número e distribuição das espécies

presentes nas 26 propriedades visitadas. Segundo Cavalcanti; Larrazábal (2004) o índice é considerado alto quando estiver acima de 3, média, entre 2 e 3, baixo, entre 1 e 2 e muito baixo, menor que 1. Nosso trabalho mostrou que diversidade média no verão (2,28) e inverno (2,02), semelhante aos achados por Cardoso et al., (2017) em cultura perene de pinhão manso e pasto ao final e início de estação chuvosa, contudo, os mesmos autores encontram valores de diversidade inferiores em pastagens, com índices de 1,51 e 1,40 ao final de cada período respectivamente.

O índice de Pielou refere-se à uniformidade do número de indivíduos de diferentes espécies em uma comunidade, valores baixos demonstram dominância de uma ou mais espécies na comunidade estudada, enquanto alta equitabilidade (acima de 0,5) significa distribuição uniforme entre as espécies na amostra e que, apesar da complexidade da comunidade, os indivíduos tendem a estar bem distribuídos (CARDOSO et al., 2017; CAVALCANTI; LARRAZÁBAL, 2004; PAN et al., 2020). Os resultados do verão e inverno indicam uma distribuição uniforme, entretanto, ao contrário do verão, duas propriedades, 1 e 24 tiveram valores abaixo de 0,5, o que é explicado pelo predomínio da espécie *Conyza* spp., que nas duas propriedades tiveram IVI de 142,14 e 148,40 respectivamente, muito acima do IVI médio (33,54) da espécie no período.

A comunidade de plantas daninhas do Cerrado Mineiro possui predomínio de espécies de difícil controle e elevada capacidade competitiva, nos alertando sobre potenciais prejuízos em caso de negligências no manejo. Assim, a identificação das espécies presentes em cada propriedade cafeeira é o primeiro passo para planejar e decidir as estratégias de controle, preconizando a integração de um ou mais métodos, tornando a cafeicultura uma atividade, nos preceitos atuais, cada vez mais sustentavelmente justa.

## 5 CONCLUSÃO

A comunidade de plantas daninhas da cafeicultura do Cerrado Mineiro embora diversificada é dominada por duas famílias principais, Poaceae e Asteraceae. As espécies *Eleusine indica* e *Conyza* spp. foram as espécies com maiores IVI's no verão e inverno respectivamente e possuem como característica principal a dificuldade de controle, principalmente o químico.

O comportamento das espécies encontradas no levantamento foi de alta variabilidade dos parâmetros analisados: em algumas propriedades certa espécie predominou, já em outras não foi encontrado somente um indivíduo. Em contrapartida,

observou-se similaridade entre as espécies encontradas nos locais visitados e com os resultados das espécies com maiores IVI's é possível traçar um programa de manejo de plantas daninhas na Região do Cerrado Mineiro.

## AGREDECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com os apoios da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

## 6 REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D. et al. Weed Management [Manejo de Plantas Daninhas]. In: Sedyama, T. N.; Silva, F.; Borém, A. ED (s). **Soja do Plantio à Colheita**. Viçosa. UFV, p. 234-251, 2015.

ALCÂNTARA NETO, F. A. et al. Floristic composition of weeds in a dystrophic Red-Yellow Argisol under the cultivation of cowpea, cv. BRS Novaera. **Australian Journal of Crop Science**. v. 13 (05), p.767-772, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.05.p1553>> . Acesso em: 15 set. 2020.

ASPIAZÚ, I. et al. Characteristics associated to photosynthesis and water use of weed species. **Planta Daninha**. v. 28 (1), p. 87-92, 2010. Disponível em: ><https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000100011>> . Acesso em: 16 set. 2018.

ASSAD, R. et al. Biology of Amaranths. **The Botanical Review**. v.83, p.382–436, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12229-017-9194-1>> . Acesso em: 08 mar. 2018.

BAJWA, A. A. et al. A global perspective on the biology, impact and management of *Chenopodium album* and *Chenopodium murale*: two troublesome agricultural and environmental weeds. **Environmental Science and Pollution Research**. v.26, p.5357–5371, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-018-04104-y>> . Acesso em: 16 set. 2020.

BAJWA, A. A. et al. Biology and management of two important *Coryza* weeds: a global review. **Environmental Science and Pollution Research**. v.23. p.24694–24710, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-016-7794-7>> . Acesso em: 15 nov. 2018.

BELLÉ, C. et al. Meloidogyne Species Associated With Weeds In Rio Grande Do Sul. **Planta Daninha**. v.37, e019214250, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100095>> . Acesso em: 13 set. 2020

BELLÉ, C. et al. Weeds as alternative hosts to *Meloidogyne incognita* [Plantas daninhas como hospedeiras alternativas para *Meloidogyne incognita*]. **Nematrópica**. v.47 (1),

p.26-33, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0100-5405/2129>> . Acesso em: 13 set. 2018.

BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. **Numerical Ecology with R**. Springer-Verlag, New York, 1st Ed., 2011, 306p.

BORGES, L. G. M. et al. Response of Arabica Coffee Cultivars to Competition from Beggarticks. **Planta Daninha**. v.37, e019213814, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100143>> . Acesso em: 16 set. 2020.

BRAZ, G. B. P. et al. Weeds as alternative hosts for *Pratylenchus brachyurus*. **Summa Phytopathologica**, v.42 (3), p.233-238, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/2129>>. Acesso em: 18 set. 2018.

BRIGHENTI, A. M; OLIVEIRA, M. F. Weed Biology [Biologia de Plantas Daninhas]. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. Ed (s) **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**, Curitiba, Omnipax, v.1; p. 1-36, 2011.

CARDOSO, I. S. et al. Bank of Weed Seeds in Agrosystems in the Brazilian Cerrado. **Planta Daninha**. v. 34 (3), p. 443-451, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582016340300005>> . Acesso em: 14 mai. 2018.

CARDOSO, I. S. et al. Weed community composition in different agro-systems. **Comunicata Scientiae**. v.8 (1), p.139-148, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.14295/cs.v8i1.1451>>. Acesso em: 16 set. 2018.

CHAUHAN, B. S.; ALI, H. H.; FLORENTINE, S. Seed germination ecology of *Bidens pilosa* and its implications for weed management. **Scientific Reports** v.9, 16004, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41598-019-52620-9>>. Acesso em: 11 out. 2020.

COLBACH, N. et al. Assessing broomrape risk due to weeds in cropping systems with na indicator linked to a simulation model. **Ecological Indicators**. v.82, p. 280-292, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.070>>. Acesso em: 19 set. 2018.

COLBACH, N.; GARDARIN, A.; MOREAU, D. The response of weed and crop species to shading: Which parameters explain weed impacts on crop production? **Field Crops Research**. v.238, p. 45-55, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.04.008>> . Acesso em: 16 set. 2020.

COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. Estimating Terrestrial Biodiversity Through Extrapolation. **Biological Sciences**. v.345, p.101–118. 1994. Disponível em: <<https://doi.org/10.1098/rstb.1994.0091>> . Acesso em: 10 set. 2018.

CONCENÇO, G. et al. Characterization of the Weed Flora in Rice Areas under Distinct Cropping Systems and Herbicide Managements. **Planta Daninha**. v.37, e019193419, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100089>>. Acesso em: 23 ago. 2020.

CONCENÇO, G. et al. Infestation Of Weed Species In Monocrop Coffee Or Intercropped With Banana, Under Agroecological System. **Planta Daninha**. v. 32 (4), p. 665-674, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000400001>>. Acesso em: 16 set. 2018.

CONOSSA, R. S. et al.. Effect of Temperature and Light on Joyweed (*Alternanthera tenella*) Seed Germination. **Planta Daninha**. v. 26 (4), p. 745-750, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000400005>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

CUNHA, A. J.; MELO, B.; SANTOS, J. C. F. Weed phytosociology on coffee intercropping perennial legumes. **Cerrado Agrociências**. n. 4, p. 9-15, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000200010>>. Acesso em: 14 set. 2019.

DIAS, A. C. R., et al. Understanding the Occurrence of Different Species of Crabgrass (*Digitaria* spp.) in Sugar Cane Crop. **Planta Daninha**. v. 25 (2), p. 489-499, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000300008>>. Acesso em: 06 mar. 2018.

DIAS, T. C. S.; ALVES, P. L. C. A.; LEMES, L. N. Effects of the width of weed control strips on coffee plant performance. **Científica**. v.36 (1), p.81 - 85, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2008v36n1p81+-+85>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

DREWITZ, N. M.; STOLTENBERG, D. E. Weed Communities in Strip-Tillage Corn/No-Tillage Soybean Rotation and Chisel-Plow Corn Systems after 10 Years of Variable Management. **Weed Science**. v.66 (5), p.651-661, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/wsc.2018.40>>. Acesso em: 16 nov. 2019.

ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L. L. A.; COSTA, N. V. Phyto-sociological Survey of Weed Communities in Flooded Rice Areas Cultivated Under Different Management Systems. **Plantas Daninha**, v. 22 (2), p. 195-201, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582004000200004>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

FIALHO, C. M. T., et al. Leaf Nutrient Content in Coffee Plants and Weeds Cultivated in Competition. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 1, p. 65-73, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582012000100008>>. Acesso em: 25 fev. 2019.

FIALHO, C. M. T. et al. Competition of weeds with coffee plants, in two times of infestation. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, p. 969-978, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000500005>>. Acesso em: 05 abr. 2018.

FONSECA, W. L. et al. Influence of different cover crops on the emergence and development of *Digitaria horizontalis*. **Australian Journal of Crop Science**. v.10 (9), p. 1244-1248, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.09.p7624>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

- GAZZIERO, D. L. P. et al. Estimating Yield Losses In Soybean Due To Sourgrass Interference. **Planta Daninha**. v.37, e019190835, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582019370100047>>. Acesso em: 26 fev. 2020.
- GEMELLI, A. et al. Biology aspects of *Digitaria insularis* resistant to glyphosate and implications for its control. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v.11 (2), p.231-240, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v11i2.186>>. Acesso em: 13 fev. 2018.
- GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**. v.4 (1), p.379-391, 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x>> . Acesso em: 15 fev. 2018.
- HILL, M. O. Diversity and Evenness: A unifying notation and its consequences. **Ecology**. v.54 (2), p.427-432, 1973. Disponível em: <<https://doi.org/10.2307/1934352>>. Acesso em: 05 dez. 2018.
- KAUR, S.; KAUR, R.; CHAUHAN, B. S. Understanding crop-weed-fertilizer-water interactions and their implications for weed management in agricultural systems. **Crop Protection**. v.103, p.65-72, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.09.011>>. Acesso em: 25 ago. 2019.
- KINDT R, COE R. Tree diversity analysis: A manual and software for common statistical methods and biodiversity studies. Nairobi: **World Agroforestry Centre**. 2005, 196 p.
- KRENCHINSKI, F. H. et al. Floristic And Phytosociological Survey Of Weeds: A Review Of Methods Employed. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**. v.8 (1), p. 217-228, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2015v8n1p217-228>>. Acesso em: 06 mar. 2018.
- KUVA, M. A. et al. Phytosociology of Weed Community in No-Burn Sugar Cane Agroecosystems. **Planta Daninha**. v.25 (3), p. 501-511, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582007000300009>>. Acesso em: 15 fev. 2018.
- LAZAROTO C.; FLECK N.; VIDAL R. Biology and ecophysiology of hairy fleabane (*Conyza bonariensis*) and horseweed (*Conyza canadensis*). **Ciência Rural**. v.38 (3), p;852-860, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000300045>>. Acesso em: 10 fev. 2019.
- LEMES, L. N. et al. Weed interference on coffee fruit production during a four-year investigation after planting. **African Journal of Agricultural Research**., v. 5, n. 10, p. 1138-1143, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5897/AJAR09.700>>. Acesso em: 11 fev. 2020.
- LINDER, H. P. et al. Global grass (Poaceae) success underpinned by traits facilitating colonization, persistence and habitat transformation. **Biological Reviews** v.93, p.1125–

1144, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/brv.12388>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

LIVRAMENTO, D. E. Coffee morphology and physiology [Morfologia e fisiologia do cafeeiro] In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.) **Café arábica do plantio a colheita**. Lavras: EPAMIG, v.1, p. 87-161. 2010.

LORENZI, H. Weed identification and control manual: no-till and conventional tillage. [Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional]. 7.ed. **Nova Odessa: Plantarum Institute**, 2014. 383p.

MACHADO, A. F. L. et al. Growth analysis of de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.641-647, 2006. Disponível em:<<https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000400004>>. Acesso em: 06 fev. 2018.

MACIEL, C. D. G. et al. Weeds phytosociological survey in organic coffee crop. **Bragantia**, Campinas, v. 69 (3), p.631-636, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000300015>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

MAROCHI, A. et al. Managing glyphosate-resistant weeds with cover crop associated with herbicide rotation and mixture. **Ciência e Agrotecnologia**. v.42 (4), p.381-394, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1413-70542018424017918>>. Acesso em: 07 dez. 2020.

MATOS, C. C. et al. Physiological characteristics of coffee plants in competition with weeds. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1111-1119, 2013.

MATOS, C. et al. Crop-weed competition changes the decomposition of soil organic matter fractions in the rhizosphere. **Archives of Agronomy and Soil Science**. v.65 (11), p. 1507-1520, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1566717>>. Acesso em: 19 out. 2020.

MONQUERO, P. A.; HIRATA, A. C. S.; PITELLI, R. A. Weed Colonization Survey Methods. [Métodos de Levantamento da Colonização de Plantas Daninhas]. In: MONQUERO, P. A. (Ed.) **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. São Carlos: RiMa Publisher, v.1, p. 103-127. 2014.

MOREIRA, G. M. et al. Phytosociology of weeds in a coffee plantation intercropped with legume crops. **Planta Daninha**. v. 31 (2), p. 329-340, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000200010>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. A. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley, 1974. 547 p.

NAGAI, D. K. et al. Protected designation of origin and their relations with social innovations: a multiple case study of coffee production in the Cerrado Mineiro /Minas Gerais. **Revista Perspectivas Contemporâneas**, v. 13 (1), p. 54-73, 2018.

OKSANEN, J. et al (2013) Vegan: Community Ecology Package. **R Package**. Disponível em: <<http://CRAN.Rproject.org/package=vegan>>. Acesso em: 25 mar. 2020

OLIVEIRA, D. S. et al. Characterization of Meloidogyne incognita populations from São Paulo and Minas Gerais state and their pathogenicity on coffee plants. **Tropical Plant Pathology**, vol. 36 (3), p.190-194, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1982-56762011000300008>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

ORTEGA, A. C.; JESUS, C. M. Coffe of Cerrado Territory: changes in the productive structure and its impacts on employed persons. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. v.49 (3), p.771-800, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-20032011000300010>>. Acesso em: 09 fev. 2019.

PAN, J.; ZHANG, L.; WANG, L.; FU, S. Effects of long-term fertilization treatments on the weed seed bank in a wheat-soybean rotation system. **Global Ecology and Conservation**. v.21, e00870, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00870>>. Acesso em: 16 jan. 2021.

PIELOU, E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections. **Journal of Theoretical Biology**, v.13, p.131-144, 1966. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0)>. Acesso em: 16 jan. 2017.

RAIMONDI, R. T. et al. Glyphosate-Resistant Sourgrass Management Programs Associating Mowing And Herbicides. **Planta Daninha**. v.38, e020215928, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0100-83582020380100033>>. Acesso em: 05 jan. 2021.

RAMESH, K. et al. Weeds in a Changing Climate: Vulnerabilities, Consequences, and Implications for Future Weed Management. **Frontiers in Plant Science**. v. 8, 2017. . Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00095>>. Acesso em: 13 jul. 2018.

RAUBER, R. et al. Weed Communities in Semiarid Rainfed Croplands of Central Argentina: Comparison between Corn (Zea mays) and Soybean (Glycine max) Crops. **Weed Science**. v. 66 (3), p.1-11, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/wsc.2017.76>>. Acesso em: 04 fev. 2021.

REIBOTA, M. S. et al.. Climate aspects in Minas Gerais State. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 206-226, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v17i0.41493>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

REINERT, C. S.; PRADO, A. B. C. A.; CHRISTOFFOLETI, P. C. Comparative dose-response curves between sourgrass (Digitaria insularis) resistant and susceptible biotypes to glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v.12 (3), p.260-267, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.7824/rbh.v12i3.223>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

ROCHA, O. C. et al. Chemical and hydrophysical attributes of an Oxisol under coffee intercropped with brachiaria in the Cerrado **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.51 (9), p.1476-1483, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900046>>. Acesso em: 16 jan. 2019.

RONCHI, C. P.; TERRA A. A.; SILVA, A. A. Growth and nutrient concentration in coffee root system under weed species competition. **Planta Daninha**. v. 25 (4), p. 679-687, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000400004>>. Acesso em: 12 out. 2019.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Effects of weed species competition on the growth of young coffee plants. **Planta Daninha**. v. 24 (3), p. 415-423, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000300001>>. Acesso em: 11 jan. 2020.

SANSOM M.; SABORIDO A.A.; DUBOIS M. Control of Conyza spp. with Glyphosate – A Review of the Situation in Europe. **Plant Protection Science**. v.49, p.44-53, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.17221/67/2011-PPS>>. Acesso em: 16 out. 2018.

SANTOS, J. B.; CURY, J. P. Black Jack: A Special Weed in Tropical Soils. **Planta Daninha**. v. 29, p. 1159-1171, 2011. Special Number. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000500024>>. Acesso em: 16 out. 2018.

SANTOS, W. F. et al. Phytosociology of weed in the southwestern Goiás region. **Acta Scientiarum**. Agronomy, v. 40, e33049, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.33049>>. Acesso em: 16 jan. 2019.

SÃO MIGUEL, A. S. D. C. et al. Cover Crops in the Weed Management in Soybean Culture. **Planta Daninha**. v.36, e18172534, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0100-83582018360100072>>. Acesso em: 05 ago. 2020.

SHARPE, S. M.; BOYD, N. S. Germination ecology for Florida populations of carpetweed (*Mollugo verticillata*), Carolina geranium (*Geranium carolinianum*), eclipta (*Eclipta prostrata*), and goosegrass (*Eleusine indica*). **Weed Science**. v.67, p. 433-440, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/wsc.2019.17>>. Acesso em: 17 mar. 2020.

SHEN, S., XU, G., LI, D., JIN, G. Potential Use of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) to Suppress Three Invasive Plant Species in Agroecosystems (*Ageratum conyzoides* L., *Bidens pilosa* L., and *Galinsoga parviflora* Cav.). **Agronomy**. v.9, 318, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/agronomy9060318>>. Acesso em: 16 ago. 2020.

SILVA, C. A., et al. Chemical Control of *Conyza Canadensis* (L.), in Mixtures with Glyphosate in Coffee Crop. **Coffee Science**. v. 13 (2), p. 252 - 256, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.25186/cs.v13i2.1430>>. Acesso em: 16 jan. 2021.

SIQUEIRA, R. H. S. et al. **Chemical Attributes of an Oxisol Submitted to Weed Control in Coffee**. *Coffee Science*. v. 10 (2), p. 138 - 148, 2015.

SOUZA, L. S. et al. Effect of *Brachiaria decumbens* Control Bands on the Initial Development and Productivity of *Coffea arabica*. **Planta Daninha**. v. 24 (4), p. 715-720, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000400012>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

TAKANO, H. K. et al. Goosegrass Resistant To Glyphosate In Brazil. **Planta Daninha**. v.35, e017163071, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0100-83582017350100013>>. Acesso em: 10 out. 2018.

TAKANO, H. K. et al. Growth, Development And Seed Production Of Goosegrass. **Planta Daninha**. v. 34 (2), p. 249-257, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582016340200006>>. Acesso em: 06 mar. 2018.

TREDENNICK, A. T. et al. **Ecosystem functional response across precipitation extremes in a sagebrush steppe**. PeerJ. 6:e4485, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.7717/peerj.4485>>. Acesso em: 22 out. 2019.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Phyto-sociological assessment of degraded pastures under flooded low land conditions. **Planta Daninha**, v. 22 (3), p. 343-349, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-83582004000300003>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

VARGAS, A. A. M. et al. Longevity of Horseweed Seed Bank Depending on the Burial Depth. **Planta Daninha**. v.36, e0182073, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0100-83582018360100050>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

VERGO, C. L. R. Rising Coffee Production Surpluses with Downward Pressure on Prices. [Excedentes de Produção de Café em Ascensão com Pressão Baixista Sobre as Cotações]. **Análise e indicadores do Agronegócio**. São Paulo: IEA, v.14, n.9: p. 1-4, 2019.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M. Competition Among Species Of Plants – **A Review**. **Revista FZVA**, v. 11 (1), p.10-30, 2004.

ZHANG, H., GONÇALVES, P., COPELAND, E., QI, S-S. Invasion by the weed *Conyza canadensis* alters soil nutrient supply and shifts microbiota structure. **Soil Biology and Biochemistry**. v.143, 107739, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107739>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

**ARTIGO 2****MANEJO DE PLANTAS DANINHAS INFLUENCIAM INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DO SOLO EM CAFEEIROS NA REGIÃO DO CERRADO MINEIRO**

Weeds management influence microbiological indicators in coffee trees in the Brazilian Cerrado Region

**Rafael Jorge Almeida Rodrigues<sup>1</sup>, Silvia Maria de Oliveira Longatti<sup>2</sup>, Vanessa Barros<sup>1</sup>, Osnar Obede da Silva Aragão<sup>2</sup>, Gladyston Rodrigues Carvalho<sup>3</sup>, Fatima Maria de Souza Moreira<sup>2</sup>, Adenilson Henrique Gonçalves<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Agricultura – Universidade Federal de Lavras

<sup>2</sup> Departamento de Ciência do Solo – Universidade Federal de Lavras

<sup>3</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG

**RESUMO**

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos dos diferentes métodos de controle de plantas daninhas sobre os indicadores microbiológicos do solo em cafeeiros na Região do Cerrado Mineiro. A avaliação foi realizada durante dois períodos: chuvoso e seco, em duas propriedades cafezeiras, denominadas como MK, localizada na altitude de 1219 metros e MM, localizada em 938 metros, no município de Patrocínio-MG. Foi avaliada a influência de quatro métodos de controle de plantas daninhas: roçadas mecânicas (RMEC), herbicida em pré-emergência (HPRE) e pós-emergência (HPOS), cultivo de capim-braquiária (CBRA), além da testemunha com as plantas daninhas sem capina (SCAP), entrelinhas (ELP) e linhas (LIP) de plantio dos cafeeiros, sobre os atributos microbiológico do solo, carbono da biomassa (CBM), respiração basal (Resp.), conteúdo metabólico ( $qCO_2$ ), enzimas arilsulfatase (Aril.),  $\beta$ -glucosidase ( $\beta$ -glu), fosfatase ácida (Fosf.), urease e FDA. Também foram avaliados os efeitos sobre atributos químicos do solo, produtividade em sacas beneficiadas por hectare e sensorial de bebida. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram agrupadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância. Posteriormente, os valores obtidos para atributos microbiológicos e de produtividade foram utilizados para análise de componentes principais (PCA). Os resultados foram apresentados individualizados por cada propriedade, devido à heterogeneidade dos dados. Em MK, destacou-se maiores valores dos atributos CBM e Resp., Fosf, urease e Aril. nos métodos CBRA, RMEC e SCAP nas ELP, sendo esses valores superiores aos encontrados nas LIP no período chuvoso. Já no período seco, observou-se aumento dos valores de CBM em todos os métodos tanto nas ELP como nas LIP. Em MM, nas ELP, maiores valores de CBM na primeira época foi observado em HPRE. Todavia, na segunda época, a exceção de SCAP, os valores desse atributo decresceram. A Fosf. elevou-se na segunda época com maior atividade para o método CBRA, ademais valores nas linhas de plantio foram inferiores para as atividades das enzimas Aril, Fosf. e urease. Nos atributos químicos do solo, o método HPRE apresentou o menor teor de potássio (K) nas entrelinhas e CBRA nas linhas de plantio em

MK, não havendo influência dos métodos de controle em MM. A produtividade em sacas beneficiadas por hectare para as safras 2017/2018, 2018/2019 e biênio 2017/2019, além da análise sensorial de bebida não foram influenciadas pelos métodos de controle em ambas as áreas. As análises de componentes principais (PCA), em MK indicaram influências dos métodos CBRA e SCAP para atividade das enzimas Aril.,  $\beta$ -glu e urease nas ELP, atividade de Fosf., CBM e Resp. foram influenciadas pelos métodos HPRE, HPOS e CBRA nas LIP. Em MM, ocorreram influências iguais entre os métodos tanto nas ELP como LIP, em comum entre as áreas, não houve correlações significativas entre os atributos microbiológicos e a produtividade do biênio 2017/2019. Assim, após a condução por duas safras, conclui-se que, nas ELP e LIP, os métodos SCAP, CBRA e RMEC foram responsáveis por incrementar os atributos microbiológicos em solos de cafeeiros na Região do Cerrado Mineiro.

**Palavras-chave:** Herbicida; Capim-braquiária; Enzimas; Produtividade; Sensorial

### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effects of different weed control methods on soil microbiological indicators in coffee trees in the Cerrado Mineiro region. The evaluation was carried out during two periods, rainy and dry, in two coffee properties, called MK, located at an altitude of 1219 meters and MM, located 938 meters, in the municipality of Patrocínio-MG. The influence of four weed control methods was evaluated: mechanical mowing (RMEC), pre-emergence herbicide (HPRE) and post-emergence (HPOS), and Congo signal grass cultivation (CBRA). The control with weeds without weeding (SCAP), between rows (ELP) and rows (LIP) of coffee planting is added to the study, on the microbiological attributes of soil, biomass carbon (CBM), basal respiration (Resp.), metabolic conscious ( $qCO_2$ ), arylsulfatase (Aril.),  $\beta$ -glucosidase ( $\beta$ -glu), acid phosphatase (Phosph.), FDA and urease enzymes. The effects on chemical attributes of the soil were also evaluated, as well as the productivity in sacks benefited per hectare and sensory of beverage. Data were subjected to analysis of variance and means were grouped by Tukey test at 5% significance. After that, the values obtained for microbiological and productivity attributes were used for principal component analysis (PCA). The results were presented individually for each property, due to the heterogeneity of the data. In MK, the highlight was the higher values of the attributes CBM and Resp., Phosph, urease and Aril. in the CBRA, RMEC and SCAP methods between planting rows, these values being higher than those found in planting rows in the rainy season. In the season dry, an increase in CBM values was observed in all methods both in ELP and LIP. In MM, between planting rows, higher CBM values in the rainy season were observed in HPRE. In the dry season, except for SCAP, the values of this attribute decreased. The Phosph. it increased in the second season with greater activity for the CBRA. The other values in the planting lines were lower for the activities of the enzymes Aril, Fosf. and urease. In the chemical attributes of the soil, the HPRE showed the lowest potassium (K) content between the rows and CBRA in the planting rows in MK, with no influence of the control methods in MM. The productivity for the 2017/2018, 2018/2019 and 2017/2019 biennium crops, in addition to the sensory analysis of the beverage, were not influenced by the control methods in both areas. The PCA in MK indicated influences of the CBRA and SCAP methods for the the enzymes Aril.,  $\beta$ -glu and urease in ELP,

activity of Fosf., CBM and Resp. were influenced by the HPRE, HPOS and CBRA methods in the LIP. In MM there was an equal influence between the methods, both in ELP and LIP, in common between the areas, there was no significant correlation between microbiological attributes and productivity in the 2017/2019 biennium. Thus, after conducting two crops, it is concluded that, in ELP and LIP, the SCAP, CBRA and RMEC methods were responsible for increasing the microbiological attributes in coffee soils in the Cerrado Mineiro region.

**Keywords:** Herbicide; Congo signal grass; Enzymes; Productivity; Sensory

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da produção observado nas últimas safras, atrelado a questões geopolíticas, crises econômicas e fatores cambiais, influenciaram negativamente nas cotações internas e externas do café, e positivamente nos fatores de produção, o que reduziu substancialmente a remuneração dos cafeicultores (CONAB, 2020; VEGRO, 2020). Alheio os fatores externos, o cafeicultor deve voltar sua atenção para a especificidade do seu sistema de produção, procurando otimizá-lo e tornando-o cada vez mais sustentável. Nesse contexto, práticas de manejo do solo, controle de pragas, doenças e plantas daninhas são fatores que mais impactam no resultado econômico das propriedades cafeeiras.

Sistemas de manejo que preconizam práticas conservacionistas de solo e menor utilização de insumos químicos são os principais anseios da cafeicultura contemporânea e futura. Tal fundamento, não é uma exigência somente dos mercados consumidores, mas um empenho dos próprios cafeicultores. Merece destaque o manejo de plantas daninhas que visam a redução da utilização de herbicidas e a produção de resíduo vegetal, utilizando plantas de cobertura ou espécies espontâneas presentes nas áreas cafeeiras, configurando modelos para exemplificar as mudanças na condução das lavouras.

Os prejuízos causados pela competição com plantas daninhas e a influência dos custos do controle dessas no custo total de produção, representam um grande problema atual e futuro a ser resolvido para que a agropecuária seja bem-sucedida (CONCENÇO et al., 2014; WESTWOOD et al., 2018). A utilização de herbicidas e implementos como roçadoras e trituradores são os principais métodos de controle de plantas daninhas na cafeicultura. Recentemente, foi popularizado o cultivo nas entrelinhas de plantas de cobertura como o capim-braquiária (*Urochloa decumbens* e *U. ruziziensis*) e amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi*), configurando um aspecto conservacionista ao manejo, na

dinâmica da proteção ao solo, ciclagem de nutrientes e aproveitamento do uso da água (ALCÂNTARA; SILVA, 2010; ROSE *et al.*, 2019).

Os herbicidas aplicados em pós-emergência, isolados ou em associações com outros princípios ativos, apesar de sua eficiência e ao fato de não possuírem efeito residual no solo, necessitam ser aplicados três a quatro vezes por safra, configurando a essa prática problemas socioambientais e econômicos. Para suprir essa carência, os herbicidas tidos como pré-emergentes se tornam uma importante ferramenta devido ao seu efeito residual. Contudo, a maioria dos produtos comerciais registrados para a cafeicultura nessa modalidade de aplicação apresenta média persistência no solo, sendo corriqueira a reinfestação pelas plantas daninhas durante a safra. O herbicida indaziflam, do grupo químico das Alquilazinas, foi registrado recentemente para aplicação em pré-emergência em diversas culturas inclusive para o cafeeiro, com alta persistência no solo, (até 12 meses) (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018), porém, com relatos de fitotoxicidade em cafeeiros jovens (GOMES *et al.*, 2019; PUCCI *et al.*, 2019). Em adição aos efeitos provocados nos cafeeiros, são constantes os questionamentos sobre os possíveis impactos sobre as propriedades do solo, principalmente a biológica pelo uso em anos consecutivos do indaziflam, expondo a necessidade de novos estudos que respondam essa demanda e sirva como parâmetro na execução de estratégias de manejo.

A microbiota do solo apresenta grande potencial de utilização em estudos da qualidade edáfica, pois os microrganismos constituem fonte depósito de nutrientes em todos os ecossistemas. Além disso, participam ativamente em processos benéficos como a estruturação do solo, a formação do húmus, a solubilização de nutrientes para as plantas e a degradação de compostos persistentes aplicados ao solo. Ademais, os bioindicadores são mais sensíveis que os fatores químicos e físicos a qualquer tipo de manejo do solo. (FINN *et al.*, 2017; KASCHUK; ALBERTON; HUNGRIA, 2010; KRAUT-COHEN *et al.*, 2020; MARTÍNEZ-GARCÍA *et al.*, 2018). Os bioindicadores mais adequados para uso na avaliação da qualidade do solo são a biomassa microbiana, a respiração, os quocientes microbiano e metabólico e a atividades enzimáticas do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; SANTOS; MAIA, 2013).

O menor distúrbio causado por práticas mecânicas de preparo que preservem a cobertura vegetal e, conseqüentemente, aumentem o teor de matéria orgânica, são apontados por diversos autores (ao estudarem indicadores microbianos) como sistemas de manejo a serem adotados para melhorias da qualidade do solo (BALOTA e AULER,

2011; GENNARO et al., 2014; MARTINS et al., 2015; LISBOA et al., 2012; SIMON et al., 2019).

Com o advento da utilização de práticas conservacionistas do solo e a introdução de cultivares tolerantes, o uso de herbicidas aumentou em escala global, resultando em preocupações ambientais e ecológicas. No âmbito da biologia do solo e a influência da aplicação de herbicidas, há necessidade de uma extrapolação dos reais impactos de diferentes moléculas, do comparativo com as demais práticas de manejo e também nos diferentes tipos de cultivos (ROMANO-ARMADA; AMOROSO e RAJAL, 2019; ROSE et al., 2016). Diversos trabalhos abordam os impactos dos herbicidas sobre a microbiota do solo, principalmente o glyphosate (DRUILLE et al., 2016; NGUYEN et al., 2016). Já para os herbicidas com maior efeito residual, tais impactos foram demonstrados por Jiang et al., (2020) para o herbicida siduron, que possui a capacidade de afetar a diversidade e composição das comunidades microbianas. Em cafeeiros, Melloni et al., 2013, observaram efeitos negativos sobre a qualidade microbiológica do solo, quando submetidos a aplicação do herbicida glyphosate por mais de 30 anos nas entrelinhas de plantio.

Plantas invasoras podem afetar as interações entre a biota do solo e as espécies nativas, por fornecer resíduos vegetais como substrato à decomposição estimulando a liberação de nutrientes, alterando as características físicas, formando mais simbiose quando comparado a região rizosférica de plantas nativa, além do menor número de patógenos específicos, contribuindo para invasão dessas plantas (NUNES; FITZPATRICK e KOTANEN, 2019; ZHANG et al., 2019; ZHANG et al. 2020). A competição entre plantas daninhas e culturas promove alterações na comunidade microbiana do solo, que se torna diferente daquelas observadas nas monoculturas, afetando a capacidade competitiva das espécies vegetais. Quando colocadas em competição, plantas daninhas e culturas apresentam diferentes comportamentos relacionados à microbiota do solo, uma vez que as plantas daninhas apresentam para seu estabelecimento e desenvolvimento, maior dependência de associações com microrganismos do solo, em relação às culturas (ANDREOTE; GUMIERE; DURRER, 2014; MASSENSINI et al., 2014).

A importância dos parâmetros de qualidade do solo sob práticas de manejo nos leva a buscar estratégias de conservação integradas, conduzindo a cafeicultura em uma atividade permanentemente sustentável. Assim, foi objetivo desse trabalho avaliar em

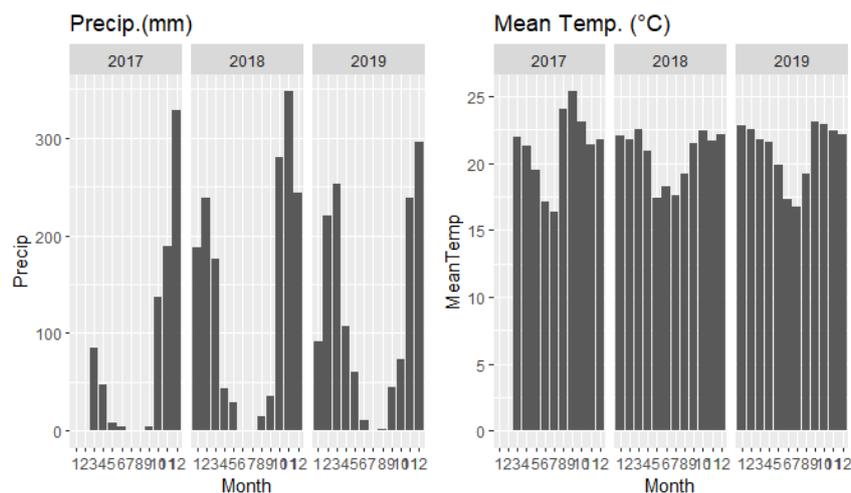
cafeeiros plantados em duas altitudes diferentes, no município de Patrocínio-MG, o efeito de métodos de controle de plantas daninhas sobre a produção e qualidade do café e biondicadores de qualidade solo.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Descrição da área experimental

Os ensaios foram instalados e conduzidos nos períodos safras 2017/2018 e 2018/2019, em duas propriedades cafeeiras, com sistemas específicos de manejo de plantas daninhas e mesmo tipo de solo (Latosolo Vermelho Distrófico). As propriedades estão inseridas no município de Patrocínio-MG, Denominação de Origem do Cerrado Mineiro, Brasil. O clima do município segundo a classificação Köppen-Geiger é tropical de savana com estação seca no inverno (Aw) (REBOITA et al., 2015). Nos últimos dez anos (2010/2019) as médias de temperaturas máximas, mínimas e precipitação foram de 21,6 °C, 19,82 °C e 1331,3 mm respectivamente (INMET, 2020). Os dados climáticos no período de março de 2017 a dezembro de 2019, provenientes da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), localizada em Patrocínio-MG, nas coordenadas 18°59'48.04"S e 46°59'09.57"W, estão na Figura 1.

Figura 1 – Dados climáticos de Precipitação (mm) e Temperatura Média (°C) referentes ao período de março de 2017 a dezembro de 2019. Patrocínio-MG, 2020.



Fonte: INMET-MAPA, 2020.

A primeira área experimental está localizada na propriedade Porta do Céu de propriedade do cafeicultor Marcos Cezar Miaki (MK), nas coordenadas 18°53'04.04"S e 46°50'44.31"W, altitude de 1219 metros, em talhão de 38 hectares, plantada com a *Coffea arabica* cultivar Catuai Vermelho IAC 99, com espaçamento de plantio de 4,0 metros entrelinhas e 0,70 metros entre plantas e idade de dezesseis safras (Figura 2A). O manejo de plantas daninhas nesse local era realizado intercalando roçadas mecânicas com aplicação de herbicida glyphosate (1140 g e. a. h<sup>-1</sup>) associado ou não com chlorimuron-ethyl (20 g i.a. h<sup>-1</sup>). A precipitação no período de condução do experimento (biênio 2017/2019) foi de 3493,5 mm (média safra de 1746,75 mm).

A segunda área experimental está localizada na propriedade Montanari III dos cafeicultores João Batista Montanari e Marcelo Montanari (MM), em talhão com coordenadas 18°51'11.69"S e 47°05'33.64"W, altitude de 938 metros, com área total de 44 hectares, plantada com *Coffea arabica* cultivar Mundo Novo IAC 379/19, em espaçamento de plantio de 4,0 metros entrelinhas e 0,66 metros entre plantas e idade de cinco safras (Figura 2B). O manejo de plantas daninhas dessa propriedade é realizado por roçadas mecânicas nas entrelinhas de plantio, aplicações de herbicida glyphosate (1440 g e. a. h<sup>-1</sup>) nas linhas de plantio de duas a três vezes durante a safra de acordo com a infestação e precedendo a colheita ocorre a aplicação de glyphosate na área total (dose igual às linhas de plantio) para facilitar a operação de recolhimento dos frutos que caíram ao solo. A soma da precipitação no período de condução do experimento (biênio 2017/2019) foi de 3114,2 mm (média safra de 1557 mm), sendo tal volume 10,86% inferior a área MK.

## **2.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos**

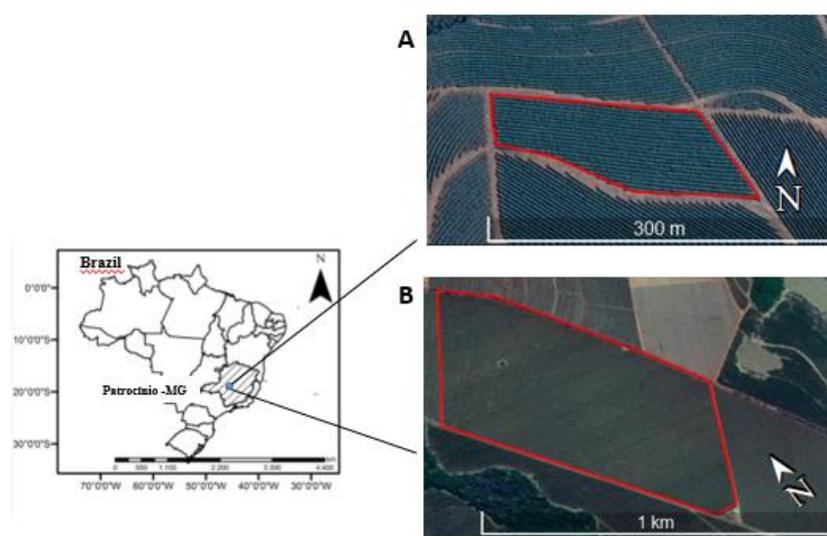
As implantações dos experimentos ocorreram em novembro de 2017 e reaplicados em novembro de 2018, objetivando manter as condições similares no decorrer da duração das avaliações.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, posto que cada bloco foi formado por parcelas correspondendo a duas entrelinhas de plantio (atuação dos tratamentos) e uma linha de plantio, dimensões de 8,0 metros de largura (duas ELP) e 20,0 metros de comprimento, perfazendo área útil de 160 m<sup>2</sup>, totalizando 40 parcelas, 80 unidades amostrais (ELP e LIP) e 6.400 m<sup>2</sup>. As bordaduras dos blocos foram compostas por linhas de plantio paralelas a entrelinhas dos tratamentos.

Realizou-se em cada parcela a demarcação e coleta de amostras de solos para determinação inicial dos parâmetros químicos, de textura e biológicos. Dessa maneira, foram coletadas 12 amostras simples (6 nas ELP e 6 nas LIP) por parcela na profundidade de 0-10 cm, posteriormente atingindo um número de 80 amostras compostas.

De acordo com os resultados da análise granulométrica, os solos das áreas MM e MK, possuem 41% e 43,5% de argila respectivamente, texturalmente classificados como solos “tipo 3” ou argilosos (BRASIL, 2008).

Figura 2 – Vista área dos campos experimentais, os talhões das propriedades MK (A) e MM (B) estão demarcados por polígono vermelho. Patrocínio-MG, 2020.



Fonte: Google Earth, 2019.

Os resultados analíticos dos atributos químicos e dos indicadores biológicos de carbono da biomassa, respiração basal e induzida e quociente metabólico das entrelinhas (ELP) e linhas (LIP) de plantio estão na Tabela 1.

Antes e durante a condução do experimento, objetivando evitar a matocompetição entre cafeeiros e plantas daninhas nas linhas de plantio, realizou-se o controle químico com aplicação de glyphosate ( $1440 \text{ g e. a. h}^{-1}$ ) nas linhas de plantio, ou seja, na projeção da copa dos cafeeiros em todos os tratamentos.

Os métodos de plantas daninhas testados e as respectivas siglas são descritos a seguir:

- a) Cultivo intercalar (CBRA) - cultivo nas entrelinhas de capim-braquiária (*Urochloa ruziziensis* (R. Germ & Evrard), as sementeiras das sementes ocorreram no início do período chuvoso precedida de gradagem. Após a maturação das sementes procedeu-se o corte utilizando roçadeiras mecânicas com largura de corte de 152 cm.

Tabela 1 – Resultados dos atributos químicos e metabólicos iniciais dos solos das entrelinhas (ELP) e linhas (LIP) de plantio das duas áreas experimentais (MM e MK). Patrocínio- MG, 2017. A interpretação dos resultados ocorreu de acordo com Alvarez et al., (1999).

Determinações	Unidade	MK		MM	
		ELP	LIP	ELP	LIP
Mat. Orgânica	dag/kg	5,7	5,6	3,7	3,1
pH (água)	unid.	6,2	6,0	6,0	5,3
P (Mehlich-1)	mg/dm <sup>3</sup>	10,6	48,3	2,2	4,4
K (Mehlich-1)	mg/dm <sup>3</sup>	167,0	236,0	232,0	151,0
Ca (KCl-1 mol/L)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	5,1	4,7	3,6	1,9
Mg (KCl-1 mol/L)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	2,9	2,5	1,1	0,6
Al (KCl-1 mol/L)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,4
H + Al (Acet. de cálcio)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	3,8	4,9	3,0	4,5
S.B (Soma de bases)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	8,43	7,8	5,29	2,89
C.T.C. (T)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	12,23	12,7	8,29	7,39
V% (Sat. de bases)	%	69,0	61,0	64,0	39,0
P-rem	mg/dm <sup>3</sup>	16,1	19,5	18,3	18
S (Fosf. mon. ac. acet.)	mg/dm <sup>3</sup>	24,0	42,0	28,0	47,0
B (água quente)	mg/dm <sup>3</sup>	0,5	0,6	0,4	0,5
Zn (Mehlich-1)	mg/dm <sup>3</sup>	6,1	6,6	1,9	1,9
Mn (Mehlich-1)	mg/dm <sup>3</sup>	14,9	18,5	19,3	8,2
Cu (Mehlich-1)	mg/dm <sup>3</sup>	1,6	3,6	3,6	4,6
Fe (Mehlich-1)	mg/dm <sup>3</sup>	67,0	65,0	56,0	62,0
C. da biomassa	µg de C/ g de solo seco	223,21	193,07	208,18	181,85
Resp. basal	mg de CO <sub>2</sub> /kg <sup>-1</sup> de solo seco. dia <sup>-1</sup>	129,18	174,87	105,74	78,58
Quoc. metabólico	mg C-CO <sub>2</sub> .mg de C.g de solo seco <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	0,58	0,91	0,51	0,43

- b) Herbicida em pós-emergência (HPOS) - utilização de herbicidas glyphosate (1440 g e. a. h<sup>-1</sup>) em pós-emergência das plantas daninhas, utilizando implemento pulverizador Arbus® 400 com barra para aplicação de herbicida conjugado, composto de 4 pontas de pulverização (duas centrais de jato plano 11002 e duas laterais de jato defletor de ângulo grande, estes últimos eram fechados para que a

calda atingisse somente as entrelinhas de plantio), acoplado ao trator e volume de calda regulado para 200 l ha<sup>-1</sup>. À medida que as plantas daninhas atingiam 30 cm de altura o tratamento era realizado novamente, configurando de duas a três aplicações por safra

- c) Herbicida em pré-emergência (HPRE) - utilização do herbicida indaziflam (75 g i.a. h<sup>-1</sup>) em pré-emergência, aplicação única no período entre novembro/dezembro de cada ano. Os equipamentos utilizados para aplicação e o volume de calda são os mesmos do herbicida em pós-emergência.
- d) Roçada (RMEC) - roçadas com uso de implemento triturador denominado “trincha” possuindo nove martelos e largura de corte de 140 cm, acoplado ao trator, perfazendo de três a quatro operações por safra. Utilizou-se também o parâmetro de 30 cm de altura de plantas daninhas para a repetição das operações de roçada durante a safra.
- e) Sem capina (SCAP) - manutenção da população de plantas daninhas em livre crescimento, ou seja, nenhum método de manejo adotado.

O manejo de fertilização do solo, nutrição foliar, controle de pragas e doenças, seguiram as recomendações dos responsáveis técnicos de cada propriedade. Como o local de aplicação desses insumos corresponde às linhas de plantio, essas práticas certamente influenciam as características químicas e biológicas do local. Por isso, serão descritos a seguir os insumos aplicados nas duas áreas experimentais.

Assim, em MK safra 2017/2018, foram aplicados via solo (linhas de plantio), 500 g/ ha<sup>-1</sup> do inseticida tiametoxam do grupo químico neonicotinóide, 328,5 kg/ ha<sup>-1</sup> de N, 125 kg/ ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 198 kg/ ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 355 kg/ ha<sup>-1</sup> de CaO (185 kg/ ha<sup>-1</sup> via corretivo e 170 via condicionador de solo), 60 kg/ ha<sup>-1</sup> de MgO e 140 kg/ ha<sup>-1</sup> de S. Na safra 2018/2019 o manejo nutricional de nitrogênio, fósforo e potássio, aplicação de defensivo via solo e corretivo foram semelhante aos da safra 2017/2018, com excessão a aplicação de gesso que não ocorreu.

Na área MM safra 2017/2018, foram aplicados via solo, 9,96 l/ha<sup>-1</sup> de ácidos orgânicos (1% de N, 2% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 2% K<sub>2</sub>O) 987 g/ ha<sup>-1</sup> do inseticida imadacloprido do grupo químico neonicotinóide, 279 kg/ ha<sup>-1</sup> de N (10 kg/ ha<sup>-1</sup> via condicionador de solo), 100 kg/ ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (40 kg/ ha<sup>-1</sup> via condicionador de solo), 266 kg/ ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (53 kg/ ha<sup>-1</sup> via palha de café), 258,2 kg/ ha<sup>-1</sup> de CaO (185 kg/ ha<sup>-1</sup> via corretivo e 73,2 via fertilizante mineral), 60,4 kg/ ha<sup>-1</sup> de MgO e 1,4 kg/ ha<sup>-1</sup> de Boro. Na safra 2018/2019, foram

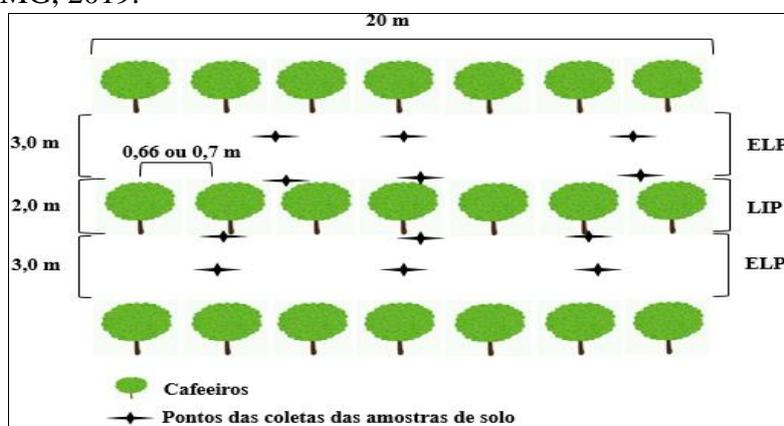
aplicados 400 g/ha<sup>-1</sup> de inseticida flupiradifurona do grupo químico butenolidas, 441 kg/ha<sup>-1</sup> de N (4 kg/ha<sup>-1</sup> via condicionador de solo); 90 kg/ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (40 kg/ha<sup>-1</sup> via condicionador de solo), 328 kg/ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (90 kg/ha<sup>-1</sup> via palha de café), 740 kg/ha<sup>-1</sup> de CaO, 240 kg/ha<sup>-1</sup> de MgO, 1,35 kg/ha<sup>-1</sup> de Boro, 12,5 kg/ha<sup>-1</sup> de S e 1,25 kg de Zn.

## 2.3 Atributos analisados e análise de dados

### 2.3.1 Análises microbiológicas e químicas do solo

Foram realizadas duas etapas de coletas e análises das amostras de solo para determinação dos bioindicadores de qualidade do solo. Um ano após a implantação dos tratamentos, ocorreu a primeira coleta no verão, em janeiro de 2019 em pleno período chuvoso (o acumulado de chuva que antecedeu 60 dias antes a coleta somaram 473 mm em MM e 428 mm em MK). A segunda etapa de coleta ocorreu na primavera, em outubro de 2019, no início do período chuvoso e durante a floração dos cafeeiros (o acumulado de chuva que antecedeu 60 dias antes a coleta somaram 48,4 mm em MM e 65 mm MK). Em cada parcela foram coletadas na profundidade de 0-10 cm, 6 amostras simples nas ELP e 6 amostras simples nas LIP (Figura 3), para posterior comporem 60 amostras compostas, 30 das ELP e 30 LIP nos dois locais. Após a coleta, as amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados e remetidas ao laboratório de Microbiologia e Processos Biológicos do Solo da Universidade Federal de Lavras, onde ocorreram os processos de análises.

Figura 3 – Esquematização dos locais das coletas das amostras de solo, nas entrelinhas (ELP) e linhas de plantio (LIP) dos cafeeiros nas áreas MM e MK. Patrocínio – MG, 2019.



Fonte: Do Autor.

Para a primeira época de coletas, os biondicadores analisados incluíram: Carbono da biomassa microbiana pelo método de fumigação extração, em  $\mu\text{g}$  de Carbono por g de solo<sup>-1</sup> (BROOKES et al., 1985; VANCE et al., 1987), atividade respiratória basal em mg de C-CO<sub>2</sub>. kg de solo seco<sup>-1</sup>. dia<sup>-1</sup> (ALEF, 1995), quociente metabólico ( $q$  CO<sub>2</sub>) em mg C-CO<sub>2</sub>.mg de C.g de solo seco<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> (ANDERSON e DOMSCH, 1993) e atividades absolutas das enzimas uréase (ciclo do N) em  $\mu\text{g}$  NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N g de solo seco<sup>-1</sup>. h<sup>-1</sup>,  $\beta$ -glucosidase (ciclo do C) em  $\mu\text{g}$  de p-nitrofenol (PNF) g solo seco<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> e fosfatase ácida (ciclo do P) em  $\mu\text{g}$  de PNF g solo seco<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, utilizando metodologia proposta por Dick; Breakwell; Turco (2016). Na segunda época, além das análises já citadas da primeira coleta, realizou-se a determinação das enzimas arilsulfatase (Ciclo do S) em  $\mu\text{g}$  de PNF g solo seco<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> e hidrólise do diacetato de fluoresceína-FDA (atividade enzimática) em  $\mu\text{g}$  de fluoresceína g solo seco<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (DICK; BREAKWELL e TURCO, 1996).

Foram determinados os atributos químicos do solo 19 meses após a implantação dos experimentos, sendo esses: pH, determinado pela suspensão em água (relação 1:2,5); fósforo (P), potássio (K), pela extração com a solução de Mehlich-1(MEHLICH, 1953); cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al), após extração por KCl (1 mol L<sup>-1</sup>) (MCLEAN et al., 1958), capacidade de troca de cátions a pH 7.0 (T), matéria orgânica (MO), pela oxidação com dicromato de potássio e ácido sulfúrico (WALKLEY e BLACK, 1934) e enxofre (S) pela extração em fosfato monocálcico em ácido acético (HOEFT; WALSH e KENNEY, 1973). A profundidade de coleta e a quantidade de amostras seguiram como procedidas nas análises microbiológicas.

### 2.3.2 Análise de produção e sensorial

Procedeu-se a primeira colheita dos frutos de cada parcela dos tratamentos em julho de 2018 e a segunda em junho de 2019. Do volume total colhido, foram selecionados 4 litros para determinação do rendimento (litros/saca beneficiada) (equação 1), uma vez que esse parâmetro é utilizado para o cálculo da produção em sacas beneficiadas por unidade de área (ha) (equação 2). Seis litros de frutos maduros foram selecionados para análises sensoriais de acordo com escala da Specialty Coffee Association (SCA, 2015), totalizando 8 amostras (4 para rendimento e 4 para sensorial) por tratamento nas duas áreas.

$$Rd (l.sc) = (4 * 60)/Pb \quad (1)$$

Em que: 4= Volume amostral

60= Constante do peso de uma saca de café beneficiada em quilos  
 Pb= Peso do volume amostral em quilos após atingir umidade de 11%.

$$Prd (sc . ha^{-1}) = \left(\frac{Pd}{Pc}\right) * Ph / Rd \quad (2)$$

Em que: Prd= Produtividade em sacas beneficiadas de 60 kg por hectare  
 Pd= Produção de todas as plantas de cada parcela em litros  
 Pc= Número de plantas colhidas por parcela  
 Ph= Número de plantas presente em um hectare.  
 Rd= Rendimento em litros por saca de 60 kg – conforme equação 1

Os dados foram submetidos à análise de variância e, após validação do modelo estatístico, constatado a não normalidade e heterogeneidade de variâncias., os dados foram submetidos a transformação logarítmica ( $\log x$ ) ou raiz quadrada ( $\sqrt{x}$  ou  $\sqrt{x} + 1$ ) e as médias foram agrupadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância no programa R 3.6.2. Posteriormente, os valores obtidos para atributos microbiológicos e de produtividade foram utilizados para análise de componentes principais (PCA) também pelo programa R.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Atributos microbiológicos do solo

Os quadrados médios residuais dos dados não transformados das variáveis, referentes aos locais de coleta analisados de forma individualizada, são heterogêneos. Dessa maneira, as apresentações dos resultados das análises microbiológicas ocorreram para cada área (MK e MM), explorando eventuais influências da peculiaridade das áreas experimentais sobre os atributos analisados.

##### Área MK

Para os atributos carbono da biomassa (CBM), respiração basal (Resp.), quociente metabólico ( $qCO_2$ ), atividades das enzimas fosfatase ácida (Fosf.) e urease, observou-se interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre os métodos de controle de plantas daninhas (M), épocas (E), sendo a primeira (chuvosa) e segunda (seca) e locais (L) de coletas (ELP e LIP) das amostras de solo. Interações significativas entre M x E; M x L foram observadas nas atividades das enzimas  $\beta$ -glucosidase ( $\beta$ -glu) e arilsulfatase (Arl.), respectivamente e a atividade da FDA não apresentou interação significativas ( $p > 0,05$ ) entre M x L (Tabela 2).

Na primeira época, o método sem capina (SCAP), apresentou maior conteúdo de carbono da biomassa (CBM) nas entrelinhas (ELP), o que resultou na superioridade observada entre locais (ELP > LIP). Contrariamente nos métodos herbicidas (HPRE e HPOS), os maiores conteúdos foram encontrados nas linhas de plantio (Figura 4A). Em vista disso, os resultados das LIP nesses métodos foram superiores aos encontrados nas ELP (Figura 4B). Na segunda época, não houve diferenças ( $p>0,05$ ) entre os métodos nos dois locais, contudo, observaram-se elevações significativas dos conteúdos do CBM nas entrelinhas dos métodos, CBRA (>113%), HPRE (>119%), RMEC (>74%) e SCAP (>41%), nas linhas de CBRA (>41%), RMEC (>39%) e SCAP (>79%), diferindo ( $p<0,05$ ) estes métodos entre épocas (Figura 4A). Além disso, somente HPOS apresentou diferença entre locais (LIP>ELP) (Figura 4B).

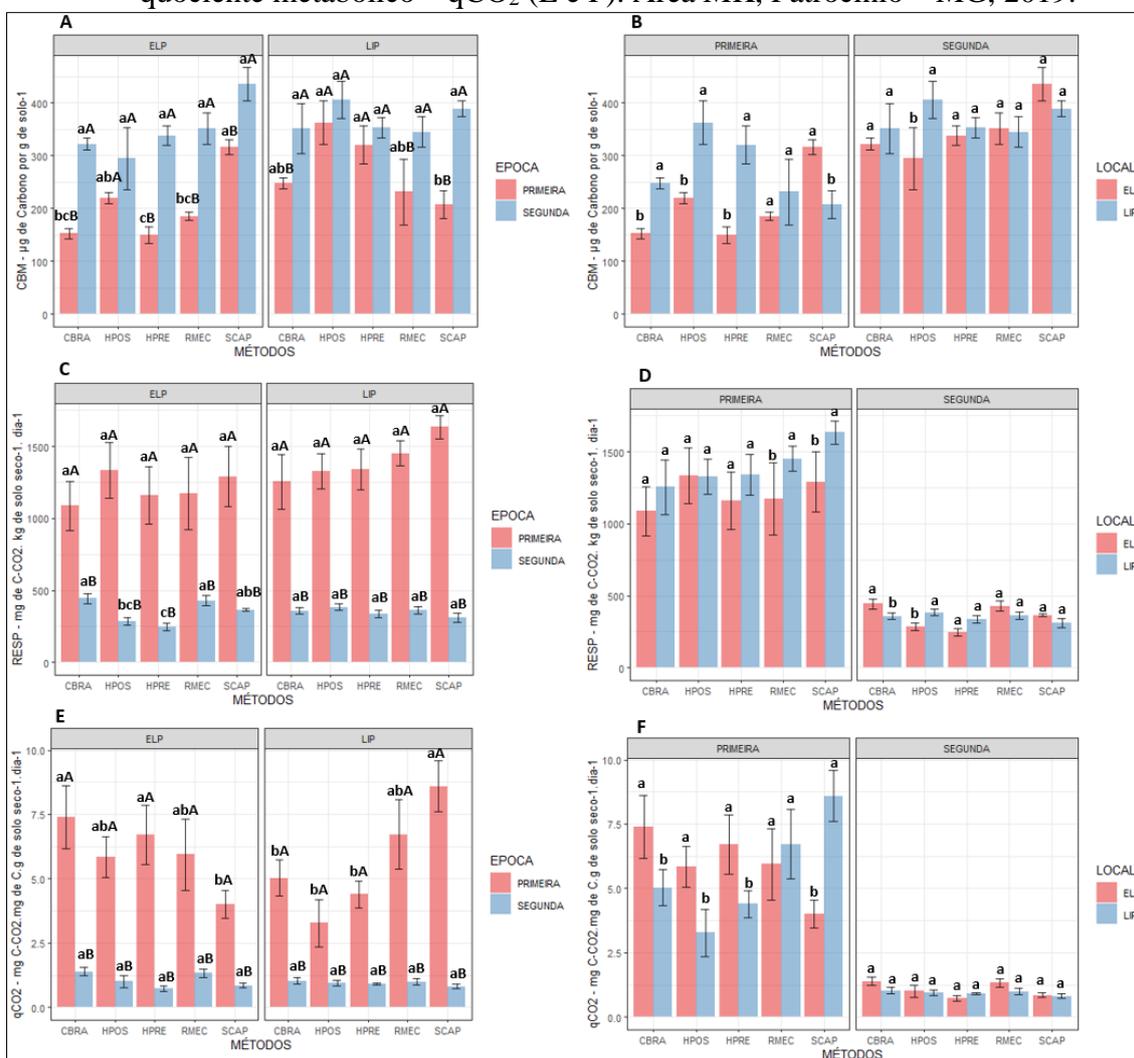
Tabela 2 – Quadrados médios de carbono da biomassa (CBM), respiração basal (Resp.), quociente metabólico ( $qCO_2$ ) enzimas  $\beta$ -glucosidase ( $\beta$ -glu.), fosfatase ácida (Fosf.), uréase, FDA e Arilsufatase, assim como as fontes de variação (FV), método (M), época (E), local (L), suas interações (M x E; M x L; E x L e M x E x L), bloco e resíduo. Área MK, Patrocínio – MG, 2019.

FV	CBM	Resp.	$qCO_2$	$\beta$ -glu.
Método (M)	11086 (0,1)*	33378 (0,08) <sup>NS</sup>	2,3 (0,12) <sup>NS</sup>	69319 (0,63)*
Época (E)	257260 (3,58)*	18074528 (33,81)*	476 (31,9)*	190461 (0,7)*
Local (L)	53852 (0,19)*	529019 (0,19)*	2,3 (0,13) <sup>NS</sup>	350026 (2,7)*
M x E	4459 (0,12)*	546134 (0,12)*	1,51 (0,1) <sup>NS</sup>	66764 (0,5)*
M x L	23275 (0,09) <sup>NS</sup>	24392 (0,09) <sup>NS</sup>	9,5 (0,37)*	14276 (0,07) <sup>NS</sup>
E x L	12657 (0,31)*	345210 (0,31)*	0,7 (0,01) <sup>NS</sup>	123644 (0,7)*
M x E x L	4729 (0,12)*	37008 (0,12)*	9,5 (0,4)*	3247 (0,002) <sup>NS</sup>
Bloco	5376 (0,06) <sup>NS</sup>	529019 (0,51)*	7,9 (0,32)*	6608 (0,05) <sup>NS</sup>
Resíduo	3745 (0,04)	36450 (0,04)	1,7 (0,1)	6216 (0,07)
CV (%)	25,06	21,82	14,04	34,79
FV	Fosf.	Urease	FDA	Aril.
Método (M)	29414 (0,03) <sup>NS</sup>	732,11*	841,4 <sup>NS</sup>	1552*
Época (E)	170396 (0,2)*	1431,4*	-	-
Local (L)	2787803 (2,3)*	5367,4*	4344,2*	9483*
M x E	31681 (0,01) <sup>NS</sup>	813,9*	-	-
M x L	167359 (0,2)*	813,2*	215,7 <sup>NS</sup>	1771*
E x L	168853 (0,1) <sup>NS</sup>	2111,72*	-	-
M x E x L	160141 (0,12)*	597,3*	-	-
Bloco	64548 (0,05) <sup>NS</sup>	34,7*	1083,9 <sup>NS</sup>	201,3 <sup>NS</sup>
Resíduo	30806 (0,025)	7,68	574,3	257,7
CV (%)	24,83	13,72	12,97	18,59

NS: não significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade / Valores entre parêntese correspondem às transformações logarítmicas ou de raiz quadrada.

Maiores taxas respiratórias foram observadas na primeira época de análises, mas sem diferir os métodos dentro das entrelinhas e linhas de plantio (Figura 4C), entre locais, resultados de RMEC e SCAP foram superiores nas LIP (Figura 4D). Na segunda época observaram-se declínios substanciais desses atributos nos dois locais, mas, somente nas ELP ocorreram diferenças entre os métodos, em que, CBRA e RMEC apresentaram os maiores resultados. Logo, os valores das entrelinhas de CBRA e das linhas de plantio de HPOS foram superiores, diferindo estes métodos entre locais (Figura 4D).

Figura 4 – Médias das interações entre métodos de controle de plantas, épocas e locais de coletas, dos atributos carbono da biomassa (A e B), respiração basal (C e D) e quociente metabólico –  $qCO_2$  (E e F). Área MK, Patrocínio – MG, 2019.

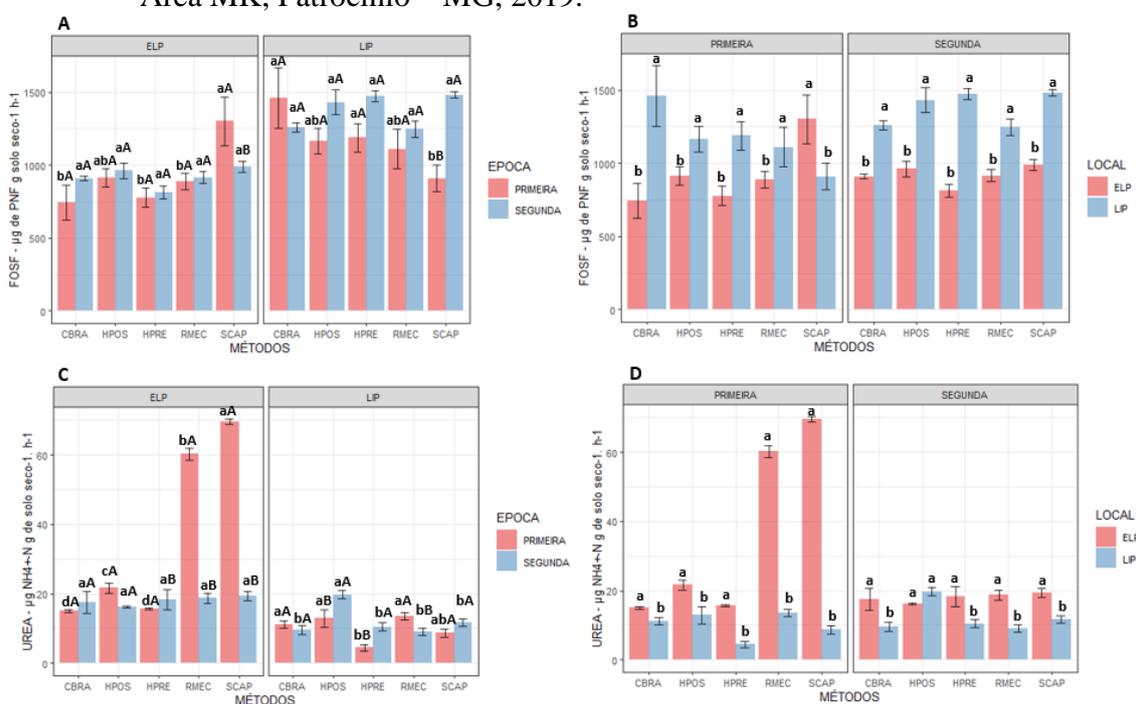


Médias seguidas da mesma letra minúscula (dentro e entre locais) e maiúsculas (entre épocas) não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) os métodos de controle de plantas daninhas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados do quociente metabólico ( $qCO_2$ ) na primeira época, foram maiores nos métodos CBRA e HPRE nas entrelinhas e no método SCAP nas linhas de plantio (Figura 4E), tanto que, esses resultados refletiram na diferenciação entre locais: em CBRA, HPRE além de HPOS valores das ELP foram superiores as LIP e inversamente em SCAP (Figura 4F). De maneira geral houve reduções significativas nos resultados do  $qCO_2$  na segunda época, de maneira, que, ocorreram diferenças entre épocas e não entre métodos e locais.

O método SCAP apresentou maior atividade da fosfatase ácida dentro das entrelinhas e entre locais de coleta (ELP>LIP) na primeira época, no entanto, esse método possuiu menor atividade que os demais métodos nas linhas de plantio (Figuras 5A), por conseguinte, CBRA, HPRE, HPOS e RMEC foram superiores nas LIP (Figura 5B). Na segunda época, os métodos não diferiram, mesmo SCAP apresentando redução (<20%) e elevação (>38%) nas atividades da fosfatase ácida nas ELP e LIP respectivamente, porém, nesse método as atividades passaram a ser superior nas LIP (Figura 5B).

Figura 5 – Médias das interações entre métodos de controle de plantas, épocas e locais de coletas, das atividades das enzimas fosfatase ácida (A e B) e uréase (C e D). Área MK, Patrocínio – MG, 2019.



Médias seguidas da mesma letra minúscula (dentro e entre locais) e maiúsculas (entre épocas) não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) os métodos de controle de plantas daninhas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na primeira época, maiores atividades da uréase foram encontradas em SCAP nas entrelinhas, CBRA, HPOS e RMEC nas linhas de plantio (Figura 5C), ademais, nota-se

que em todos os métodos maiores atividades da uréase foram encontrados nas ELP (Figura 5D). Na segunda época, não houve diferença entre os métodos nas entrelinhas, porém, apresentaram declínio na atividade da uréase, HPOS (<24%), RMEC (<71%) e SCAP (<72%). Nas linhas de plantio roçadas mecânicas (RMEC) foi o único a apresentar declínio (<12,5%), opondo-se a isso, os métodos com aplicação de herbicidas elevaram as atividades da uréase, com maior destaque para HPOS (>36%), fazendo com que esse método fosse superior aos demais (Figura 5D), mas, não diferindo com os valores encontrados nas ELP (Figura 5D).

As atividades da enzima  $\beta$ -glucosidase na primeira época foram superiores nos métodos HPOS, RMEC e SCAP, além disso, na segunda época os métodos não se diferenciaram, entretanto, foi observado declínio significativo entre as épocas para os métodos RMEC (<27%) e SCAP (<53%) (Tabela 4). Para FDA, não foram observadas diferenças significativas na interação entre métodos de controle e locais de coleta (Tabela 3). Na atividade da arilsulfatase, não houve diferença entre os métodos nas LIP, no entanto, nas ELP, o método RMEC e SCAP foram superiores, o que refletiu nos resultados entre locais, ou seja, os valores das ELP nesses dois métodos foram superiores aos encontrado nas LIP (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios da influência do cultivo de capim-braquiária (BR), aplicação de herbicidas em pré (HPRE) e pós-emergência (HPOS), roçadas mecânicas (RMEC) e sistema sem capina (SCAP), sobre as atividades das enzimas  $\beta$ -glucosidase, FDA e arilsulfatase, entre a primeira e segunda época, entrelinhas (ELP) e linhas de plantio (LIP). Área MK, Patrocínio – MG. 2019.

Métodos	$\beta$ -glucosidase		FDA		Arilsulfatase	
	1ª época	2ª época	ELP	LIP	ELP	LIP
Capim-braquiária	279,8 bA	295,4 aA	209 aA	191 aA	91,1 bA	73,4 aA
Herbicida pós-emergente	415,7 aA	337,8 aA	194 aA	174 aA	86,7 bA	81,9 aA
Herbicida pré-emergente	241,7 bA	262,6 aA	184 aA	159 aA	70,5 bA	61,9 aA
Roçadas mecânicas	461,3 aA	301,0 aB	200 aA	165 aA	125,1 aA	76,4 aB
Sem Capina	544,9 aA	258,7 aB	190 aA	183 aA	135,3 aA	61,2 aB
Média	388,7	291,1	195	174	101,7	70,9

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem significativamente ( $p>0,05$ ) os métodos de controle de plantas daninhas entre épocas ( $\beta$ -glucosidase) ou locais (FDA e Arilsulfatase) de coleta pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### Área MM

Para os atributos carbono da biomassa (CBM), quociente metabólico ( $qCO_2$ ) e atividade da enzima uréase, foi observado interação significativa ( $p<0,05$ ) entre os métodos de controle de plantas daninhas (M), primeira e segunda épocas (E) e locais (L)

de coletas das amostras de solo (Tabela 4). Interações significativas entre M x E; M x L; M x E e M x L, foram constatados na respiração basal, atividades das enzimas arilsulfatase (Aril) e fosfatase ácida (Fosf.), respectivamente. Atividades das enzimas  $\beta$ -glucosidase e FDA não apresentaram interações significativas ( $p > 0,05$ ) (Tabela 4).

Tabela 4 – Quadrados médios de carbono da biomassa (CBM), respiração basal (Resp.), quociente metabólico ( $qCO_2$ ) enzimas  $\beta$ -glucosidase ( $\beta$ -glu.), fosfatase ácida (Fosf.), uréase, FDA e Arilsulfatase, assim como as fontes de variação (FV) método (M), época (E), local (L), suas interações (M x E; M x L; E x L e M x E x L), bloco e resíduo. Área MM, Patrocínio – MG, 2019.

FV	CBM	Resp.	$qCO_2$	$\beta$ -glu.
Método (M)	44586 (0,44)*	3094*	2,1 (0,16)*	5704 (0,15) <sup>NS</sup>
Época (E)	86315 (0,32)*	1935993*	13,7 (1,35)*	64237 (1,39)*
Local (L)	168077 (1,07)*	7659 <sup>NS</sup>	1,1 (0,17)*	504003 (10,7)*
M x E	73707 (0,72)*	27376*	2,5 (0,19)*	4391 (0,09) <sup>NS</sup>
M x L	40182 (0,50)*	12675 <sup>NS</sup>	4,0 (0,32)*	3453 (0,08) <sup>NS</sup>
E x L	1665 (0,04) <sup>NS</sup>	4591 <sup>NS</sup>	0,2 (0,01) <sup>NS</sup>	40903 (0,47)*
M x E x L	28592 (0,27)*	17748 <sup>NS</sup>	2,6 (0,19)*	3071 (0,03) <sup>NS</sup>
Bloco	3159 (0,03) <sup>NS</sup>	10853 <sup>NS</sup>	0,5 (0,04) <sup>NS</sup>	9041 (0,18)*
Resíduo	2979 (0,03)	9379	0,34 (0,03)	3626 (0,06)
CV (%)	29,75	27,55	10,75	32,95
FV	Fosf.	Urease	FDA	Aril.
Método (M)	4027 (0,003) <sup>NS</sup>	25,12 (0,38) <sup>NS</sup>	72,1 <sup>NS</sup>	551 (0,71)*
Época (E)	574316 (0,97)*	159 (3,81)*	-	-
Local (L)	1940548 (3,25)*	2262 (49,76)*	6800,4*	167219 (211,4)*
M x E	50089 (0,08)*	31 (0,64)*	-	-
M x L	41232 (0,07)*	38 (0,59)*	452,3 <sup>NS</sup>	489 (0,26)*
E x L	69,4 (0,04) <sup>NS</sup>	4,0 (0,01) <sup>NS</sup>	-	-
M x E x L	4144 (0,01) <sup>NS</sup>	27 (0,52)*	-	-
Bloco	16263 (0,03) <sup>NS</sup>	1,0 (0,02) <sup>NS</sup>	46,5 <sup>NS</sup>	1115 (0,04) <sup>NS</sup>
Resíduo	10123 (0,02)	11 (0,17)	372,2	298 (0,09)
CV (%)	30,03	12,66	10,23	11,73

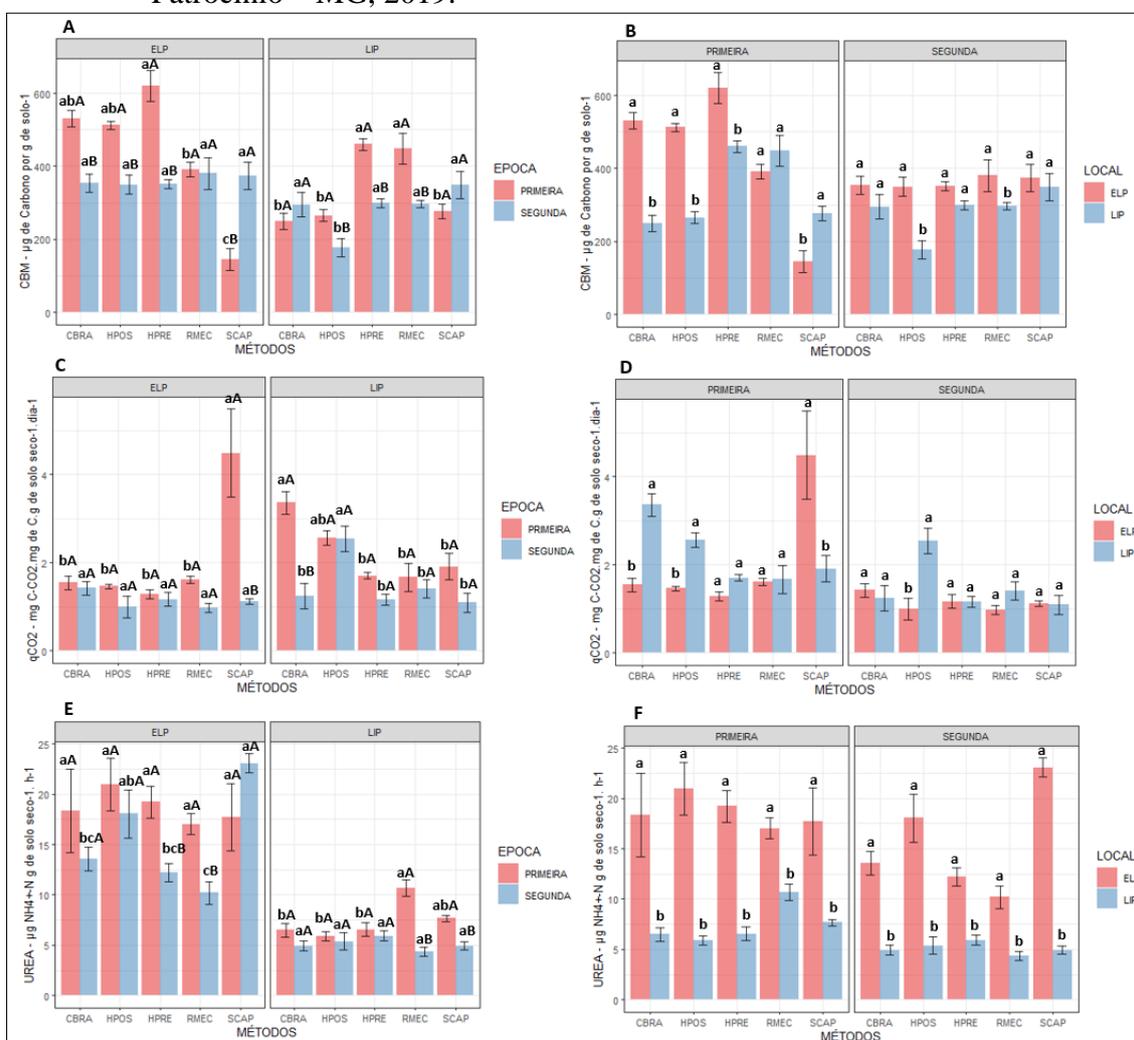
NS: não significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade / Valores entre parêntese correspondem às transformações logarítmicas ou de raiz quadrada.

Foram encontrados maiores conteúdos de carbono da biomassa na primeira época nas entrelinhas em HPRE, CBRA e HPOS, com SCAP apresentado o menor conteúdo, bem como, nas linhas de plantio. Os métodos HPRE e RMEC foram superiores (Figura 6A), portanto, a exceção de RMEC e SCAP, os demais métodos apresentaram resultados nas ELP superiores aos das LIP (Figura 6B). Na segunda época, os conteúdos de CBM das entrelinhas caíram significativamente nos métodos CBRA (<34%), HPRE (<43%) e HPOS (<31%), se elevando em SCAP (>57%), mas sem que isso resultasse na diferenciação entre os métodos (Figura 6A). Nas linhas de plantio, declinaram os valores

de HPRE (<36%), HPOS (<31%) e RMEC (<31%). Assim, esses fenômenos tornaram o método HPOS inferior dentro das LIP (Figura 6A), resultados das ELP superior aos encontrados nas LIP em RMEC e diferenças de locais em SCAP (Figura 6B).

Taxas respiratórias maiores foram verificadas nos métodos CBRA e HPRE, seguidos por HPOS, RMEC e com SCAP possuindo a menor taxa na primeira época, porém, em todos os métodos os resultados da primeira época foram superiores aos encontrados na segunda época (Tabela 5).

Figura 6 – Médias das interações entre métodos de controle de plantas daninhas, épocas e locais de coletas, dos biondicadores carbono da biomassa (A e B), quociente metabólico –  $qCO_2$  (C e D) e atividade da enzima uréase (E e F). Área MM, Patrocínio – MG, 2019.



Médias seguidas da mesma letra minúscula (dentro e entre locais) e maiúsculas (entre épocas) não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) os métodos de controle de plantas daninhas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Elevados quocientes metabólicos ( $qCO_2$ ) foram obtidos nas entrelinhas do método SCAP e linhas de plantio de CBRA e HPOS (Figura 6C) na primeira época, de tal maneira que, resultaram na diferenciação dos locais de coleta (Figura 6D). Na segunda época, nas entrelinhas, observou-se declínio do  $qCO_2$ , com maior expressão em SCAP (76%), nas linhas de plantio ocorreram declínios, a exceção para o método HPOS, ficando praticamente estável. Logo, tais efeitos resultaram nas superioridades dentro das linhas (Figura 6C) e entre locais (LIP > ELP) no método HPOS (Figura 6D).

Nas linhas de plantio, a maior atividade da enzima uréase na primeira época, foi obtida nos métodos RMEC e SCAP, apesar de não ocorrerem diferenças ( $p > 0,05$ ) nas entrelinhas (Figura 6E), os resultados desse local foram superiores aos encontrados nas linhas de plantio (Figura 6F). Na segunda época nas entrelinhas, o método SCAP foi o único a elevar a atividade da uréase, o que conferiu maior atividade nesse local. Nas linhas de plantio, não foram encontradas diferenças entre os métodos (Figura 6E), mas em todos foram detectadas reduções da uréase. Dessa maneira, os resultados entre locais permaneceram iguais aos encontrados na primeira época (ELP > LIP) (Figura 6F).

Nas linhas de plantio (LIP), os métodos RMEC e SCAP apresentaram maiores atividades da enzima arilsulfatase e o método HPRE a menor atividade. Não foram detectadas diferenças entre os métodos nas entrelinhas de plantio (ELP), porém, os resultados desse local foram superiores aos encontrados nas LIP (Tabela 5). Para a fosfatase ácida, o método SCAP apresentou maior atividade enzimática e o método CBRA a menor atividade enzimática na primeira época, mesmo não havendo diferenças entre os métodos na segunda época, os resultados desse período foram superiores, exceto no método SCAP. Não foram observadas diferenças dentro dos locais (ELP e LIP), contudo, em todos os métodos as atividades da fosfatase ácida foram superiores nas entrelinhas de plantio (ELP) (Tabela 5). É importante citar, mesmo não apresentando interações significativas, as atividades das enzimas da  $\beta$ -glucosidase elevaram-se na segunda época em todos os métodos, independente da intensidade e para FDA os resultados ligeiramente maiores foram obtidos nas ELP (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores médios da influência do cultivo de capim-braquiária, aplicação de herbicidas em pós-emergência e pré-emergência, roçadas mecânicas e sistema sem capina, sobre a respiração basal, atividades das enzimas  $\beta$ -glucosidase, arilsulfatase, fosfatase ácida e FDA entre a primeira e segunda épocas, entrelinhas (ELP) e linhas de plantio (LIP). Área MM, Patrocínio – MG. 2019

Métodos	Resp.		$\beta$ – glucosidase		Arilsulfatase	
	1ª época	2ª época	1ª época	2ª época	ELP	LIP
Capim-braquiária	799,7 aA	456,6 aB	189,7 aA	245,1 aA	124,9 aA	1,03 abB
Herbicida pós-emergente	725,5 abA	422,4 aB	178,4 aA	262,4 aA	107,6 aA	0,7 bB
Herbicida pré-emergente	788,2 aA	383,5 aB	209,7 aA	256,8 aA	134,7 aA	1,5 abB
Roçadas mecânicas	725,2 abA	406,0 aB	136,5 aA	230,2 aA	135,3 aA	2,4 aB
Sem Capina	595,7 bA	410,2 aB	216,3 aA	224,0 aA	151,4 aA	1,8 aB
Média	726,86	415,74	186,1	243,7	130,8	1,5

Métodos	Fosfatase ácida				FDA	
	1ª época	2ª época	ELP	LIP	ELP	LIP
Capim-braquiária	674,1 bB	969,3 aA	959,8 aA	683,6 aB	207,7 aA	169,21 aA
Herbicida pós-emergente	697,1 abB	934,9 abA	1035,8 aA	596,2 aB	200,45 aA	182,58 aA
Herbicida pré-emergente	723,2 abB	871,5 abA	903,1 aA	691,6 aB	207,55 aA	161,63 aA
Roçadas mecânicas	704,5 abB	871,7 abA	904,5 aA	671,7 aB	193,46 aA	179,74 aA
Sem Capina	824,6 aA	823,3 bA	1022,6 aA	625,3 aB	198,53 aA	184,15 aA
Média	724,7	894,2	965,2	653,7	201,5	175,46

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) os métodos de controle de plantas daninhas, épocas e locais de coleta pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.2 Atributos químicos do solo

A maioria dos atributos químicos não diferiu entre os tratamentos, todavia, ocorreram algumas mudanças em relação aos atributos iniciais das implantações dos experimentos (Tabela 6). Na área MK, menores valores de matéria orgânica (MO), Ca, Mg, CTC a pH 7,0, P (Mehlich-1) e saturação de bases (V%) foram inferiores na implantação, porém para K, menores valores foram encontrados nos métodos HPRE nas entrelinhas (ELP) e CBRA nas linhas de plantio (LIP). Na área MM, menores valores de pH (em água), Ca e V (%) foram obtidos nas LIP em todos os métodos de manejo, menores valores da implantação foram encontrados nos atributos K e Al nas ELP, P nas ELP (HPRE superior entre os métodos) e LIP.

Tabela 6 – Atributos químicos de solos sob cafeeiros submetidos a métodos de manejo de plantas daninhas e atributos iniciais da implantação dos experimentos, referentes às entrelinhas (ELP) e linhas de plantio (LIP). Patrocínio – Minas Gerais, 2019. A interpretação dos resultados ocorreu de acordo com Alvarez et al., (1999).

MANEJO	MK																			
	MO		pH		K		Ca		Mg		Al		CTC		P		V		S	
	dag/kg		água (1:2.5)		Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>										Mehlich-1		%		mg/dm <sup>3</sup>	
	ELP	LIP	ELP	LIP	ELP	LIP	ELP	LIP	ELP	LIP	ELP	LIP	ELP	LIP	ELP	LIP	ELP	LIP	ELP	LIP
<b>Capeim-braquiária</b>	6.3 a	6.8 a	6.6 a	6.3 a	0.5 b	0.4 c	9.8 a	10.3 a	4.1 a	4.4 ab	0.0	0.0	16.6 a	19.7 a	35.9 ab	173 a	86.5 a	76 a	33.75 a	34.50 a
<b>H. pós-emergente</b>	6.4 a	6.2 ab	6.6 a	6.3 a	0.6 a	0.6 ab	9.9 a	8.9 a	4.6 a	3.8 b	0.0	0.0	17.5 a	18.1 a	42.3 ab	143 a	85.3 a	72.5 a	32.75 a	28.50 a
<b>H. pré-emergente</b>	6.4 a	6.5 ab	6.6 a	6.3 a	0.1 c	0.4 bc	9.3 a	9.5 a	4.2 a	3.9 ab	0.0	0.0	15.9 a	18.3 a	44.6 ab	165 a	85.8 a	75 a	30.25 ab	38.50 a
<b>Roçadas</b>	6.8 a	6.6 a	6.6 a	6.3 a	0.6 a	0.5 abc	9.9 a	9.7 a	4.7 a	4.5 a	0.0	0.0	17.6 a	19.3 a	55.4 a	183 a	85.8 a	72.3 a	32.75 a	37.50 a
<b>Sem Capina</b>	6.9 a	6.7 a	6.7 a	6.4 a	0.4 b	0.6 a	10.1 a	10.0 a	4.8 a	4.5 a	0.0	0.0	17.4 a	19.5 a	46.6 ab	177 a	88.0 a	76.8 a	34.75 a	33.75 a
<b>Parâmetro Inicial</b>	5.7 a	5.6 b	6.2 b	6.0 a	0.4 b	0.6 a	5.1 b	4.7 b	2.9 b	2.5 c	0.0	0.0	12.2 b	12.7 b	10.6 b	48.3 b	69.3 b	61.1 b	24 b	42.0 a
<b>CV (%)</b>	8.5	6.24	1.49	1.44	10.4	12.14	10.76	12.08	9.19	7.4	0.0	0.0	7.0	7.43	44.64	16.15	2.15	3.69	12.13	16.25
<b>MANEJO</b>	<b>MM</b>																			
<b>Capeim-braquiária</b>	3.3 a	3.1 a	6.2 a	4.5 b	0.8 ab	0.5 a	3.7 a	1.2 b	1.3 a	0.7 a	0.0	1.1 a	8.6 a	9.1 a	5.6 b	39.2 b	66.3 a	26.3 b	24.25 a	59.0 a
<b>H. pós-emergente</b>	3.6 a	3.5 a	6.1 a	4.5 b	0.7 ab	0.5 a	4.1 a	1.3 ab	1.3 a	0.7 a	0.0	1.1 a	9.25 a	8.9 a	7.1 b	42.7 ab	68.5 a	26.8 b	23.50 a	57.75 a
<b>H. pré-emergente</b>	3.4 a	3.2 a	6.2 a	4.43 b	0.6 b	0.5 a	4.4 a	1.1 b	1.1 a	0.5 a	0.0	1.1 a	9.0 a	8.6 a	10.0 a	53.7 ab	66.5 a	23.8 b	24.0 a	46.50 a
<b>Roçadas</b>	3.3 a	3.8 a	6.1 a	4.58 b	0.8 a	0.5 a	3.9 a	1.3 ab	1.5 a	0.6 a	0.0	0.9 ab	9.1 a	8.9 a	5.7 b	58.8 a	68.3 a	26.8 b	25.25 a	46.25 a
<b>Sem Capina</b>	3.6 a	3.7 a	6.2 a	4.5 b	0.8 ab	0.4 a	4.2 a	1.2 b	1.4 a	0.6 a	0.0	1.2 a	8.9 a	8.9 a	4.8 b	50.6 ab	70.3 a	24.3 b	18.75 a	47.0 a
<b>Parâmetro Inicial</b>	3.7 a	3.1 a	6.0 a	5.3 a	0.6 b	0.4 a	3.6 a	1.9 a	1.1 a	0.6 a	0.0	0.4 b	8.3 a	7.4 a	5.2 b	4.4 c	64 a	39.4 a	28.0 a	47.0 a
<b>CV (%)</b>	9.31	8.06	2.01	3.47	12.85	17.2	12.69	21.8	23.59	28.19	0.0	24.47	8.19	9.39	19.7	18.74	4.64	14.08	18.78	31.59

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) os métodos de controle de plantas daninhas e os atributos implantação pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.3 Produtividade e análise sensorial de bebida

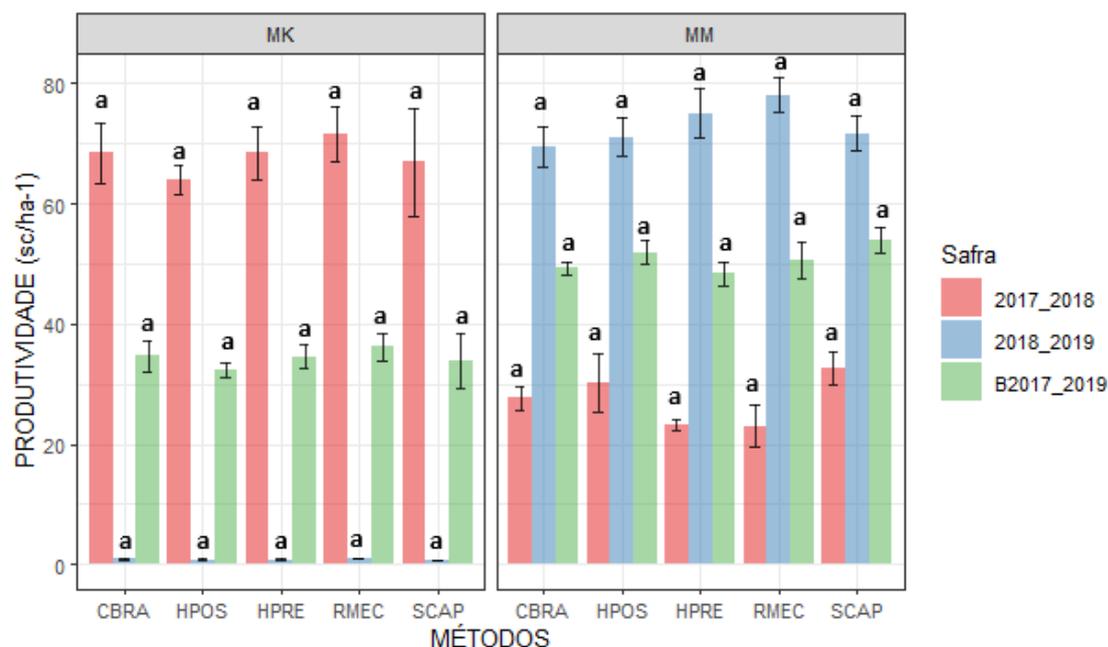
A safra 2017/2018 foi de alta (bienalidade positiva) em MK e baixa (bienalidade negativa) em MM, ocorrendo o inverso na safra 2018/2019, dessa forma, os resultados serão apresentados individualmente em cada propriedade.

Não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre os métodos de manejo de plantas daninhas, nas safras 2017/2018, 2018/2019 e biênio 2017/2019 nas duas áreas. Todavia, como importante indicador para os cafeicultores, procurou-se expressar os resultados da variável referente ao biênio 2017/2019, ou seja, a média das safras 2017/2018 e 2018/2019 (Figura 7).

No biênio 2017/2019 a produtividade média em MM foi de 50,41 sc. ha<sup>-1</sup>, é os métodos com maiores produtividades em ordem decrescente foram, SCAP (52,74 sc. ha<sup>-1</sup>), HPOS (52,19 sc. ha<sup>-1</sup>), RMEC (50,50 sc. ha<sup>-1</sup>), CBRA (48,67 sc. ha<sup>-1</sup>) e HPRE (47,97 sc. ha<sup>-1</sup>). Nota-se que a diferença entre a maior (SCAP) e menor (HPRE) produtividade foi de 4,77 sc. ha<sup>-1</sup>. Em decorrência de problemas com o pegamento da florada na área MK, houve uma frustração da 2018/2019 resultando em uma produtividade muito baixa, com isso, a formação dos resultados do biênio foi quase totalmente composta pela média da safra 2017/2018. Em virtude disso, a produtividade média foi de 34,62 sc. ha<sup>-1</sup>, em ordem decrescente os métodos mais produtivos foram, SCAP (36,29 sc. ha<sup>-1</sup>), RMEC (35,95 sc. ha<sup>-1</sup>), HPRE (35,52 sc. ha<sup>-1</sup>), CBRA (33,06 sc. ha<sup>-1</sup>) e HPOS (32,3 sc. ha<sup>-1</sup>), a diferença SCAP mais produtivo (igual a MM) para HPOS, método menos produtivo foram de 3,99 sc. ha<sup>-1</sup>.

Na safra 2017/2018, os resultados estatísticos mostraram que não houve diferença ( $p>0,05$ ) entre os métodos de manejo de plantas daninhas para a análise sensorial de bebida nas duas áreas. No entanto, em MK e MM as médias de pontuação foram de 83,04 e 81,9 pontos de acordo com SCA (2015) respectivamente, no qual, a escala descreve as bebidas como “Muito Bom” e classifica como “Especial” (Tabela 7). Na safra 2018/2019, as pontuações médias de MM foram de 82,72 pontos e 84,1 pontos em MK, o método SCAP apresentou menor pontuação, diferindo estatisticamente ( $p\leq 0,05$ ) dos demais métodos nas duas áreas. Porém, em todos os métodos os pontos alcançados descrevem as bebidas assim como a safra 17/18, como “Muito Bom” e classificação “Especial” (Tabela 7).

Figura 7 – Valores médios da influência dos métodos de plantas daninhas, capim-braquiária (CBRA), aplicação de herbicidas em (pós-emergência HPOS) e pré (HPRE), roçadas mecânicas (RMEC) e sistema sem capina (SCAP), sobre a produtividade dos cafeeiros nas safras 2017/2018, 2018/2019 e biênio 2017/2019, em duas áreas experimentais (MK e MM). Patrocínio-MG, 2019.



Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) os métodos de controle de plantas daninhas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 7 – Valores médios da influência do cultivo de capim-braquiária, aplicação de herbicidas em pós e pré-emergência, roçadas mecânicas e sistema sem capina, sobre a análise sensorial de bebida nas safras 2017/2018 e 2018, em duas áreas experimentais (MK e MM). Patrocínio-MG, 2019.

Métodos	MK		MM	
	2017/2018	2018/2019	2017/2018	2018/2019
Capim-braquiária	83.1 a	84.5 a	82.2 a	83.0 a
Herbicida pós-emergente	83.5 a	84.3 a	81.5 a	83.0 a
Herbicida pré-emergente	82.9 a	84.2 a	82.5 a	82.8 a
Roçadas mecânicas	82.8 a	84.5 a	81.4 a	83.0 a
Sem Capina	82.9 a	83 b	82.2 a	81.8 b
Média	83.03	84.1	81.9	82.7
CV (%)	0.85	0.35	1.13	0.53

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) os métodos de controle de plantas daninhas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

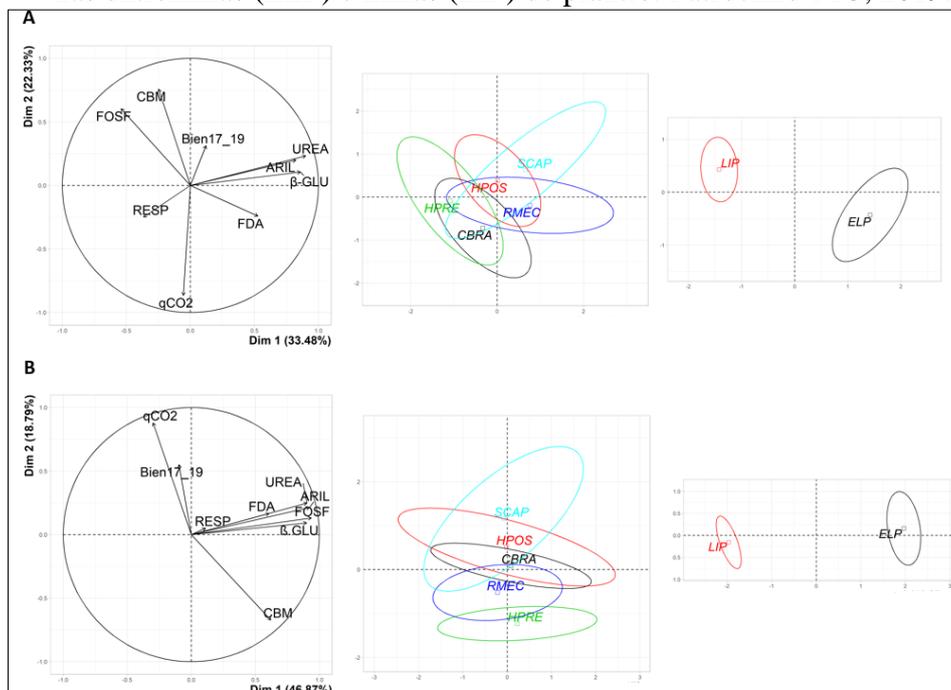
### 3.4 Análise de componentes principais

Os resultados dos componentes principais de MK, com as médias dos atributos microbiológicos (duas épocas) e produtividade do biênio 2017/2019, explicaram 55,81%

(Dim1 + Dim2) da variância dos dados tanto das entrelinhas como das linhas de plantio (Figuras 8A). As entrelinhas de plantio apresentaram os resultados maiores para os atributos  $qCO_2$  e atividade das enzimas uréase,  $\beta$ -glucosidase e arilsulfatase, destacando-se os métodos RMEC e SCAP. Nas linhas de plantio, os maiores resultados convergiram para a atividade da enzima fosfatase ácida, carbono da biomassa e respiração basal, com influência dos métodos HPRE, HPOS e CBRA (Figura 8A), além disso, o resultado de correlação, demonstrou a não significância entre os atributos de qualidade do solo e a produtividade do biênio 2017/2019.

Para área MM, os resultados dos componentes principais, explicaram 65,66% (Dim1 + Dim2) da variância dos dados tanto das entrelinhas como das linhas de plantio (Figuras 8B). Nas entrelinhas de plantio, foram observados maiores resultados para os atributos carbono da biomassa e as atividades de todas as enzimas, com uma convergência igualitária entre os métodos, o mesmo ocorrendo com os resultados das linhas de plantio. Assim como MK, nessa área não existiram correlações significativas entre os atributos e a produtividade do biênio 2017/2019.

Figura 8 – Análise de componentes principais (PCA) da influência dos métodos de plantas daninhas sobre bioindicadores de qualidade do solo, produtividade biênio 17/19, das áreas MK (A) e MM (B), sobre a média das duas épocas de coleta nas entrelinhas (ELP) e linhas (LIP) de plantio. Patrocínio-MG, 2019.



Legenda: Carbono da biomassa (CBM), fosfatase ácida (FOSF), quociente metabólico ( $qCO_2$ ),  $\beta$ -glucosidase ( $\beta$ -GLU), uréase (Urea), arilsulfatase (Aril) e hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA), produtividade biênio 2017/2019 (Bien17\_19).

## 4 DISCUSSÃO

A utilização de atributos químicos e microbiológicos para detectar a qualidade do solo após a introdução de determinados sistemas de manejo corriqueiramente é um processo de médio a longo prazo. Contudo, podem acontecer respostas à essas mudanças em períodos relativamente curtos (ARAÚJO et al., 2019; ARAÚJO NETO et al., 2014; CRUZ et al., 2020; HIRSCH et al., 2017; MENDES et al., 2012; SOARES et al., 2019).

Os resultados contrastantes entre os tratamentos observados nas duas propriedades na primeira época podem estar relacionados à capacidade da microbiota nativa inerente, responder as mudanças nos sistemas de manejo.

Na segunda época, os resultados das entrelinhas indicaram uma tendência de equilíbrio entre áreas, ou seja, resiliência da comunidade microbiana. Entretanto, não é possível afirmar que o equilíbrio absoluto se estabeleceu, pois, houve diferença entre os tratamentos, provando que há diversidade da comunidade microbiana e que essa, é influenciada pelos métodos de controle de plantas daninhas e suas relações com as características edáficas e os demais sistemas de manejo (ALLISON; MARTINY, 2008; MANOHORAN et al., 2017), assim como mostrado por Lauber et al., (2013) ao avaliar a diversidade temporal curta da comunidade microbiana em diferentes manejos do solo. Soma-se a isso, a complexidade em detectar a influência dos métodos de controle de plantas daninhas sem levar em consideração o fator manejo nas linhas de plantio (na cafeicultura do Cerrado Mineiro, são usados defensivos agrícolas em resposta a uma maior pressão de pragas e doenças característico da agricultura tropical). E ainda há a demanda de fertilizantes minerais necessários à expressão dos materiais genéticos de alta produtividade que constituem o parque cafeeiro dessa região, que fica evidente ao se observar os resultados das análises químicas do solo das ELP e LIP na implantação e após 19 meses de condução (Tabela 6).

### 4.1 Atributos microbiológicos do solo

Em MK, os resultados de CBM do primeiro ano revelaram menor resposta à introdução dos métodos de controle, indicando um maior equilíbrio, não havendo o acréscimo observado em MM, exceção para SCAP, em função do maior conteúdo de matéria orgânica nesse local (Tabela 6). Em HPRE, o maior incremento observado no segundo ano (Figura 4A), demonstra efeito semelhante ao ocorrido no primeiro ano em MM. Esse evento pode ser explicado pelo não revolvimento do solo o que aumentou o suprimento de carbono (BALOTA et al., 2003), sendo mais evidente no solo de MK.

O incremento inicial no primeiro ano (auge do período chuvoso) dos teores de carbono da biomassa (CBM) em MM (Tabela 1 e Figura 6), observado principalmente nos métodos HPRE indicam a disponibilização do C da biomassa inativa para transformações bioquímicas. Acrescenta-se ainda a ocorrência de deposição de folhas dos cafeeiros nas entrelinhas (Figura 9A), servindo como substrato para atividade microbiana. Ao analisar os demais tratamentos, nota-se que na presença de plantas espontâneas o teor inicial foi baixo, aumentado a partir da segunda época (início do período chuvoso). Estima-se que a diversidade de plantas, a deposição de resíduos vegetais e a manutenção do solo coberto (CHEN et al., 2019), promoveram um maior aporte no conteúdo de C (Figura 4A).

Ao avaliar diferentes plantas de cobertura em cultivos do maracujá, abacaxi, milho e mandioca, Araújo Neto et al., (2014) e em cafeeiros, Martins et al., (2015), observaram que, as plantas espontâneas apresentaram o maior conteúdo de CBM no período chuvoso e maior incremento no período seco. Os autores creditam a esse resultado, o fornecimento regular de substratos o que garante uma maior diversidade da comunidade microbiana e atividades enzimáticas envolvidas na decomposição da matéria orgânica (LANNA et al., 2010; LORANGER-MERCIRISA et al., 2006; XUE-MEI et al., 2007).

O método CBRA se estabeleceu mais rapidamente em MM resultando no aporte de CBM nas entrelinhas (Figura 7B. Em MK, maior desenvolvimento da capim-braquiária se deu no segundo ano, fazendo com que houvesse aumento no teor de C microbiano. Nesse contexto, ao pesquisar a utilização de plantas de cobertura perene nas entrelinhas de laranjeira, Balota; Auler (2011) demonstram que o cultivo de capim-braquiária (*Urochloa humidicola*) aumentou o teor de C da biomassa, com influência também nas linhas de plantio, o mesmo ocorrendo nas duas áreas do nosso trabalho. Ademais, os autores enfatizam importância de não revolver o solo para o aumento desse atributo. Em concordância com tal fato, ao realizar uma meta-análise de 96 trabalhos sobre a influência de práticas conservacionistas na agricultura Li et al., (2018), concluíram que estratégias que contribuem para a manutenção de resíduos vegetais aumentam os teores de C microbiano nos solos.

Em entrelinhas de cafeeiros, Melloni et al., (2013) observaram que herbicidas em pós e pré-emergências, roçadas e sem capina não influenciaram o atributos de CBM das entrelinhas, os valores encontrados pelos autores em  $\mu\text{g g}^{-1}$  de C foram 127,3; 104,3; 341,5 e 272,9 respectivamente. Esses valores são inferiores aos encontrados no nosso

trabalho, na primeira ou segunda época de coleta. Em contrapartida, nossos resultados se equivalem aos encontrados em cafeeiros conduzidos em sistema orgânico e com cultivo intercalar de leguminosa, conforme mostrado por Azevedo Júnior et al., (2017) e Lammel et al., (2015).

O teor de carbono da biomassa pode ser indicativo do potencial da disponibilidade de nutrientes para os vegetais, podendo estar relacionado à qualidade do solo e, conseqüentemente, à produtividade ecológica. Comparado à matéria orgânica do solo (MO), a biomassa microbiana é mais suscetível a mudanças no ambiente edáfico e às práticas de manejo do solo (HARGREAVES et al., 2003; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Todavia, não é apropriada a análise isolada deste atributo para determinar o estado metabólico das comunidades microbianas do solo sobre as mudanças de manejo, necessitando levar em consideração outros atributos como a respiração basal e atividades enzimáticas (MENDES et al., 2012; MBUTHIA et al., 2015).

A respiração basal (Resp.) é um atributo bioquímico utilizado para medir a atividade microbiana através do seu estado metabólico, nos quais ocorre a produção de CO<sub>2</sub>. As elevações observadas no primeiro ano indicam respostas dos microrganismos à perturbação provocada pelos métodos de controle. Soma-se a isso as condições ambientais favoráveis do período chuvoso (REIS JÚNIOR; MENDES, 2007), Baldrian et al., (2008) entende que, oscilações nas taxas desse atributo podem estar ligadas ao aumento da biomassa microbiana durante a fase inicial no processo de transição entre sistemas de manejo. Em adição, o baixo volume de chuvas da segunda época, não foi o suficiente para estimular o metabolismo microbiano e a liberação de substrato (ZHANG et al., 2020), sendo observado menor taxa respiratória nas duas áreas (Figura 4 e Tabela 5). Exclusivamente na área MK, as aplicações de herbicidas em pré e pós-emergência na segunda época de coleta possuíram as menores taxas respiratórias, como nesses métodos a deposição de resíduos vegetais é baixa ou mesmo nula, influenciando negativamente na capacidade decompositora dos microrganismos. Por outro lado, a respiração no cultivo de capim-braquiária (CBRA) nas LIP foi superior aos resultados encontrados nas ELP na segunda época (Figura 4D), o que mostra a capacidade de influência em diferentes locais desse manejo (BALOTA, AULER, 2011). Agora em MM, o capim-braquiária (CBRA), também apresentou maiores taxas respiratórias na primeira época, assim como encontrado por Lammel et al., (2015), ao cultivar *Urochloa decumbens* nas entrelinhas de cafeeiros. Logo, o incremento no teor do CBM e a redução do fluxo de C-CO<sub>2</sub> nos

infernir a afirmar que a manutenção do solo coberto pela gramínea, resultou em menor mineralização da MO no solo, assim como encontrado por Simon et al., (2019), ao utilizar *U. brizantha* e *U. ruziziensis* em cobertura, precedendo a semeadura da soja.

O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) é a razão entre a atividade respiratória e o carbono da biomassa microbiana (PIRT, 1985; ANDERSON; DOMSCH, 1993). Esse atributo tem sido usado como índice ecofisiológico da microbiota do solo e reflete a eficiência do uso da matéria orgânica pelos microrganismos, assim, maiores valores de  $qCO_2$  indicam que uma menor biomassa está respirando mais (ZANGH et al., 2011).

No primeiro ano após a introdução dos métodos de controle, aliados as condições de umidade, temperatura e características edáficas (como o conteúdo de MO e aplicação de fertilizantes devido à alta carga de frutos do solo em MK, influenciando os valores da LIP), observou-se elevação do metabolismo microbiano. Após um período de redução das precipitações (segunda época) os valores declinaram. Nas ELP do primeiro ano, os métodos CBRA e HPRE em MK e SCAP em MM apresentaram os maiores  $qCO_2$ , para CBRA o fornecimento de carbono via exsudados das raízes da gramínea promoveu maior conteúdo de CBM (PAUSCH; KUZUYAKOV, 2018), a exemplo disso, Zhang et al., (2019), ao realizar uma meta-análise, mostraram que o fluxo de  $CO_2$  aumentou em resposta a presença de plantas invasoras, em função da respiração radicular dessas plantas, com CBM permanecendo inalterado.

Solos com maior teor de MO tendem a apresentar maior mineralização do C e liberação C- $CO_2$  em resposta às perturbações. Depois da manutenção do solo, sempre limpo pelo uso de herbicidas em pré-emergência (HPRE), este fenômeno se intensificou, de forma semelhante ao observado por Mahía et al., (2008) para o herbicida atrazine, e explicado por Rhine; Fuhrmann; Radosevich (2003), em que, devido parcialmente ao fato de que os microrganismos desses solos são menos adaptados a introdução de um novo xenobiótico, exibindo assim, maior resposta contra essa perturbação.

O sucesso da agricultura mundial inegavelmente se atribui a utilização de herbicidas. Contudo, há extensos questionamentos sobre o impacto dessas ferramentas sobre a biologia dos solos (ROSE et al., 2016; WU et al., 2018). Ao realizar uma meta-análise sobre o impacto do glyphosate sobre a biomassa e respiração microbiana Nguyen et al. (2016), concluíram que a concentração inferior a 10 mg do herbicida por  $kg^{-1}$  de solo (nosso trabalho a concentração foi de 0,72 mg  $kg^{-1}$ ) causaram efeitos transitórios para CBM, não maior que 60 dias após aplicação (DAP) e declínio da respiração após 60 DAP,

em concordância, Maly; Moreira e Siqueira (2006); Singh; Singh e Ghoshal (2015); Frimpong et al., (2018) também observaram efeito transitório sobre a colonização micorrízica, biomassa e diversidade microbiana nos solos, após aplicação do herbicida na dose recomendada, seguido da recuperação da comunidade. Em contrapartida, García-Orenes et al., (2010); Romano-Armada; Amoroso e Rajal (2019), alertam sobre o efeito tóxico e a adsorção, sobre a mudança a longo prazo, com limitações ao conteúdo de C, elevação qCO<sub>2</sub> e diminuição da biomassa microbioana em solo submetido a aplicação de glyphosate (pós-emergência) e oxyfluorfen (pré-emergência). Mas os autores ponderam que, após aplicações consecutivas, ocorrem mudança na comunidade microbiana em direção a organismos capazes de degradar o herbicida (LANE et al., 2012; ALLEGRIINI et al., 2017; MANDL et al., 2018).

### **Atividade enzimática**

A atividade enzimática do solo pode fornecer informações sobre o metabolismo microbiano e disponibilidade de recursos no ambiente, pois, participam direta e indiretamente catalisando a decomposição da MOS, resíduos e nos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes como C, P, N e S, transformando em moléculas solúveis menores para assimilação microbiana e absorção pelas plantas, refletindo na produtividade agrícola (WAHSHA et al., 2017). Porém o processo é susceptível a fatores, incluindo clima, pH do solo, estado nutricional e às mudanças de uso do solo (SONG et al., 2018).

Para a enzima  $\beta$ -glucosidase na primeira época, maiores atividades foram encontradas nos métodos HPOS, RMEC e SCAP em MK (não diferindo os métodos em MM nas duas épocas) (Tabela 3 e 5). A celulose proveniente da decomposição de resíduos vegetais depositados aos solos e o estímulo ao crescimento microbiano pela rizodeposição das plantas espontâneas ou de cobertura são um dos principais substratos lábeis para atividade da  $\beta$ -glucosidase (LOPES et al., 2011). Curiosamente, HPOS, RMEC e SCAP tiveram reduções significativas na segunda época, o mesmo não observado com esses métodos em MM. Certamente, o maior volume de chuva (> 16,6 mm) nessa última área aumentaram as atividades microbianas mais rapidamente que em MK. Apesar dessas variações entre épocas, o menor valor encontrado entre os métodos nas duas áreas (RMEC em MM) é superior ao limite mínimo considerado adequado para o mesmo tipo de solo (115  $\mu\text{g PNF. kg}^{-1} \text{. solo h}^{-1}$ ) quando determinado em função do rendimento cumulativo (LOPES et al., 2013).

Existem diferenças entre a aplicação de fertilizantes fosfatados nos solos e a absorção de P pelas plantas, em parte pela conversão do fósforo inorgânicos (Pi) em fósforo orgânico (Po), sendo que esse último, não está prontamente disponível para as plantas. Dessa forma, as enzimas fosfatases originários dos organismos do solo e das raízes das plantas realizam a hidrólise de compostos de Po transformando-os em diferentes formas de Pi, que podem ser assimilados pelas plantas (NAHAS; CENTURION; ASSIS, 1994). Especificamente as fosfatases originárias da microbiota do solo têm sido sugeridas como um indicador de qualidade biológica (DODOR; TABATABAI. 2003).

Neste trabalho, a atividade da fosfatase ácida se comportou de modo contrastante nas duas áreas, em MK, maiores valores da enzima foram observados nas linhas e em MM nas entrelinhas de plantio (Figura 5A e Tabela 5). Segundo Lopes et al. (2013), valores da fosfatase ácida acima de  $1.150 \mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$  são considerados adequados em Latossolos Vermelhos Argilosos de Cerrado. Nesse sentido, os métodos SCAP nas ELP e CBRA, HPRE e HPOS nas LIP em MK na primeira época, demonstraram atividade enzimática acima dos valores de referência, o que é justificado pela característica do solo por apresentar maiores teores de MO e Pi naturais.

Destacando-se entre os métodos, SCAP foi superior aos demais na primeira época nas duas áreas nas ELP, devido à deposição constante de substrato via resíduos ou exsudados liberados na rizosfera das plantas espontâneas. Contudo, na segunda época para o crescimento e estabelecimento da população de espontâneas certamente demandou maior conteúdo de P e pela ausência da deposição de substrato houve redução da atividade da enzima nas ELP de MK, igualando assim os valores com os demais métodos avaliados. De maneira inversa ocorreram nas LIP de SCAP, no qual, os maiores valores foram encontrados na segunda época, o que reforça a importância do fornecimento de substrato vegetal, pois, apesar dos altos teores de MO e Pi (Tabela 6), é evidente a influência direta do método sobre as LIP, pelo fornecimento de substrato, o que favorece a atividade enzimática (MEZELI et al., 2020), justificando também a elevação da atividade enzimática do método CBRA entre épocas em MM.

A falta de substrato e ausência de sistema radicular abundante (Figura 9A), também influência na atividade da fosfatase ácida pois, a fração orgânica inclui formas muito recalcitrantes e moderadamente lábeis. Assim, a fração orgânica como substrato potencial natural da fosfatase, é um indicador adequado da capacidade do sistema de obter

fósforo lábil (MARGALEF et al., 2017), o que explica altos valores encontrados em HPRE (maior teor de P nas ELP de MM, Tabela 6). Além disso, o incremento da atividade no método HPOS demonstra mais uma vez o efeito transitório do herbicida glyphosate sobre os processos biogeoquímicos (Figura 5A e Tabela 5). Nas LIP, não houve diferença entre métodos nas duas épocas de coleta em MM, que é justificado pela pelo fornecimento de Pi via fertilizantes minerais nesse local, que segundo Vilela (2019), a atividade da enzima responde positivamente a adubação fosfatada.

A uréase catalisa a hidrólise da ureia em amônio biodisponível e CO<sub>2</sub>, esse amônio liberado é assimilado por plantas e microrganismos, demonstrando a grande importância da atividade dessa enzima para a agricultura (MOBLEY; HAUSINGER, 1989). O método SCAP foi o único a apresentar maiores valores da uréase nas duas épocas, nas ELP das duas áreas (Figuras 5C e 6F), esse método apresenta maior diversidade de plantas crescendo sem interferência direta, menos perturbação aos solos (Figura 9D), fornecendo substrato de forma regular e criando um microclima favorável que atua a aumentar a diversidade e atividade dos microrganismos heterotróficos (ZUBER, VILLAMIL, 2016). Isso explica o incremento do carbono da biomassa nesse método (Figuras 4A e 6A).

Na segunda época em MK, não ocorreram diferenças entre os tratamentos, dado que, o maior teor de MO dos solos dessa área, atua de forma a proteger as enzimas do solo, através das associações com os colóides orgânicos e inorgânicos, que é determinante para a estabilização da uréase (NANNIPIERI; SEQUI; FUSI, 1996). Nas LIP, os valores encontrados foram inferiores aos encontrados nas ELP (Figuras 4B e 6B), com declínio observado na área onde aplicou maior quantidade de fertilizantes nitrogenados (441 kg ha<sup>-1</sup> de N em MM). Essa prática contribui para diminuição da comunidade de microrganismos ureolíticos (WANG et al., 2020). Destaca-se ainda a redução da atividade no método RMEC entre épocas de coleta, segundo Lanna et al., (2010), a atividade da uréase está relacionada a uma maior disponibilidade de N-orgânico oriundo de exsudados de raízes e dos próprios resíduos radiculares de espécies vegetais que produzem maior quantidade de matéria seca, assim, é improvável obter tais resultados com roçadas sucessivas (Figuras 9E).

O tipo de planta de cobertura também influencia a atividade da uréase, Balota; Chaves (2010) encontraram valores de 78 a 258 µg g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> N-NH<sub>4</sub> nas LIP e 63 a 154 µg g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> N-NH<sub>4</sub> nas ELP, em cafeeiros consorciados com leguminosas, ou seja, superiores aos encontrados no presente trabalho, contudo, nossos resultados estão compatíveis com

os trabalhos de Longo; Melo (2005) e Aragão et al., (2020) para culturas perenes em Latossolo Vermelho e cafeeiros no município de Patrocínio – MG, respectivamente.

Incluiu-se a atividade da FDA e arilsulfatase na segunda época de coleta, engrandecendo as informações que discriminam os métodos de controle e sua influência sobre qualidade biológica do solo.

A enzima hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) é tipicamente utilizada como indicador da capacidade total enzimática da microbiota do solo. Não foi observada diferença significativa entre os métodos de controle nas ELP e LIP nas duas áreas. Todavia, merece atenção o fato de que os valores dos métodos foram semelhantes entre áreas principalmente nas ELP (Tabela 3 e 5), apresentando relação direta com a biomassa microbiana, que também apresentaram valores próximos na segunda época, indicando equilíbrio da atividade potencial das enzimas pesquisadas, o que é corroborado por Jiang et al., (2016), que afirmaram que o CBM é um indicador importante para entender a atividade enzimática global do solo analisado. Embora atividade dessa enzima não servisse para diferenciar os métodos de controle, foi possível identificar que esses métodos estimulam a atividade enzimática, o que contraria os resultados apresentados por Melloni et al., (2013). Assim, a utilização da FDA, junto com outros atributos configura uma importante informação para monitorar solos submetidos a mudanças de manejo (van CAPELLE; SCHRADER; BRUNOTTE, 2012; NOTARO et al., 2018).

As arilsulfatases são enzimas extracelulares que catalisam a hidrólise dos ésteres de sulfato orgânico do solo, disponibilizando S e influenciando no estado nutricional das plantas (TABATABAI, 1994; KERTESZ; MIRLEAU, 2004; MELO et al., 2010). O método SCAP apresentou maiores atividade da arilsulfatase nas ELP de MK e MM, todavia, nessa última área, não houve diferenças entre os métodos. As menores atividades dessa enzima foram obtidas nos métodos HPRE (MM e em MK) e HPOS (MK), o que nos mostra, mais uma vez, a importância da cobertura viva ou morta e entradas de formas de C orgânico para aumentar a atividade dessa enzima (BANDICK; DICK, 1999).

Aplicações sucessivas de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação reduz a diversidade de plantas, selecionando biótipos resistentes ou tolerantes. Como exemplo, citamos as espécies, *Digitaria insularis*, *D. horizontalis* e *Eleusine indica* predominantes no método HPOS (Figura 9F). Um fato interessante se remete a atividade da arilsulfatase nas LIP, onde, as médias de MM ( $1,5 \mu\text{g p-nitrophenol kg}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ ) foram 47 vezes inferiores a MK ( $70,9 \mu\text{g p-nitrophenol kg}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ ). De acordo com Lopes et al., (2013),

atividades inferiores a  $35 \mu\text{g p-nitrophenol kg}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$  são considerados baixos, entretanto, Balota; Chaves (2010) em cafeeiros consorciados com leguminosas, Aragão et al., (2020) em cafeeiros cultivados no município de Patrocínio – MG, encontraram valores entre  $9,7\text{-}17,3 \mu\text{g p-nitrophenol kg}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$  e inferiores a  $63,0 \mu\text{g p-nitrophenol kg}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$  (período seco), respectivamente, assim os resultados em todos os métodos nas LIP de MM estão muito abaixo dos valores de encontrados nos trabalhos citados.

Figura 9 – Imagens experimentais, mostrando a deposição de folhas dos cafeeiros no método HPRE (A), estabelecimento e predomínio de capim-braquiária (*U. ruziziensis*) nas ELP (B); alcance do sistema radicular dos cafeeiros nas ELP de HPRE (C); cobertura do solo e diversidade de plantas espontâneas (D) no método SCAP; deposição de resíduo vegetal e emergência de plantas em RMEC (E); seleção de gramíneas (Poacea) em HPOS (F). Patrocínio – MG, biênio 2017/2019.



Fonte: Do Autor.

Por competirem pelo mesmo sítio de adsorção, o ânion fosfato pode deslocar ou reduzir à adsorção de sulfato nos colóides do solo. Nesse sentido, a menor atividade da arilsulfatase nas linhas de plantio da área MM é decorrente dos maiores teores de fósforo nesse local (média de  $50 \text{ mg/dm}^3$ ) em todos métodos, mais precisamente 47,9 em CBRA, 56,3 em HPRE, 53,7 em HPOS e  $46,7 \text{ mg/dm}^3$  em RMEC e SCAP. Mesmo com teores elevados de fósforo nas linhas de MK (Tabela 6) a atividade da enzima não apresentou o mesmo comportamento, pois, no biênio 17/19 foi aplicado gesso agrícola ( $\sim 2,0 \text{ ton/ha}^{-1}$ ) e na safra 18/19 fertilizante mineral misto de liberação controlada revestido de enxofre.

#### 4.2 Produtividade e análise sensorial de bebida.

Os padrões produtivos dos cafeeiros são iniciados com a indução das gemas florais, as quais se desenvolvem nas axilas foliares dos ramos formados na estação anterior. Diversos fatores influenciam esse processo, sejam inerentes a própria planta,

como idade, fotoperíodo, material genético e a bienalidade característico da espécie *Coffea arabica*, seja por fatores externos, como disponibilidade de água, temperatura e interferências de pragas, doenças e competição por planta daninha. Nesse trabalho, as linhas de plantio foram mantidas livres da competição por plantas daninhas ou plantas de cobertura, objetivando explorar possíveis efeitos do manejo adotados nas entrelinhas. Conforme mencionado nos resultados, nessas duas safras não foi possível detectar efeitos positivos com reflexo sobre a produtividade, em função dos métodos de manejo aplicados nas ELP.

De maneira semelhante à produtividade, os atributos sensoriais em todos os métodos, foram considerados como “especiais”, apesar de SCAP ser estatisticamente inferior aos demais métodos. Alguns trabalhos abordam a influência do manejo nutricional (SILVA et al., 2002; MALTA et al., 2003), sistemas de produção (MALTA et al., 2008), ambientais e genótípicas (ZAIDAN et al., 2017; PEREIRA et al., 2019) e ao avaliar a influência dos métodos de controle de plantas daninhas sobre a qualidade de bebida de café, Alcântara; Oliveira (2011) também não observaram diferenças significativas entre os métodos herbicidas em pré e pós-emergência, controle mecânico, capina manual e método sem capina. Todavia, os autores enfatizam que a aplicação de herbicida em pré-emergência proporcionou notas acima de 80 pontos e o método sem capina notas inferiores a 80 pontos (SCA) na média de três safras. Esses resultados corroboram em parte com nosso trabalho pois, apesar de as pontuações sensoriais de SCAP serem inferiores, foi atingida a classificação “Especial” de acordo com a SCA (2015) de mesma maneira que os demais métodos.

## **5 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

A influência dos métodos de manejo de plantas daninhas sobre os atributos microbiológicos dos solos, após condução por duas safras, em duas áreas, locais e épocas de coleta, se mostraram evidentes principalmente nas ELP, mas, não foi possível discriminar de maneira concludente a ação positiva ou negativa de cada método. Independente da época, os valores encontrados estão de acordo com parâmetros regionais e/ou da cultura anteriormente pesquisados (LOPES et al., 2013; ARAGÃO et al., 2020). Acredita-se que, resultados mais expressivos, serão obtidos após período de maior condução dos experimentos, inclusive com efeitos sobre a produtividade e qualidade dos cafés.

## 6 CONCLUSÕES

Nas ELP, observou-se na primeira época (auge do período chuvoso) de coleta, uma resposta da comunidade microbiana dos solos às perturbações provadas pelos métodos, com resposta diferenciada nas áreas MM e MK. Em comum, verificou-se que atividade enzimática foi superior no método SCAP e inferior no método HPRE. Na segunda época, início do período chuvoso (menor volume de chuva acumulado), observou-se um equilíbrio entre as áreas, com diferenças entre métodos, novamente o método SCAP apresentou maiores incrementos e valores na maioria dos indicadores biológicos. Já em HPRE foram encontrados menores valores das enzimas  $\beta$ -glucosidase, fosfatase ácida e arilsufatase em MK e urease em MM.

Nas LIP, o efeito do período chuvoso somado a aplicações de insumos estimulou a microbiota resultando em elevação da taxa respiratória e o quociente metabólico, mais pronunciados nos métodos SCAP e CBRA e o método RMEC apresentou melhor atividade enzimática. Na segunda época de coleta, o método SCAP apresentou maiores valores de CBM e menores taxas de respiração basal e  $qCO_2$  e a maior atividade enzimática foi no método HPOS. Portanto, houve influência dos métodos de controle de plantas daninhas nas linhas de plantio dos cafeeiros.

Os atributos microbiológicos não se correlacionaram significativamente com a produtividade dos cafeeiros, caracterizando a microbiota do solo como resiliente a interferência dos métodos no período de avaliação.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com os apoios da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) – Código do Financiamento (FAPEMIG-CAG-RED-00330-16).

## 7 REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, E. N.; SILVA, R. A. Manejo do Mato em Cafezais. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Eds.) **Café arábica do plantio a colheita**. Lavras: EPAMIG, v.1, p. 519-572. 2010.

- ALCÂNTARA, E. N.; OLIVEIRA, G. S. Effect of methods of weed control on quality of coffee beverage. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7. 2011, Araxá. **Resumos...** Brasília: Embrapa Café, p. 356-359, 2011.
- ALEF, K. Estimation of soil respiration. In: ALEF, K., NANNIPIERI, P. (Eds.), **Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry**. Academic Press, London, p. 214–219, 1995.
- ALLEGRI, M.; GOMEZ, E. DEL V.; ZABALOY, M. C. Repeated glyphosate exposure induces shifts in nitrifying communities and metabolism of phenylpropanoids. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 105, p.206–215, 2017.
- ALLISON, S. D.; MARTINY, J. B. H. Resistance, resilience, and redundancy in microbial communities. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.105, p.11512–11519, 2008.
- ALVAREZ, V. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**. v.25 (3), 393–395, 1993. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0038-0717\(93\)90140-7](https://doi.org/10.1016/0038-0717(93)90140-7)>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- ANDREOTE, F. D.; GUMIERE, T.; DURRER, A. Exploring interactions of plant microbiomes. **Scientia Agricola**. v.71 (6), p.528-539, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0195>>. Acesso em: 16 mar. 2018.
- ARAGÃO, O. O. S. et al. Microbiological indicators of soil quality are related to greater coffee yield in the Brazilian *Cerrado* region. **Ecological Indicators**, v. 113, 106205, Disponível em: <2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106205>>. Acesso em: 06 jan. 2021.
- ARAÚJO, F. et al. Chemical attributes and microbial activity of soil cultivated with cassava under different cover crops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23 (8), p. 614-619, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n8p614-619>>. Acesso em: 11 jan. 2020.
- ARAÚJO NETO, S. E. et al. Soil biological activity under intercropping of passion fruit, pineapple, maize, cassava and cover crops. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45 (4), p. 650-658, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000400003>>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- AZEVEDO JUNIOR, R. R. et al. Chemical and microbiological soil properties in organic and conventional management systems of *Coffea arabica* L. **Journal of Plant**

- Nutrition**, v. 40, p. 2076-2086, 2017. Disponível em: <<https://DOI:10.1080/01904167.2017.1346128>>. Acesso em: 10 jun. 2018.
- BALDRIAN, P. et al. Enzyme activities and microbial biomass in topsoil layer during spontaneous succession in spoil heaps after brown coal mining. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 40, p. 2107-2115, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.02.019>>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- BALOTA, E. L.; AULER, P. A. M. Soil microbial biomass under different management and tillage systems of permanent intercropped cover species in an orange orchard. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1873-1883, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000600004>>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- BALOTA, E. L. et al. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soils**, v.38, p.15-20, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00374-003-0590-9>>. Acesso em: 13 ago. 2018.
- BANDICK, A. K.; DICK, R. P. Field management effects on soil enzyme activities. **Soil Biology and Biochemistry**, v.31, p.1471-1479, 1999. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00051-6](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00051-6)>. Acesso em: 11 fev. 2018.
- BRASIL – Instrução Normativa nº 2, de 09 de outubro de 2008. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 out. 2008. Seção 1, p. 71.
- BROOKES, P. C. et al. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology and Biochemistry**. v.17 (6), p.837–842, 1985.
- CHEN, C. et al. Meta-analysis shows positive effects of plant diversity on microbial biomass and respiration. **Nature Communications**, v.10, 1332, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41467-019-09258-y>>. Acesso em: 03 dez. 2020.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, 1º Levantamento, v.6 (1), janeiro de 2020. Brasília: CONAB, 2020.
- CONCENÇO, G. et al. Ciência das Plantas Daninhas: Histórico, Biologia, Ecologia e Fisiologia. In: MONQUERO, P. A. Ed (s) **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. São Carlos: RiMa Editora, v.1, p. 1-32. 2014.
- CRUZ, A. F. et al. Cover cropping system and mulching can shape soil microbial status in fruit orchards. **Scientia Agricola**, v. 77 (4), p. e20180316, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1678-992x-2018-0316>>. Acesso em: 10 jan. 2021.
- DICK, R. P. et al. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Eds.), **Methods for Assessing Soil Quality**. Soil Science Society of America, Madison, p.247–272, 1996.

DODOR, D.; TABATABAI, A. Effect of cropping systems of phosphatases in soils. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 166, p. 7-13, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/jpln.200390016>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

DRUILLE, M. et al. Repeated annual glyphosate applications may impair beneficial soil microorganisms in temperate grassland. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.230, p.184–190, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.011>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

FINN, G. et al. Microbial energy and matter transformation in agricultural soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.111, p.176-192, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.04.010>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

FRIMPONG, J. et al. Evaluating the impact of synthetic herbicides on soil dwelling macrobes and the physical state of soil in an agro-ecosystem. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.156, p. 205-2015, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.034>>. Acesso em: 10 out. 2019

GARCI'A-ORENES, F. et al. Soil microbial biomass and activity under different agricultural management systems in a semiarid Mediterranean agroecosystem. **Soil & Tillage Research**, v.109, p.110–115, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.still.2010.05.005>>. Acesso em: 11 out. 2018.

GENNARO, L. A., et al. Soil physical and microbiological attributes cultivated with the common bean under two management systems. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45 (4), p. 641-649, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000400002>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

GOMES, C. A. et al. Indaziflam application in newly transplanted arabica coffee seedlings. **Coffee Science**. v. 14 (3), p. 373-381, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.25186/cs.v14i3>>. Acesso em: 23 set. 2020.

HARGREAVES, P. R. et al. Evaluating soil microbial biomass carbon as an indicator of long-term environmental change. **Soil Biology and Biochemistry**, v.35, p.401-407, 2003. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00291-2](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00291-2)>. Acesso em: 14 nov. 2017.

HIRSCH, P. R. et al. Soil resilience and recovery: rapid community responses to management changes. **Plant Soil**, v. 412, p. 283-297, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11104-016-3068-x>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

HOEFT, R. G., WALSH, L. M., KENNEY, D. R. Evaluation of various extractants for available soil sulfur. **Soil Science Society of America Journal**. V.37, 401–411, 1973. Disponível em: <<https://doi.org/10.2136/sssaj1973.03615995003700030027x>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2020. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg\\_iframe.php?codEst=A523&mesAno=2020](http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_iframe.php?codEst=A523&mesAno=2020)>

JIANG, R. et al. Changes in the integrated functional stability of microbial community under chemical stresses and the impacting factors in field soils. **Ecological Indicators**, v.110, 105919, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105919>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

JIANG, S. et al. Optimisation for assay of fluorescein diacetate hydrolytic activity as a sensitive tool to evaluate impacts of pollutants and nutrients on microbial activity in coastal sediments. **Marine Pollution Bulletin**, v.110 (1), p.424-431, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.031>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, p. 1-13, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.08.020>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

KRAUT-COHEN, J. et al. Effects of tillage practices on soil microbiome and agricultural parameters. **Science of the Total Environment**, v.705, 135791, 2020. Disponível em: <[https://DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.135791](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135791)>. Acesso em: 05 fev. 2019.

KERTESZ, M. A.; MIRLEAU, P.; The role of soil microbes in plant sulphur nutrition. **Journal of Experimental Botany**, v.55 (404), p.1939-1945, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/jxb/erh176>>. Acesso em: 18 jan. 2019.

LAMMEL, D. R. et al. Microbiological and faunal soil attributes of coffee cultivation under different management systems in Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 2015, v. 75 (4), p. 894-905, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1519-6984.02414>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

LANE. M. et al. The effect of glyphosate on soil microbial activity, microbial community structure, and soil potassium. **Pedobiologia**, v.55, p.335-342, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2012.08.001>>. Acesso em: 16 jan. 2021.

LANNA, A. C. et al.. Atividade de urease no solo com feijoeiro influenciada pela cobertura vegetal e sistemas de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.1933-1939, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000600018>>. Acesso em: 12 out. 2018.

LAUBER, C. L. et al. Temporal variability in soil microbial communities across land-use types. **International Society for Microbial Ecology Journal**, v. 7 (8), p.1641-1650, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/ismej.2013.50>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

LI, Y. et al. Conservation agriculture practices increase soil microbial biomass carbon and nitrogen in agricultural soils: A global meta-analysis. **Soil Biology and Biochemistry**, v.121, p.50-58, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.02.024>>. Acesso em: 03 mar. 2021.

- LISBOA, B. B. et al.. Microbial indicators of soil quality in different management systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36 (1), p. 45-55, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000100004>>. Acesso em: 12 jan. 2019.
- LONGO, R. M.; MELO, W. J. Atividade da urease em Latossolos sob influência da cobertura vegetal e da época de amostragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.645-650, 2005. Disponível em:<<https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000400017>>. Acesso em: 11 jul. 2019.
- LOPES, E. L. N. et al. Microbial biomass and soil chemical properties under different land use systems in northeastern Pará. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v.35, p.1127-1139, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000400006>>. Acesso em: 27 jan. 2019.
- LOPES, A. A. DE C. et al. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v.77, p.461-472, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0191>>. Acesso em: 13 jan. 2018.
- LORANGER-MERCIRIS, G. et al. Rapid effects of plant species diversity and identity on soil microbial communities in experimental grassland ecosystems. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38 (8), p. 2336-2343, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.02.009>>. Acesso em: 04 set. 2019.
- MAHÍA, J.; CABANEIRO, A.; CARBALLHAS, T.; DÍAZ-RAVIÑA, M. Microbial biomass and C mineralization in agricultural soils as affected by atrazine addition. **Biology and Fertility of Soils**, v.45(1), p.99-105, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00374-008-0318-y>>. Acesso em: 06 jan. 2018.
- MALTA, M. R.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G.; SILVA, F. A. M. Chemical composition, yield and quality of the fertilized coffee with different sources and doses of nitrogen. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27 (6), p.1246-1252, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000600006>>. Acesso em: 12 jan. 2019.
- MALTA, M. R.; PEREIRA, R.; CHAGAS, S. J. R.; FERREIRA, D. R. Cup quality of traditional crop coffee converted to organic system. **Bragantia**, v.67 (3), p.775-783, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000300028>>. Acesso em: 25 jun. 2019.
- MALTY, J. S.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. S. Effects of glyphosate on soybean symbiotic microorganisms, in culture media and in greenhouse. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41 (2), p.285-291, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000200013>>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- MANDL, K., CANTELMO, C., GRUBER, E., FABER, F., FRIEDRICH, B., ZALLER, J. G. Effects of Glyphosate-, Glufosinate- and Flazasulfuron-Based Herbicides on Soil Microorganisms in a Vineyard. **Bulletin of Environmental Contamination and**

- Toxicology**, v.101, p.562–569, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00128-018-2438-x>> Acesso em: 12 nov. 2019.
- MANOHORAN, L.; KUSHWAHA, S. K.; AHRÉN, D.; HEDLUND, K. Agricultural land use determines functional genetic diversity of soil microbial communities. **Soil Biology and Biochemistry**, v.115, p.423-432, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.09.011>>. Acesso em: 11 jan. 2019.
- MARGALEF, O.; SARDANS, J.; FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, M.; MOLOWNY-HORAS, R.; JANSSENS, I. A.; CIAIS, P.; GOLL, D.; RICHTER, A.; OBERSTEINER, M.; ASENSIO, D.; PEÑUELAS, J. Global patterns of phosphatase activity in natural soils. **Scientific Reports**, v.7, 1337, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41598-017-01418-8>>. Acesso em: 10 jan. 2019.
- MARTINS, B. H.; ARAÚJO JUNIOR, C. F.; MIYAZAWA, M.; VIEIRA, K. M. Soil organic matter quality and weed diversity in coffee plantation área submitted to weed control and cover crops management. **Soil & Tillage Research**, v. 153, p.169–174, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.still.2015.06.005>>. Acesso em: 02 abr. 2021.
- MARTÍNEZ-GARCÍA, L. B.; KORTHALS, G.; BRUSSAARD, L.; JORGENSEN, H. B., DE DEYN, G. B. Organic management and cover crop species steer soil microbial community structure and functionality along with soil organic matter properties. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v.263 p.7–17, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.018>>. Acesso em: 02 out. 2019.
- MASSESSINI, A. M.; BONDUKI, V. H. A.; MELO, C. A. D.; TÓTOLA, M. R.; FERREIRA, F. A.; COSTA, M. D. Soil microorganisms and their role in the interactions between weeds and crops. **Planta Daninha**, v. 32 (4), p. 873-884, 2014. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000400022>> Acesso em: 12 jan. 2019.
- MBUTHIA, L. W. et al. Long term tillage, cover crop, and fertilization effects on microbial community structure, activity: Implications for soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v.89, p.24-34, 2015. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.06.016>>. Acesso em: 06 jun. 2019.
- MCLEAN, E. O.; HEDDLESON, M. R.; BARTLETT, R. J.; HOLOWAYCHUK, N. Aluminum in soils: I. extraction methods and magnitudes in Ohio clays and soils. **Soil Science. Society of America Journal**, v.22 (5), p. 382-387, 1958. Disponível em:<<https://doi.org/10.2136/sssaj1958.03615995002200050005x>> . Acesso em: 12 jan. 2019.
- MEHLICH, A. Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH<sub>4</sub>. North Carolina Soil Testing Division, Raleigh, p. 195, 1953.
- MELLONI, R. et al. Methods of weed control and their impacts on microbial quality of soil under coffee. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 66-75, 2013.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000100007>>. Acesso em: 11 jan. 2019.

MELO, W. J. et al. Avaliação da atividade enzimática em amostras de solo. In: Figueiredo, M. B. V. et al. (Ed.) **Biотecnologia aplicada à agricultura**: textos de apoio e protocolos experimentais. Brasília: Embrapa, 2010. v. 1, p. 153-187.

MENDES, I. C. et al. Biological functioning of brazilian cerrado soils under different vegetation types. **Plant and Soil**, v.359 (1-2), p. 183-195, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11104-012-1195-6>>. Acesso em: 04 out. 2019.

MEZELI, M. M. et al. Using a meta-analysis approach to understand complexity in soil biodiversity and phosphorus acquisition in plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v.142, 107695, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107695>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

MOBLEY, H. L. T.; HAUSINGER, R. P. Microbial ureases: significance, regulation, and molecular characterization. **Microbiology Reviews**, v.53 (1), p.85–108, 1989.

MOREIRA, F. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Editora UFLA, Lavras, 2006, 729 p.

NAHAS, E.; CENTURION, J. F.; ASSIS, L. C. Efeito das características químicas dos solos sobre os microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 49-53, 1994.

NANNIPIERI, P.; SEQUI, P.; FUSI, P. Humus and enzyme activity. In: PICCOLO, A., ed. **Humic substances in terrestrial ecosystems**. Amsterda, Elsevier, p.293-298, 1996. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-044481516-3/50008-6>>. Acesso em: 17 jan. 2019.

NGUYEN, D. B. et al. Impact of glyphosate on soil microbial biomass and respiration: A meta-analysis. **Soil Biology & Biochemistry**, v.92, p.50-57, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.09.014>>. Acesso em: 21 set. 2018.

NUNES, K. A.; FITZPATRICK, C. R.; KOTANEN, P. M. Soil biota composition and the performance of a noxious weed across its invaded range. **Ecography**, v. 42, p.1671–1681, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/ecog.04562>>. Acesso em: 15 nov. 2020.

PAUSCH, J.; KUZYAKOV, Y. Carbon input by roots into the soil: Quantification of rhizodeposition from root to ecosystem scale. **Global Change Biology**, v. 24 (1), p.1-12, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/gcb.13850>>. Acesso em: 21 jan. 2019.

PEREIRA, D. R. et al. Morphoagronomic and sensory performance of coffee in initial stage of development in Cerrado Mineiro. **Coffee Science**, v. 14 (2), p. 193 - 205, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.25186/cs.v14i2>> Acesso: 30 nov. 2020.

PIRT S. J. **Principles of Microbe and Cell Cultivation**. Blackwell, Oxford, 1985, 284 p.

PUCCI, L. F. et al. Association of indaziflam and oxyfluorfen in coffee pre-transplantation. **Coffee Science**. v. 14 (3), p. 359-365, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.25186/cs.v14i3>>. Acesso: 23 nov. 2020.

RHINE, E. D., FUHRMANN, J. J., RADOSEVICH, M. Microbial community responses to atrazine exposure and nutrient availability: linking degradation capacity to community structure. **Microbial Ecology**, v.46 (2), p.145–160, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00248-002-1048-6>>. Acesso: 03 set. 2019

REIBOTA, M. S. et al. Climate aspects in Minas Gerais State. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 206-226, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v17i0.41493>>. Acesso: 06 set. 2019

RODRIGUES, B. N.; Almeida, F. S. **Herbicide Guide** 7<sup>a</sup> ed., Londrina, 2018. 697p.

REIS JÚNIOR, F. B. DOS; MENDES, I. C. Biomassa microbiana do solo. Planaltina: Embrapa Cerrados, **Documentos**, n.205, 2007. 40p.

ROMANO-ARMADA, N., AMOROSO, M. J., RAJAL, V. B. Construction of a combined soil quality indicator to assess the effect of glyphosate application. **Science of the Total Environment**, v.682, p.639–649, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.079>>. Acesso: 30 nov. 2020.

ROSE, T. J. et al. Pinto peanut cover crop nitrogen contributions and potential to mitigate nitrous oxide emissions in subtropical coffee plantations. **Science of the Total Environment**, v.656, p. 108–117, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.291>>. Acesso: 02 out. 2020

ROSE, M. T. et al. Impact of Herbicides on Soil Biology and Function. **Advances in Agronomy**, v. 136, p. 133-220, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.11.005>>. Acesso: 30 nov. 2019.

SANTOS, V. M.; MAIA, L. C. Bioindicators of soil quality. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v.10, p.195-223, 2013.

SCA. **Protocols & Best Practices**. EUA, 2015. Disponível em: <<https://sca.coffee/research/protocols-best-practices>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

SILVA, E. DE B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Potassium fertilization and the quality of processed coffee beans **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59 (1), p.173-179, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162002000100025>>. Acesso: 19 jul. 2018.

SINGH, A.; SINGH, M. K.; GHOSHAL, M. Microbial Biomass Dynamics in a Tropical Agroecosystem: Influence of Herbicide and Soil Amendments. **Pedosphere**,

v.26 (2), p. 257–264, 2016. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)60040-6](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60040-6)>. Acesso: 10 nov. 2018.

SIMON, C. A. et al. Cover crops as modifying agents of microbiological soil attribute. **Australian Journal of Crop Science**, v.13(10), p.1578-1585, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.10.p1723>>. Acesso: 21 nov. 2020.

SOARES, D. S. et al. How diversity of crop residues in long-term no-tillage systems affect chemical and microbiological soil properties. **Soil & Tillage Research**, v.194, 104316, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104316>>. Acesso: 30 nov. 2020.

SONG, D. et al. Responses of soil nutrients and microbial activities to additions of maize straw biochar and chemical fertilization in a calcareous soil. **European Journal Soil Biology**, v.84, p.1–10, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2017.11.003>>. Acesso: 25 nov. 2020.

TABATABAI, M. A. Enzymes. In: WEAVER, R. W. et al. (Ed.) **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: Soil Science Society of America, p. 775-833, 1994.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19 (6), p. 703–707, 1987. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0038-0717(87)90052-6)>. Acesso: 30 mar. 2018.

VERGO, C. L. R. Escalada de Preços do Petróleo Pode Desandar Recente Alta nas Cotações do Café? **Análise e indicadores do Agronegócio**. São Paulo: IEA, v.15(1): p. 1-5, 2020.

VILELA, D. J. M. Efficiency in the use of phosphorus, microbiological parameters of the soil and identification and characterization of acid phosphatases family genes in coffee trees. 2019. 117 p. **Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)**. Departamento de Agricultura. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2019.

WAHSHA, M. et al. Microbial enzymes as an early warning management tool for monitoring mining site soils, **Catena**, v.148 (1), p.40-45, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.02.021>>. Acesso: 30 nov. 2020.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**. v.37 (1), p.29–38, 1934. Disponível em: <<https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>>. Acesso: 30 abr. 2018.

WANG, L. et al. Aggregational differentiation of ureolytic microbes in an Ultisol under long-term organic and chemical fertilizations. **Science of the Total Environment**, v.716, 137103, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137103>>. Acesso: 30 jan. 2021.

WESTWOOD, J. H. et al. Weed Management in 2050: Perspectives on the Future of Weed Science. **Weed Science**, v. 66 (3), p. 1-11, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/wsc.2017.78>>. Acesso: 27 nov. 2020.

WU, X, H. et al. Impact of fomesafen on the soil microbial communities in soybean fields in Northeastern China. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.148, p.169–176, 2018. Disponível em: <DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.10.003>. Acesso: 30 nov. 2019.

HAN, X-M. et al. Effects of vegetation type on soil microbial community structure and catabolic diversity assessed by polyphasic methods in North China. **Journal of Environmental Sciences**, v. 19 (10), p. 1228-1234, 2007. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(07\)60200-9](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(07)60200-9)>. Acesso: 20 nov. 2017.

Z Aidan, U. R. et al. Environment and variety influence on coffee quality of “Matas de Minas”. **Coffee Science**, v. 12 (2), p. 240 - 247, 2017.

ZANG, P. et al. Invasive plants differentially affect soil biota through litter and rhizosphere pathways: a meta-analysis. **Ecology Letters**, v.22, p.200–210, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/ele.13181>>. Acesso: 03 mar. 2020.

ZHANG, H. et al. Invasion by the weed *Coryza canadensis* alters soil nutrient supply and shifts microbiota structure. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 143, 107739, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107739>>. Acesso: 28 nov. 2020.

ZHANG, S. et al. Responses of soil carbon decomposition to drying-rewetting cycles: A meta analysis. **Geoderma**, v. 361, 114069, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114069>>. Acesso: 15 jan. 2021.

ZHANG, C. et al. Rhizosphere soil microbial activity under diferente vegetation types on the Loess Plateau, China. **Geoderma**, v. 161, p. 115-125, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.12.003>>. Acesso: 27 abr. 2020.

ZUBER, S. M.; VILLAMIL, M. B. Meta-analysis approach to assess effect of tillage on microbial biomass and enzyme activities. **Soil Biology and Biochemistry**, v.97, p.176-187, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.03.011>>. Acesso: 03 out. 2019.

### ARTIGO 3

## MIRMECOFAUNA EM CAFEZEIROS (*Coffea arabica* L.) SUBMETIDOS A DIFERENTES MÉTODOS DE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NA REGIÃO DO CERRADO MINEIRO

Ant fauna in coffee (*Coffea arabica* L.) plantation under different weeds management method.

**Rafael Jorge Almeida Rodrigues<sup>1</sup>, Gabriela Bandeira<sup>2</sup>, Letícia Maria Vieira<sup>3</sup>,  
Vanessa Barros<sup>1</sup>, Gladyston Rodrigues Carvalho<sup>4</sup>, Fátima Maria de Souza  
Moreira<sup>5</sup>, Adenilson Henrique Gonçalves<sup>1</sup>, Giovani Belutti Voltolini<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Agricultura – Universidade Federal de Lavras

<sup>2</sup> Departamento de Ecologia e Conservação – Universidade Federal de Lavras

<sup>3</sup> Departamento de Ciências Florestais – Universidade Federal de Lavras

<sup>4</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG

<sup>5</sup> Departamento de Ciência do Solo – Universidade Federal de Lavras

### RESUMO

Alguns grupos da macrofauna do solo, como as formigas são frequentemente utilizados como bioindicadores em função das alterações nos usos e manejos de coberturas dos solos em diversos agrossistemas. Assim, procurou-se com esse estudo, caracterizar as comunidades de formigas do solo capturadas por armadilhas tipo “pitfall”, em duas propriedades cafeeiras situadas em diferentes altitudes da Região do Cerrado Mineiro, quando submetidas a diferentes métodos de controle de plantas daninhas. Foram conduzidos durante o biênio 2017/2019 em duas propriedades cafeeiras identificadas como MK e MM, localizadas no município de Patrocínio-MG. Essas propriedades ficam a 1219 e 938 metros de altitude respectivamente. Os métodos de controle de plantas daninhas foram, cultivo de capim-braquiária (*Urochloa ruziziensis*) (CBRA), aplicações de herbicidas em pré (HPRE) e pós-emergência (HPOS), roçadas mecânicas (RMEC) e mato sem capina (SCAP). Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, cada bloco foi formado por parcelas correspondendo a duas entrelinhas de plantio (atuação dos tratamentos) e uma linha de plantio. Realizou-se a instalação das armadilhas “pitfall” no dia 12 de março de 2019, em cada parcela referente a um método de controle de plantas daninhas, foram instaladas 4 armadilhas, que ficaram instaladas durante 48 horas. Posteriormente, realizou-se a triagem de campo e animais foram acondicionados em potes de coleta universal com álcool 70% para conservação até sua contagem e identificação. Os dados obtidos pela contagem e identificação das amostras de formigas foram submetidos à análise descritiva, análise de diversidade, através coeficiente de similaridade de Jaccard e análise de agrupamento hierárquico (*cluster*).

Também foi realizado análise de variância (ANAVA) pelo modelo linear generalizado (GLM), das variáveis riquezas de espécies e teor de matéria orgânica (MO) encontrados nos métodos de manejo nas duas áreas e suas respectivas interações. Nas duas áreas, no total foram identificadas 4 subfamílias, em 10 gêneros e 22 espécies. A subfamília MYRMICINAE e o gênero *Pheidole* apresentaram as maiores riquezas de espécies, com 14 e 9 respectivamente, configurando também as maiores representatividades nas duas áreas. As espécies com maiores frequências foram, *Pheidole* sp.2, *Pheidole* sp.1, *Brachymyrmex* sp.1, *Dorymyrmex* sp.1, *Megalomyrmex* sp.1 e *Pheidole* sp.5. Em MK, o método CBRA apresentou a maior número e espécies exclusivas, enquanto, em MM, o método HPOS apresentou maior número de espécies. O Índice de Similaridade de Jaccard indicou semelhança entre os métodos nas duas áreas, indicando uma maior similaridade entre os métodos CBRA e RMEC. Já o GLM, não indicou diferença entre os métodos, entretanto, indicou maior riqueza de espécies para área com maior matéria orgânica, ou seja, MK. Assim, mesmo não diferentes significativamente, os métodos de manejo com o cultivo de capim braquiária (CBRA) e herbicida em pós-emergência (HPOS) apresentaram maiores riquezas de espécies. A adoção de um manejo principal adotado, ou seja, roçadas em MM e utilização de herbicida pré-emergente em MK, teve maior impacto na diversidade de formigas do solo, que os sistemas específicos de manejo de plantas daninhas.

**Palavras-chave:** Pitfall; Herbicida. Capim-braquiária. Roçada; *Pheidole* sp.. Formicidae. Diversidade.

## ABSTRACT

Some groups of soil macrofauna, such as ants, are frequently used as indicators due to changes in land cover use and management in various agrosystems. Thus, this study sought to characterize soil ant communities captured by pitfall traps in two coffee properties at different altitudes in the Cerrado Mineiro region, when subjected to different weed control methods. They were conducted during the 2017/2019 biennium in two coffee properties identified as MK and MM, located in the municipality of Patrocínio-MG. These properties are at 1219 and 938 meters of altitude respectively. Weed control methods were: Brachiaria grass (*Urochloa ruziziensis*) cultivation (CBRA), pre- (HPRE) and post-emergence (HPOS) herbicide applications, mechanical mowing (RMEC) and brushless weeding (SCAP). A randomized block design was used with four replications. Each block was formed by plots corresponding to two planting rows (action of treatments) and one planting row. The installation of pitfall traps was carried out on March 12, 2019. In each plot referring to a weed control method, 4 traps were installed, fixed for 48 hours. Subsequently, field screening was performed, and the individuals were placed in universal collection jars with 70% alcohol for conservation until counting and identification. The data obtained by counting and identifying the ant samples were subjected to descriptive analysis, biological diversity analysis using Jaccard's similarity coefficient and hierarchical clustering analysis (cluster). Analysis of variance (ANAVA) was also performed using the generalized linear model (GLM), of the species richness and organic matter (OM) variables found in the management methods in the two areas and their respective interactions. In the two areas, a total of 4 subfamilies were identified, in 10 genera and 22 species. The subfamily MYRMICINAE and the ogenus *Pheidole* had

the highest species richness, with 14 and 9 respectively, also configuring the highest representations in both areas. The species with higher frequencies were *Pheidole* sp.2, *Pheidole* sp.1, *Brachymyrmex* sp.1, *Dorymyrmex* sp.1, *Megalomyrmex* sp.1 and *Pheidole* sp.5. In MK, CBRA method showed the highest number and exclusive species, in MM, the HPOS method showed the highest specie number. The Jaccard Similarity Index indicated similarity between the methods in the two areas, indicating a greater similarity between the CBRA and RMEC methods. The GLM, on the other hand, did not indicate any difference between the methods, however, it found greater species richness for an area with greater organic matter, that is, MK. Thus, even without significant differences, the management methods with the cultivation of signalgrass (CBRA) and post-emergence herbicide (HPOS) showed greater species richness. The adoption of a main management adopted, that is, mowing in MM and use of pre-emergent herbicide in MK, had a greater impact on soil ant diversity than specific weed management systems.

**Keywords:** Pitfall. Herbicide. Congo signal grass. Mowing. *Pheidole* sp.. Formicidade. Diversity.

## 1 INTRODUÇÃO

Plantas daninhas são um dos principais desafios para agricultura, devido ao crescente relatos de resistência e pelos constantes questionamentos sobre os impactos dos herbicidas sobre o solo e biodiversidade (BAGHEL et al. 2020; HEAP, 2020; ISLAM et al. 2018; MEFTAUL et al. 2020). Atualmente a utilização de herbicidas é o principal método de controle de plantas daninhas na cafeicultura. Embora os impactos da resistência de plantas daninhas sejam menores, há em andamento uma corrente de conscientização da comunidade cafeeira sobre os impactos ambientais do uso de herbicidas, em consonância com os preceitos práticos exigidos para sustentabilidade. No entanto, alguns trabalhos apontam que os efeitos deletérios dos herbicidas são mais prejudiciais por reduzir a cobertura e diversidade vegetal do que propriamente a intoxicação pelos princípios ativos sobre a biota do solo (GARCIA-RUIZ et al. 2018; FRIMPONG et al. 2018; SANTO et al. 2019).

Nesse sentido, a manutenção do solo coberto, seja por resíduos, seja por plantas de cobertura se torna importante ferramenta para proteção e melhoria da qualidade biológica edáfica (CRUZ et al., 2020; LI et al., 2018; VUKICEVICH et al., 2016). Jerningan et al. (2020) e Sattler et al. (2020) demonstraram a importância na adoção de sistemas de produção com menor distúrbio e heterogeneidade vegetal para promoção na diversidade de invertebrados, o que o configura o importante indicador de saúde do solo.

Alguns grupos da macrofauna do solo (por exemplo, Mirmecofauna) são frequentemente usados como bioindicadores para avaliar a qualidade do solo, uma vez

que são bastante sensíveis à distúrbios ambientais e mudanças de manejo (ALVES-SILVA et al. 2020; CORASSA et al. 2015). Além disso, por serem capturados facilmente por armadilhas tipo “pitfall” e a responderem a mudança nos ecossistemas, principalmente em perturbações das condições naturais do solo esses grupos taxonômicos são comumente utilizados para estudos ecológicos comparativos (CONCEIÇÃO et al. 2019; DAY; BISHOP e SANT CLAIR, 2018; JIMENEZ-CARMONA; CARPINTERO e REYES-LOPEZ, 2019; LAMI et al., 2020; OBERPRIELER; ANDERSEN e BRABY, 2019).

Diversos trabalhos citam as formigas do solo (Hymenoptera: Formicidae), como indicadores em função das alterações nos usos e manejos de coberturas dos solos em diversos agrossistemas (ALVES-SILVA et al. 2020; AMARAL; VARGAS e ALMEIDA, 2019; CONCEIÇÃO et al. 2019; DALLE LASTE; DURIGAN e ANDERSEN, 2019; DRÖSE et al. 2019; JEŠOVNIK et al. 2019; OLIVEIRA et al. 2015; QUEIROZ et al. 2020), manejo de plantas daninhas e impactos da utilização de herbicidas (BOSCARDIN et al. 2016; BOSCARDIN; CORRÊA COSTA e DELABIE, 2014; PEREIRA et al. 2018). Na cafeicultura diversos trabalhos enfatizam a importância ecológica das formigas, sobre sistemas de produção (ARENAS-CLAVIJO E ARMBRECHT, 2019; GAMBA, 2019;) e principalmente como controladores biológicos de pragas (ARENAS-CLAVIJO e ARMBRECHT, 2019; BIZUMUNGU e MAJER, 2019; ENNIS e PHILPOTT, 2019; MORRIS e PERFECTO, 2016). Contudo, poucos são os resultados de trabalhos sobre os impactos do manejo dos cafeeiros na realidade brasileira, assim como, enfatizando o manejo de plantas daninhas ou utilização de herbicidas.

Esse estudo, procurou caracterizar as comunidades de Mirmecofauna do solo de duas propriedades cafeeiras de diferentes altitudes da Região do Cerrado Mineiro, quando submetidas a métodos de controle de plantas daninhas, que envolvem o manejo químico, mecânico, utilização de plantas de cobertura e população de plantas espontâneas.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Descrição da área experimental**

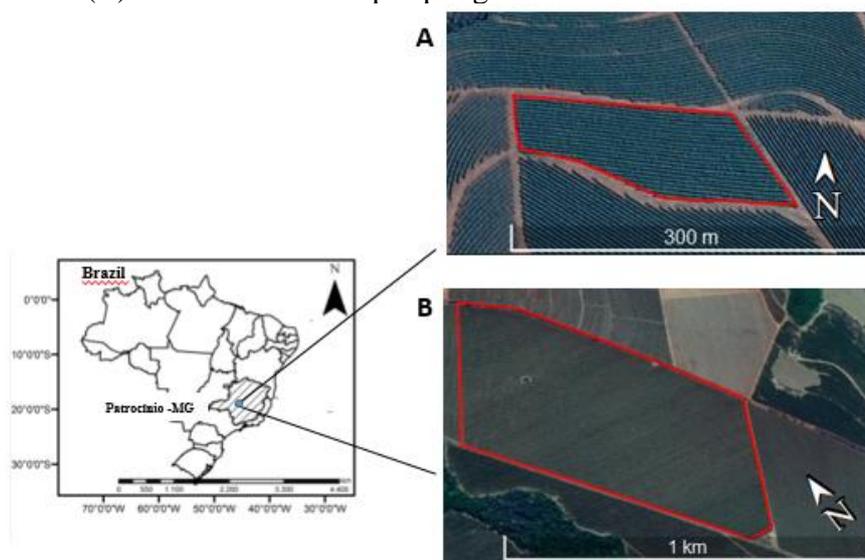
Os ensaios foram instalados e conduzidos nos períodos safras 2017/2018 e 2018/2019, em duas propriedades cafeeiras (Figura 1), localizadas no município de Patrocínio-MG, Denominação de Origem do Cerrado Mineiro, Brasil. O clima do município segundo a classificação Köppen-Geiger é tropical de savana com estação seca

no inverno (Aw) (REBOITA et al., 2015), nos últimos dez anos (2010/2019) as médias de temperaturas máximas, mínimas e precipitação de 21,6 °C, 19,82 °C e 1331,3 mm respectivamente (INMET, 2020).

A primeira área experimental está localizada na propriedade Porta do Céu de propriedade do cafeicultor Marcos Cezar Miaki (MK), nas coordenadas 18°53'04.04"S e 46°50'44.31"W, altitude de 1219 metros, em talhão de 38 hectares, plantada com a *Coffea arabica* cultivar Catuai Vermelho IAC 99, com espaçamento de plantio de 4,0 metros entrelinhas e 0,70 metros entre plantas e idade de dezesseis safras (Figura 1A). A precipitação no período de condução do experimento (biênio 2017/2019) foi de 3493,5 mm (média safra de 1746,75 mm).

A segunda área experimental está localizada na propriedade Montanari III dos cafeicultores João Batista Montanari e Marcelo Montanari (MM), em talhão com coordenadas 18°51'11.69"S e 47°05'33.64"W, altitude de 938 metros, com área total de 44 hectares, plantada com *Coffea arabica* cultivar Mundo Novo IAC 379/19, em espaçamento de plantio de 4,0 metros entrelinhas e 0,66 metros entre plantas e idade de cinco safras (Figura 1B). A soma da precipitação no período de condução do experimento (biênio 2017/2019) foi de 3114,2 mm (média safra de 1557 mm), sendo tal volume 10,86% inferior a área MK.

Figura 1 – Vista área dos campos experimentais, os talhões das propriedades MM (A) e MK (B) estão demarcados por polígono vermelho. Patrocínio-MG, 2020.



Fonte: Google Earth, 2020.

As implantações dos experimentos com os métodos herbicidas ocorreram em novembro de 2017 e reaplicados em novembro de 2018, objetivando manter as condições similares no decorrer da duração das avaliações. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Cada bloco foi formado por parcelas correspondendo a duas entrelinhas de plantio (atuação dos tratamentos) e uma linha de plantio, dimensões de 8,0 metros de largura (duas entrelinhas) e 20,0 metros de comprimento, perfazendo área útil de 160 m<sup>2</sup>, totalizando 40 parcelas, 80 unidades amostrais e 6.400 m<sup>2</sup>. As bordaduras dos blocos foram compostas por linhas de plantio paralelas as entrelinhas dos tratamentos.

## **2.2 Delineamento experimental e descrição dos métodos de controle de plantas daninhas**

De acordo com os resultados da análise granulométrica, os solos das áreas MM e MK, possuem 41% e 43,5% de argila respectivamente, texturalmente classificados como solos “tipo 3” ou argilosos (BRASIL, 2008). Os resultados analíticos dos parâmetros químicos das entrelinhas plantio estão na Tabela 1.

Objetivando evitar a matocompetição entre cafeeiros e plantas daninhas nas linhas de plantio, realizou-se o controle químico com aplicação de glyphosate (1440 g e. a. h<sup>-1</sup>) nas linhas de plantio, ou seja, na projeção da copa dos cafeeiros em todos os tratamentos.

Os métodos de plantas daninhas testados e as respectivas siglas e são descritos a seguir:

- a) Cultivo intercalar (CBRA) - cultivo intercalar de capim-braquiária (*Urochloa ruziziensis* (R. Germ & Evrard), as sementeiras das sementes ocorreram no início do período chuvoso precedida de gradagem (Figura 2A). Após a maturação das sementes procedeu-se o corte utilizando roçadeiras mecânicas com largura de corte de 152 cm
- b) Herbicida em pós-emergência (HPOS) - utilização de herbicidas glyphosate (1440 g e. a. h<sup>-1</sup>) em pós-emergência das plantas daninhas (Figura 2B), utilizando implemento pulverizador Arbus® 400 com barra para aplicação de herbicida conjugado, composto de 4 pontas de pulverização (duas centrais de jato plano 11002 e duas laterais de jato defletor de ângulo grande, estes últimos eram fechado para que a calda atingisse somente as entrelinhas de plantio), acoplado ao trator e volume de calda regulado para 200 l ha<sup>-1</sup>. A medida que as plantas daninhas

atingiam 30 cm de altura o tratamento era realizado novamente, configurando de duas a três aplicações por safra.

- c) Herbicida em pré-emergência (HPRE) - utilização do herbicida indaziflam (75 g i.a. h<sup>-1</sup>) em pré-emergência (Figura 2C), aplicação única no período entre novembro/dezembro de cada ano. Os equipamentos utilizados para aplicação e o volume de calda são os mesmos do herbicida em pós-emergência.
- d) Roçada (RMEC) - roçadas com uso de implemento triturador denominado “trincha” possuindo nove martelos e largura de corte de 140 cm (Figura 2D), acoplado ao trator, perfazendo de três a quatro operações por safra. Utilizou-se também o parâmetro de 30 cm de altura de plantas daninhas para a repetição das operações de roçada durante a safra.
- e) Sem capina (SCAP) - manutenção da população de plantas daninhas em livre crescimento, ou seja, nenhum método de manejo adotado (Figura 2E).

Tabela 1 – Resultados dos parâmetros químicos dos solos das entrelinhas de plantio das duas áreas experimentais (MM e MK). Patrocínio- MG, 2017. A interpretação dos resultados ocorreu de acordo com Alvarez et al., (1999).

Determinação	Unidade	MK	MM
Mat. Orgânica	dag/kg	5,7	3,7
pH (água)	unid.	6,2	6,0
P (Mehlich <sup>-1</sup> )	mg/dm <sup>3</sup>	10,6	2,2
K (Mehlich <sup>-1</sup> )	mg/dm <sup>3</sup>	167,0	232,0
Ca (KCl <sup>-1</sup> mol/L)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	5,1	3,6
Mg (KCl <sup>-1</sup> mol/L)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	2,9	1,1
Al (KCl <sup>-1</sup> mol/L)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	0,0	0,0
H + Al (Acet. de cálcio)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	3,8	3,0
S.B (Soma de bases)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	8,43	5,29
C.T.C. (T)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	12,23	8,29
V% (Sat. de bases)	%	69,0	64,0
P-rem	mg/dm <sup>3</sup>	16,1	18,3
S (F. mon.. ac. acet.)	mg/dm <sup>3</sup>	24,0	28,0
B (água quente)	mg/dm <sup>3</sup>	0,5	0,4
Zn (Mehlich <sup>-1</sup> )	mg/dm <sup>3</sup>	6,1	1,9
Mn (Mehlich <sup>-1</sup> )	mg/dm <sup>3</sup>	14,9	19,3
Cu (Mehlich <sup>-1</sup> )	mg/dm <sup>3</sup>	1,6	3,6
Fe (Mehlich <sup>-1</sup> )	mg/dm <sup>3</sup>	67,0	56,0

### 2.3 Instalação e processamento das armadilhas tipo “pitfall”

Realizou-se a instalação das armadilhas “pitfall” no dia 12 de março de 2019, configurando a parte final do verão, ou seja, o período chuvoso. Da implantação dos métodos de manejo de plantas daninhas até a instalação das armadilhas se passaram 17 meses. Os dados climáticos no período de 22 de setembro de 2018 a 20 de março de 2019,

provenientes da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), localizada em Patrocínio-MG, nas coordenadas 18°59'48.04"S e 46°59'09.57"W, estão na Figura 3.

Figura 2 – Métodos de controle de plantas daninhas, cultivo de capim-braquiária (*Urochloa ruziziensis*) (A), aplicação de herbicidas em pós (B) e pré-emergência (C), roçada mecânica (D) e plantas espontâneas (E). Patrocínio-MG, 2020.

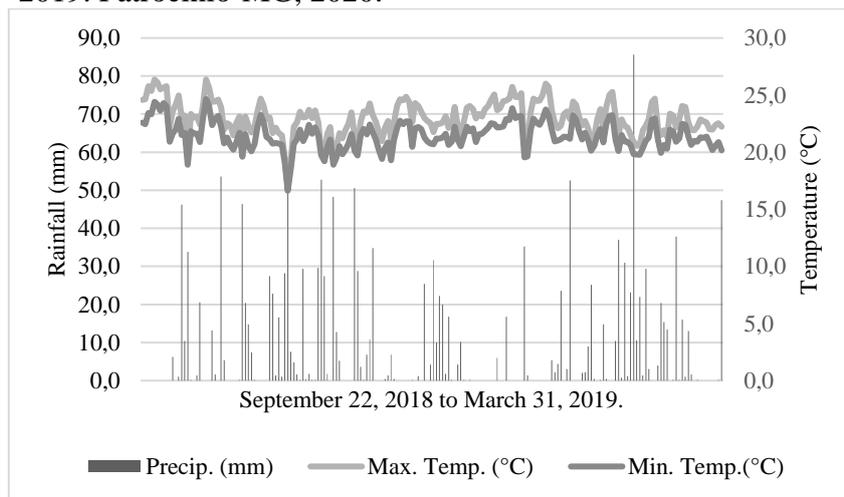


Fonte: Do autor.

As armadilhas eram compostas por potes plásticos com capacidade de 1 litro, adicionou-se em cada armadilha 200 ml de solução salina (NaCl) a 10% p/v com algumas gotas de detergente, essa solução teve objetivo imobilizar e preservar a maioria dos animais capturados (BIGNEL et al., 2010). Com o auxílio de uma cavadeira manual, em cada parcela dos tratamentos foram instaladas quatro armadilhas (duas em cada entrelinha) (Figura 4), totalizando dezesseis armadilhas por tratamento e oitenta em cada área experimental. As armadilhas ficaram no campo durante 48 horas e durante a permanência do campo, choveu um acumulado de 13,4 mm na área MM e 19 mm MK, com isso, foi feito monitoramento com objetivo de evitar o risco de transbordamento. Após 48 horas, os pitfalls' foram retirados e com o auxílio de uma peneira plástica de tela fina com diâmetro de 16 cm e uma piseta com água, procedeu-se a triagem de campo, retirando impurezas. Posteriormente os animais foram acondicionados em potes de coleta universal com álcool 70% para conservação e encaminhados para o Laboratório de

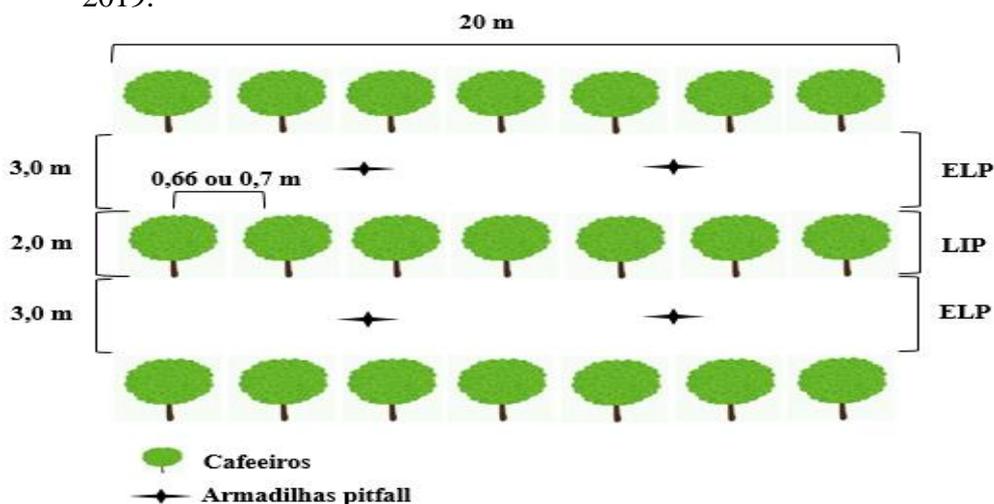
Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais (DEF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As amostras de formigas foram enviadas para o laboratório de Ecologia de Formigas do Departamento de Ecologia e Conservação (DEC) da UFLA, onde foram identificadas com o auxílio de chaves dicotômicas (BACCARO et al. 2015)

Figura 3 – Dados climáticos de Precipitação (mm) e Temperatura máxima e mínima média (°C) referente ao período de 22 de setembro de 2017 a 20 de março de 2019. Patrocínio-MG, 2020.



Fonte: INMET-MAPA, 2020.

Figura 4 – Esquematização da implantação das armadilhas “pitfall” nas entrelinhas de plantio (ELP) das parcelas experimentais, em cafeeiros. Patrocínio – MG, 2019.



## 2.4 Variáveis respostas e análises dos dados.

Os dados obtidos pela contagem e identificação das amostras foram submetidos à análise descritiva, análises de diversidade biológica, através coeficiente de similaridade de Jaccard (equação 3) e análise de agrupamento hierárquico (*cluster*) (BORCARD; GILLET; LEGENDRE; 2011), entre os métodos de plantas daninhas, utilizando os pacotes Vegan (OKSANEN et al., 2019) e BiodivertyR (KINDT; COE, 2005) utilizando o software R versão 3.6.2.

$$\text{Coeficiente de Similaridade de Jaccard (SJ)} = (c / a + b - c) * 100 \quad (1)$$

A Similaridade de Jaccard indica a proporção de espécies compartilhadas entre as propriedades amostradas em relação ao total de espécies, ou seja, qual o nível de semelhança entre duas ou mais comunidades biológicas. No cálculo do coeficiente, a letra “a” é o número de espécies comuns encontradas nas parcelas dos métodos de manejo; “b” sendo o número total de espécies encontradas em um método específico (ex. CBRA), mas não em outros métodos (ex. HPOS + HPRE + RMEC + SCAP) e “c” como número total de espécies encontradas em outro método específico (ex. HPOS), mas não em outros (ex. CBRA + HPRE + RMEC + SCAP).

Também foi realizada análise de variância (ANAVA) pelo modelo linear generalizado (GLM) usando a família de ligação de Poisson (log) e o teste de qui-quadrado (t), das variáveis riquezas de espécies e teor de matéria orgânica (MO) encontrados nos métodos de manejo nas duas áreas e suas respectivas interações.

## 3 RESULTADOS

As Tabelas 2 e 3 listam as espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) capturadas nas armadilhas “pitfall” nas parcelas dos métodos de manejo das duas propriedades (MK e MM), o número “1” indica a presença e o número “0” ausência. Foram identificadas nas duas áreas, 4 subfamílias, pertencentes a 10 gêneros e 22 espécies. A subfamília Myrmicinae apresentou maior riqueza (14), sendo o gênero o *Pheidole*, o mais representativo em número de espécies (9). As espécies com maiores frequências foram, *Pheidole* sp.2, *Pheidole* sp.1, *Brachymyrmex* sp.1, *Dorymyrmex* sp.1, *Megalomyrmex* sp.1 e *Pheidole* sp.5. Das 22 espécies, 10 foram comuns as duas áreas, 11 espécies foram específicas para MK (*Atta sexdens*, *Camponotus* sp.1, *Ectatomma*

*edentatum*, *Linepithema* sp.1, *Mycetarotes* sp.1, *Pheidole* sp.4, *Pheidole* sp.6, *Pheidole* sp.7, *Pheidole* sp.8, *Pheidole* sp.9 e *Solenopsis* sp.2) e somente uma espécie (*Dorymyrmex* sp.2) foi específica em MM.

Tabela 2 – Presença e ausência de espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) capturadas em armadilhas “pitfall” instaladas em cafeeiros submetidos a diferentes métodos de manejo de plantas daninhas, área MK. Patrocínio – MG, 2019.

Subfamília/Espécies	MK					Frequência
	CBRA	HPOS	HPRE	RMEC	SCAP	
<b>Dolichoderinae</b>						
<i>Dorymyrmex</i> sp.1	0	0	0	0	1	1
<i>Linepithema humile</i>	0	0	1	1	0	2
<i>Linepithema micans</i>	0	1	1	1	0	3
<i>Linepithema</i> sp.1	0	0	1	0	0	1
<b>Ectatomminae</b>						
<i>Ectatomma edentatum</i>	0	0	1	1	0	2
<b>Formicinae</b>						
<i>Brachymyrmex</i> sp.1	0	0	1	1	1	3
<i>Camponotus</i> sp.1	1	1	0	0	1	3
<b>Myrmicinae</b>						
<i>Atta sexdens</i>	1	1	0	0	1	3
<i>Megalomyrmex</i> sp.1	0	1	1	0	1	3
<i>Mycetarotes</i> sp.1	1	0	0	0	0	1
<i>Pheidole</i> sp.1	1	1	0	1	1	4
<i>Pheidole</i> sp.2	1	1	1	1	1	5
<i>Pheidole</i> sp.3	1	0	1	0	0	2
<i>Pheidole</i> sp.4	0	0	1	0	0	1
<i>Pheidole</i> sp.5	1	0	1	1	1	4
<i>Pheidole</i> sp.6	0	0	0	1	0	1
<i>Pheidole</i> sp.7	1	0	0	0	0	1
<i>Pheidole</i> sp.8	1	0	0	0	0	1
<i>Pheidole</i> sp.9	1	0	0	0	0	1
<i>Solenopsis</i> sp.1	1	0	0	0	0	1
<i>Solenopsis</i> sp.2	1	0	0	0	0	1
<b>Nº ESPÉCIES</b>	12	6	10	8	8	44

Na área MK, foram identificadas 4 subfamílias, 10 gêneros e 21 espécies, no qual, *Pheidole* sp.2, *Pheidole* sp.1 e *Pheidole* sp.5 foram mais frequentes nas parcelas experimentais. O cultivo de capim-braquiária (CBRA) apresentou a maior número de espécies (12), média de 4,25 espécies capturadas por parcelas além de 6 espécies capturadas exclusivamente nesse método (*Mycetarotes* sp.1, *Pheidole* sp.7, *Pheidole* sp.8, *Pheidole* sp.9, *Solenopsis* sp.1 e *Solenopsis* sp.2) (Tabela 2). Os métodos, aplicação de herbicida em pós-emergência (HPOS) apresentou menor número de espécies (6), seguido

de roçadas mecânicas (RMEC) e sem capina (SCAP), ambos os métodos com oito espécies capturadas.

Em MM, os número de espécies foram inferiores às encontradas em MK, pois, foram capturadas 3 subfamílias de 6 gêneros e 11 espécies, sendo *Dorymyrmex* sp.1, *Pheidole* sp.2 e *Pheidole* sp.1, as espécies com maior frequência (Tabela 3). Com relação aos métodos, HPOS apresentou a maior número de espécies capturadas (8 espécies), com média de 2,75 espécie por parcela, CBRA apresentou a segunda maior presença de espécies (7 esp.), contudo, apresentou a segunda menor média por parcela (1,75 esp.) (Tabela 3). O menor número de espécies foi encontrado em HPRE. Três métodos apresentaram espécies exclusivas, CBRA (*Pheidole* sp.5), HPOS (*Linepithema micans*) e RMEC (*Pheidole* sp.3).

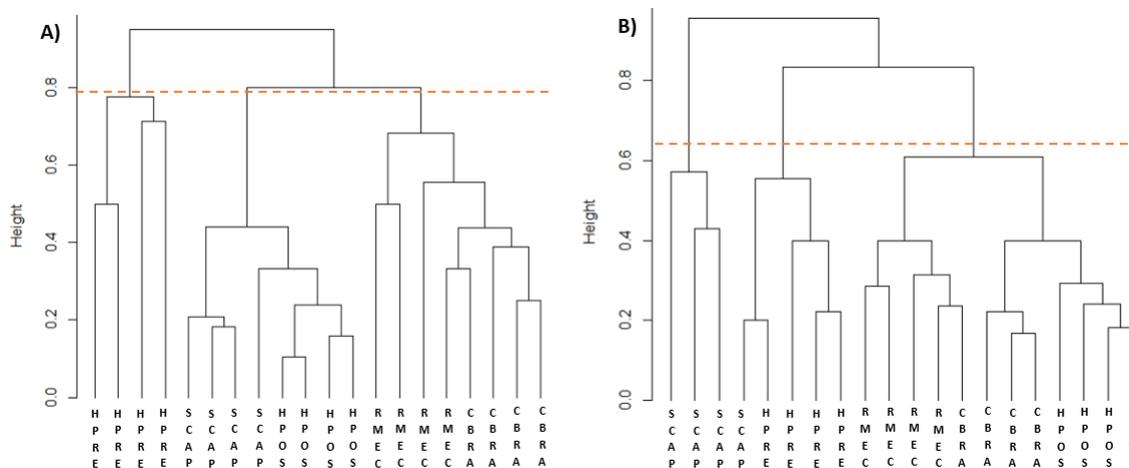
Tabela 3 – Presença e ausência de espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) capturadas em armadilhas “pitfall” instaladas em cafeeiros submetidos a diferentes métodos de manejo de plantas daninhas, área MM. Patrocínio – MG, 2019.

Subfamília/Espécies	MM					Frequência
	CBRA	HPOS	HPRE	RMEC	SCAP	
<b>Dolichoderinae</b>						
<i>Dorymyrmex</i> sp.1	1	1	1	1	1	5
<i>Dorymyrmex</i> sp.2	1	0	1	0	1	3
<i>Linepithema humile</i>	0	1	0	1	0	2
<i>Linepithema micans</i>	0	1	0	0	0	1
<b>Formicinae</b>						
<i>Brachymyrmex</i> sp.1	1	1	0	1	0	3
<b>Myrmicinae</b>						
<i>Megalomyrmex</i> sp.1	0	1	0	0	1	2
<i>Pheidole</i> sp.1	1	1	0	1	1	4
<i>Pheidole</i> sp.2	1	1	0	1	1	4
<i>Pheidole</i> sp.3	0	0	0	1	0	1
<i>Pheidole</i> sp.5	1	0	0	0	0	1
<i>Solenopsis</i> sp.1	1	1	1	0	0	3
<b>Nº ESPÉCIES</b>	7	8	3	6	5	29

Nas duas áreas há divergências em relação ao número de espécies de formigas, o mesmo ocorrendo para os métodos, todavia, procurou-se identificar possíveis relações entre os manejos. Assim, tomou-se os dados de presença e ausência das espécies capturadas em cada área e métodos, assim, aplicou-se o Índice de Similaridade de Jaccard.

Logo, houve similaridade, sendo que, em MK e MM o nível de semelhança entre os métodos atingiu 36,6% e 35,3% respectivamente, uma vez que, de acordo com Mueller-Dombois; Ellenberg (1974) duas ou mais comunidades são consideradas similares quando o Índice de Jaccard é igual ou maior que 25%. Para facilitar o entendimento do nível de semelhança, realizou-se análise de agrupamento hierárquico (Figuras 5A e 5B). No *cluster* de MK (Figura 5A), os métodos de manejo foram separados em três grupos principais: o primeiro grupo foi formado por HPRE, o segundo grupo formado pelos métodos SCAP e HPOS e o terceiro grupo formado pelos métodos RMEC e CBRA. Em MM, o *cluster* (Figura 5B), a similaridade entre os métodos também formou três grupos principais, o primeiro formado por SCAP, o segundo formado por SCAP e HPRE e o terceiro grupo, maior formado pelos métodos RMEC, CBRA e HPOS.

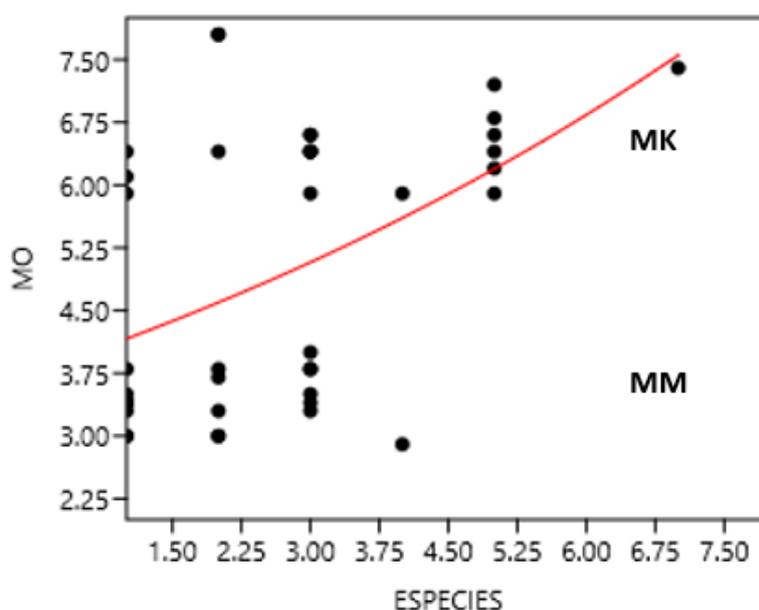
Figura 5 – Agrupamento hierárquico relacionando a riqueza de espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) capturadas em armadilhas “pitfall” instaladas nas propriedades MK (A) e MM (B), em cafeeiros submetidos a métodos de manejo de plantas daninhas, cultivo de capim-braquiária (CBRA), herbicidas em pós (HPOS) e pré-emergência (HPRE), roçadas (RMEC) e controle sem capina (SCAP). Patrocínio – MG, 2019.



Não houve relação entre a riqueza de espécies de formigas e métodos de manejo de plantas daninhas ( $gl = 4$ ,  $p\text{-value} = 0,83$ ), além da interação entre áreas, métodos e teor de matéria orgânica (MO) ( $gl = 9$ ,  $p\text{-value} = 0,77$  – Em MK, CBRA:  $z\text{-value} = -0,397$ ,  $p = 0,691$ ; HPOS:  $z\text{-value} = -0,816$ ,  $p = 0,414$ ; HPRE:  $z\text{-value} = -0,467$ ,  $p = 0,641$ ; RMEC:  $z\text{-value} = -0,721$ ,  $p = 0,471$ ; SCAP:  $z\text{-value} = -0,496$ ,  $p = 0,620$  - Em MM, CBRA:  $z\text{-value} = -0,274$ ,  $p = 0,784$ ; HPOS:  $z\text{-value} = -1,030$ ,  $p = 0,303$ ; HPRE:  $z\text{-value} = -0,470$ ,  $p = 0,638$ ; RMEC:  $z\text{-value} = -0,705$ ,  $p = 0,481$ ; SCAP:  $z\text{-value} = 0,0$ ,  $p = 0,0$ ). Todavia,

para a variável MO, ocorreram diferenças ( $gl=1$ ,  $p\text{-value}=0,005$ ), o que distinguiu as duas áreas, tendo em vista, que dentro de cada área, o teor de MO não diferenciou entre os métodos de manejo: na área MK com maior teor de MO, foram registradas mais espécies de formigas quando comparado à área MM (<MO) (Figura 6).

Figura 6 – Modelo linear generalizados (GLM) da interação entre a riqueza de espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae), métodos de manejo de plantas daninhas e teor de matéria orgânica (MO), nas áreas MK e MM. Patrocínio – MG, 2019.



#### 4 DISCUSSÃO

O manejo dos cafeeiros é uma atividade dinâmica, dependente do local (fatores ambientais) e do perfil tecnológico da propriedade, idades das lavouras e produtividade esperada, diferenciando em cada safra. Para a moderna cafeicultura do Cerrado Mineiro, espaçamentos entrelinhas de plantio facilitam a mecanização, em contrapartida, criam condições para o crescimento e estabelecimento das plantas daninhas. Assim o manejo das plantas daninhas é específico, ou seja, cada propriedade possui um sistema principal de manejo, sendo os sistemas químicos, mecânicos e/ou integrados. Ademais, a amplitude de altitude da Região (800 a mais de 1300 metros), foi fundamental para os diferentes resultados observados nas áreas MK e MM pois, conforme mostrado por Gillette et al. (2015), o número de espécies de formigas arbóreas em cafeeiros muda com a elevação do terreno, podendo tal fato, certamente influenciar na comunidade edáfica.

A propriedade MK está em maior altitude (>1200 metros), possuindo um microclima com maior índice pluviométrico e características edáficas inerentes: acredita-

se que habita um vulcão extinto, conferindo ao solo características vulcânicas (ROLIM NETO et al., 2004) com maior conteúdo de matéria orgânica (Tabela 1). Nessa área, o manejo de plantas daninhas principal é a utilização de herbicida em pré-emergência, conduzido da mesma maneira que o tratamento HPRE da área experimental. A subfamília Myrmicinae apresentou maior número de espécies (14) nessa área, segundo Baccaro et al. (2015), essa subfamília é mais diversa de Formicidae, com imensa variedade morfológica, de estratégias de reprodução, construção dos ninhos, hábitos alimentares e ampla adaptação à ambientes perturbados. Além disso, são apontados como agentes de controle biológico (FERNANDES et al. 2012; MORRIS e PERFECTO, 2016; PACHECO et al. 2017), mas podem causar muitos problemas na saúde humana, pela agressividade, parasitas de outras espécies de formigas e causar prejuízos econômicos, como o gênero *Solenopsis* (PITTS et al. 2018; WANG et al. 2020).

O gênero *Pheidole* (Westwood, 1839) apresentou a maior número de espécies capturadas (9) e maior presença nos métodos de manejo. Esse gênero é caracterizado pela grande diversidade de espécies, cosmopolita, sendo encontrado nos mais diversos ambientes, em colônias grandes e com elevado número de indivíduos (WILSON, 2003). O gênero *Pheidole* segundo Boscadin et al. (2016), apresentou também a maior número de espécie em cultivo de *Eucalyptus grandis* submetidos a diferentes métodos de manejo de plantas daninhas. Esse mesmo gênero também foi dominante em cafeeiros cultivos no México conforme relatado por Perfecto e Vandermeer (2013) e em Ruanda de acordo com Bizumungu e Majer (2019), porém, esses últimos autores ponderam que a dominância de *P. megacephala* contribuiu para uma menor diversidade de outras espécies de formiga.

As formigas apresentam serviços ecossistêmicos de controle biológico de pragas. Em cafeeiros, Jiménez-Soto et al. (2013), mostraram a redução dos danos provocados pela broca-do-café (*Hypothenemus hampei* Ferrari, Coleoptera: Curculionidae) pela ação de formigas dos gêneros *Azteca instabilis* F. Smith e *Pheidole synanthropica*, Gamba (2018) salienta a importância de se manter uma maior diversidade de espécies de formiga objetivando o potencial controle da broca-do-café. A capacidade de exploração de formigas como agente de controle biológicos, também foi demonstrado por Ogogol et al. (2017), para a broca-dos-ramos (*Xylosandrus compactus* Eichhoff, Coleoptera: Scolytidae), no qual, foram observados a redução da população dessa praga em galhos infestados de cafeeiro Robusta por população de formigas do gênero *P. megacephala*. A

cafeicultura brasileira encontra dificuldade em encontrar uma ferramenta efetiva para o controle da broca-do-café. Essa praga, é responsável a cada safra por prejuízos consideráveis. Nosso trabalho mostrou uma tendência de possibilitar maior diversidade de espécies à manutenção de uma cobertura permanente ou não, por meio dos métodos CBRA (maior número de espécie em MK e MM) e RMEC, podendo favorecer os serviços de controle biológico.

Ainda na subfamília Myrmicinae da tribo Attini, destaque-se a presença da espécie cultivadoras de fungos, *Mycetarotes* sp.1 (encontrado no cultivo de capim-braquiária - CBRA), que possuem hábito de não utilizarem tecidos vegetais para cultivos dos fungos (LEAL; SILVA e OLIVEIRA, 2011; RONQUE; FEITOSA e OLIVEIRA, 2019) e *Atta sexdens* (presentes nos métodos CBRA, HPOS e SCAP), que utilizam material vegetal para cultivar fungos, podendo causar prejuízos na agricultura e pecuária pela grande capacidade de corte de biomassa vegetal (BACCARO et al. 2015; WILSON, 1990). São praticamente inexistentes as referências da presença do gênero *Atta* spp. em *Coffea arabica* L., todavia, em campo, são observados ataques de formigas-cortadeiras em cafeeiros, ocorrendo principalmente no período seco (inverno), provavelmente, pela menor reposta dessa espécie à variação de temperatura (> altitude de MK) (DUARTE et al. 2019) e pela diminuição da abundância das espécies vegetais preferidas por essas espécies. Esse fato, segundo Miyashira et al. (2012) é devido a concentração (0,1 a 0,5%) de cafeína presente nas folhas que é tóxico ao fungo mutualístico, mas não para *Atta sexdens*. Dessa forma, a existência do corte das folhas por essa formiga vai depender do teor de cafeína que é variável de acordo com o material genético (cultivares, híbridos e genótipos selvagens) (TEIXEIRA et al. 2012), e nos mostra a importância de manter espécies vegetais nas entrelinhas de plantio dos cafeeiros, como forma de prevenir o ataque.

A espécie *Ectatomma edentatum* (Subfamília Ectatomminae), ocorreu somente em MK nos métodos HPRE e RMEC. Esse gênero de formiga apresenta importância ecológica em ambientes perturbados pelo seu potencial como agente de controle biológico, uma vez que são predadoras dominantes de outras formigas, vespas, lagartas, gastrópodes, dentre outros (ATENCIO; GOEBEL e MIRANDA, 2019; BACCARO et al. 2015; FONTALVO-RODRÍGUEZ e DOMÍNGUEZ-HAYDAR, 2009). E nessa área, as lesmas representaram a terceira maior abundância da fauna capturada e a presença de outras espécies de formigas, correspondendo uma fonte de alimento e por consequência

habitat para o estabelecimento. Com ocorrência em cafeeiros (*E. ruidum* Roger) (URRUTIA-ESCOBAR e ARMBRECHT, 2013), o processo de escavação dos seus ninhos de acordo com Santamaría; Lachaudb e Armbrecht (2020), pode resultar em alterações nas características físicas do solo (superficial e subsuperficial), podendo suceder em benefícios para as plantas vizinhas aos ninhos.

Os representantes da subfamília Formicinae foram os gêneros *Brachymyrmex* (também encontrado em MM) e *Camponotus*, que são formigas que vivem no solo com característica de serem forrageiras, mas podem ser predadoras (ATENCIO; GOEBEL e MIRANDA, 2019; SAAD et al. 2017), apresentar dominância numérica e serem pragas secundárias para algumas culturas, como exemplo os citros. (CARVAL et al. 2016; MARTÍNEZ-FERRER e CAMPOS-RIVELA, 2017). Segundo Alves-Silva et al. (2020), formigas do gênero *Camponotus* por nidificarem o solo, tendem a serem mais tolerantes a distúrbios que outras espécies de formigas, já que, devido ao período de instalação das armadilhas ter ocorrido no período chuvoso, os serviços ecossistêmicos dessas formigas são de predação contra outros artrópodes ou forrageamento de espécies vegetais e da serapilheira formada pelas folhas dos cafeeiros.

A área MM está localizada em menor altitude, com temperaturas levemente mais elevadas que MK. Essa propriedade apresentou menor número de subfamílias e espécies, entretanto, o manejo de plantas daninhas adotado por essa propriedade consiste em roçadas mecânicas das entrelinhas de plantio de forma alternada, objetivando manter a presença de cobertura vegetal durante todo o período que precede a operação de colheita. Isso nos permite pensar na hipótese de uma maior dispersão da fauna além dos limites experimentais, resultando na menor riqueza observada.

Nessa área, as subfamílias Myrmicinae e Dolichoderinae tiveram os maiores números de espécies capturadas (assim como MK). Dessa última subfamília foram encontrados os gêneros *Dorymyrmex* e *Linepithema*. Desse último gênero foram encontradas as espécies *L. humile* (Mayr) conhecido como “formiga-argentina”, uma das espécies invasora mais agressiva e com grande habilidade de exploração (BERTELSMEIER et al. 2015) e *L. micans*, que é conhecida como espécie predominante em vinhedos do sul Brasil e por seu hábito de se alimentar de soluções açucaradas fornecidas por hemípteros e o principal agente de dispersão da praga *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille) (Hemiptera: Margarodidae) nos parreirais (NONDILLO et al. 2013; NONDILLO et al. 2014). As presenças desses gêneros em cafeeiros indicam sua capacidade de

especialização em ambientes perturbados, que favorecem as espécies competitivas e generalistas em detrimento das especializadas (HÖLLDOBLER e WILSON 1990; SAAD et al. 2017). Além disso, não foi capturada nessa área, formigas cortadeiras do gênero *Atta*, mesmo não sendo possível negar a sua existência na área, seria mais plausível crer que mesmo as formigas estando em constante movimentação, pequenos fragmentos de vegetação são utilizados para proteção e obtenção de alimentos (ARENAS-CLAVIJO e ARMBRECHT, 2019).

Para agroecossistemas cafeeiros na Colômbia, sistemas agroflorestais são tidos como promotores de diversidade de mirmecofauna, em função da maior diversidade de habitats (TEODORO et al. 2010). Nesse sentido, Arenas-Clavijo; Armbrecht (2019); Escobar-Ramírez et al. (2020) demonstraram que na cafeicultura a pleno sol (predominante da cafeicultura brasileira) a diversidade ocorre de maneira homogênea com predomínio de espécies generalistas. A diversificação de espécies produtivas tem mais impacto sobre a diversidade que o uso da terra de forma independente. Para a realidade da cafeicultura do Cerrado Mineiro, intensa, moderna e dependente da mecanização, a adoção de sistemas agroflorestais em larga escala se torna inviável. Nesse propósito, o primeiro passo é apresentar referências de parâmetros de diversidade em outros sistemas de uso do solo.

Nesse contexto, a importância da cobertura do solo foi apontada por Dalle Laste; Durigan; Andersen (2019), em que gramíneas e diversidade de plantas lenhosas e herbáceas antevêm a riqueza de espécies de formigas, que nos faz propor para a cafeicultura, a manutenção de vegetação nas entrelinhas de plantio (até a colheita), tendo em vista que, plantas de cobertura (espontâneas ou cultivadas) e seus resíduos abrigam uma elevada diversidade de espécies de artrópodes, podendo ter impactos positivos ou negativos para as culturas (BELLÉ et al. 2020; CROTTY e STOATE, 2019; RANAIVOSON et al. 2017).

Embora exista diversos questionamentos sobre os impactos dos herbicidas sobre fatores bióticos e ambientais (MEFTAUL et al. 2020), sua utilização na cafeicultura ainda é essencial principalmente nas linhas de plantio, evitando a competição. Entretanto, é uma tendência à adoção de sistemas integrados, como a cobertura das entrelinhas. Os benefícios dessa tendência foram demonstrados por Boscardim et al. (2016), em cultivo de eucalipto, no qual, a menor diversidade foi obtida no tratamento das linhas de plantio

com herbicidas, os menores índices estavam nos tratamentos mais drásticos para a manutenção da cobertura nas entrelinhas.

Portanto, a ausência de um método de manejo de plantas daninhas promotor de um maior número de espécies de formigas, indica que o manejo adotado em maior escala na propriedade foi responsável pelos resultados, sendo um fator chave para discriminar as duas áreas. Fernandes et al. (2018); Jabbour et al. (2015) sugerem que a condição inicial do manejo afeta os resultados dos novos sistemas adotados. No caso do presente trabalho, o manejo principal imprimiu forte efeito sobre a área experimental. Essa evidência fica nítida ao se comparar métodos adotados em nossa pesquisa com sistemas dispares de condução. Mesmo com a necessidade de revolvimento do solo para o plantio do capim-braquiária (CBRA) ou manutenção do solo livre de crescimento de qualquer espécie vegetal (HPRE), nada foi superior em atrair as comunidades de formigas. Ocorreu similaridade, o que pôde ser observado ao analisar o agrupamento hierárquico (*cluster*) (Figura 6).

## 5 CONCLUSÃO

Os métodos de manejo com o cultivo de capim braquiária (CBRA) e aplicação de herbicida em pré-emergência (HPRE) em MK, herbicida em pós-emergência (HPOS) e cultivo de capim-braquiária (CBRA) em MM, apresentaram maiores número de espécies capturadas.

O método CBRA apresentou espécies exclusivas nas duas áreas, também apresentando similaridade com o método RMEC.

O teor de matéria orgânica inerente de cada área, não influenciou a distinção entre os métodos de plantas daninhas. A adoção de um manejo principal adotado, ou seja, roçadas em MM e utilização de herbicida pré-emergente em MK, teve maior impacto na diversidade de formigas do solo, que os sistemas específicos de manejo de plantas daninhas.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com os apoios da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

## 6 REFERÊNCIAS

ALVAREZ V. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: **5º Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

ALVES-SILVA, E. et al. To what extent is clearcutting vegetation detrimental to the interactions between ants and Bignoniaceae in a Brazilian savanna? **Journal of Insect Conservation**. v.24, p.103–114, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10841-020-00216-4>>. Acesso: 30 nov. 2020.

AMARAL, G. C.; VARGAS, A. B.; ALMEIDA, F. S. Effects of environmental attributes on the biodiversity of ants under different land uses. **Ciência Florestal**. v. 29 (2), p. 660-672, 2019. Disponível em: <DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509833811>>. Acesso em: 13 jan. 2020.

ARENAS-CLAVIJO, A.; ARMBRECHT, I. Soil ants (Hymenoptera: Formicidae) and ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in a coffee agroforestry landscape during a severe-drought period. **Agroforest System**. v.93, p.1781–1792, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10457-018-0283-x>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

ATENCIO, R.; GOEBEL, F. R.; MIRANDA, R. J. Entomofauna Associated with Sugarcane in Panama. **Sugar Tech**. v.21(4), p.605–618, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12355-018-0661-8>>. Acesso: 30 nov. 2020.

BACCARO, F. B. et al. **Guia para o gênero de formigas do Brasil**. [Guide to the genus of ants in Brazil.]. Ed. Inpa, Manaus, 2015, 388 p.

BAGHEL, J. K. et al. Impacts of conservation agriculture and herbicides on weeds, nematodes, herbicide residue and productivity in direct-seeded rice. **Soil & Tillage Research**, v.201, 104634, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104634>>. Acesso em: 18 dez. 2020.

BELLÉ, C. et al. Multiplication potential of *Meloidogyne arenaria* in weeds found in Brazil. **European Journal Of Plant Pathology**. v.157, p.441–447, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10658-020-02002-z>>. Acesso em: 15 fev. 2021.

BERTELSMEIRE, C. et al. Discovery–dominance trade-off among widespread invasive ant species. **Ecology and Evolution**. v.5(13), p.2673–2683, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/ece3.1542>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

BIGNELL, D. et al. Macrofauna. In: MOREIRA, F. M. S., HUISING, E. J., BIGNELL, D. E. Ed (s) **Manual de Biologia dos Solos Tropicais – Amostragem e Caracterização da Biodiversidade**. Lavras: UFLA, v.1, p. 79-123. 2010.

BIZUMUNGU, G.; MAJER, J. D. The Distribution of Ants in a Rwandan Coffee Plantation and Their Potential to Control Pests. **African Entomology**. v.27(1), p.159–166, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.4001/003.027.0159>>. Acesso: 27 nov. 2020.

BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. Numerical Ecology with R. **Springer-Verlag**, New York, 1st Ed., 2011, 306p.

BOSCARDIN, J.; COSTA, E. C.; DELABIE, J. H. C. Relation between ant communities and environmental quality in *Eucalyptus grandis* submitted to different weedy species control in the south of Brazil. **Entomotropica**. v.29(3), p.173-182, 2014.

BOSCARDIN, J. et al. Effects of different types of weed control on the ant fauna in *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**. v. 26 (1), p. 21-34, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.5902/1980509821062>>. Acesso: 25 nov. 2020.

BRASIL – Instrução Normativa nº 2, de 09 de outubro de 2008. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 out. 2008. Seção 1, p. 71.

CARVAL, D. et al. Dominance in a ground-dwelling ant community of banana agroecosystem. **Ecology and Evolution**. v.6, p.8617–8631, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/ece3.2570>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

CONCEIÇÃO, E. S. et al. Ant Community Evolution According to Aging in Brazilian Cocoa Tree Plantations. **Sociobiology**. v.66 (1), p.33-43, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.13102/sociobiology.v66i1.2705>>. Acesso em: 18 mar. 2020.

CROTTY, F. V.; STOATE, C. The legacy of cover crops on the soil habitat and ecosystem services in a heavy clay, minimum tillage rotation. **Food and Energy Security**. v. 8, e00169, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/fes3.169>>. Acesso em: 07 ago. 2020.

CRUZ, A. F. et al. Cover cropping system and mulching can shape soil microbial status in fruit orchards. **Scientia Agricola**, v. 77 (4), p. e20180316, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1678-992x-2018-0316>>. Acesso em: 17 fev. 2021.

DALLE LASTE, K. C.; DURIGAN, G.; ANDERSEN, A. N. Biodiversity responses to land-use and restoration in a global biodiversity hotspot: Ant communities in Brazilian Cerrado. **Austral Ecology**. v.44, p.313–326, 2019. Disponível em: <<https://doi:10.1111/aec.12676>>. Acesso: 18 nov. 2020.

DAY, J. D.; BISHOP, T. B. B.; SAINT CLAIR, S. B. Fire and plant invasion, but not rodents, alter ant Community abundance and diversity in a semi-arid desert. **Ecosphere**. v. 9 (8), e02344, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/ecs2.2344>> . Acesso em: 08 mar. 2020.

DROSE, W. et al. Local and regional drivers of ant communities in forest-grassland ecotones in South Brazil: A taxonomic and phylogenetic approach. **PLOS ONE**. v.14(4), e0215310, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215310>>. Acesso em: 30 jan. 2020.

DUARTE, B. F. et al.. Effect of temperature on survival and cuticular composition of three different ant species. **Journal of Thermal Biology**. v.80, p.178–189, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.02.005>>. Acesso: 13 nov. 2020.

ENNIS, K. K.; PHILLPOTT, S. M. Seasonal and microhabitat differences alter ant predation of a globally disruptive coffee pest. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v.284, 106597, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106597>>. Acesso em: 06 ago. 2020.

ESCOBAR-RAMÍREZ, S. et al. Decrease in  $\beta$ -diversity, but not in  $\alpha$ -diversity, of ants in intensively managed coffee plantations. **Insect Conservation and Diversity**. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/icad.12417>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

FERNANDES, W. D. et al. Ant Community in Neotropical Agrosystems: A Four-Year Study in Conventional and No-Tillage Systems. **Sociobiology**. v.65(2), p.130-137, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.13102/sociobiology.v65i2.1204>>. Acesso em: 17 jan. 2019.

FERNANDES, W. D. et al. Predation of Fruit Fly Larvae *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) by Ants in Grove. **Psyche**. v. 2012, p. 1-7, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1155/2012/108389>>. Acesso: 04 nov. 2018.

FONTALVO-RODRÍGUEZ, L.; DOMÍNGUEZ-HAYDAR, Y. Ectatomma ruidum (Roger) como indicadora de diversidad de hormigas cazadoras (Hymenoptera: Formicidae) y relación con estructura vegetal en parches de bosque seco del Caribe colombiano. **Intropica**. v.4(1), p.29–39, 2009.

FRIMPONG, J. et al. Evaluating the impact of synthetic herbicides on soil dwelling macrobes and the physical state of soil in an agro-ecosystem. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.156, p. 205-2015, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.034>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

GAMBA, R. M. Myrmecofauna associated to shade grown coffee in Quipile, Cundinamarca, Colombia. **Acta Agronômica**. v.67(4), p 461-470, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.15446/acag.v67n4.71881>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

GARCIA-RUIZ, E. et al. Weeds and ground-dwelling predators response to two different weed management systems in glyphosate-tolerant cotton: A farm-scale study. **PLoS ONE**. v.13(1), e0191408., 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191408>>. Acesso em: 04 abr. 2019.

GILLETTE, P. N. et al. Changes in Species Richness, Abundance, and Composition of Arboreal Twig-nesting Ants Along an Elevational Gradient in Coffee Landscapes. **Biotropica**. v.47(6), p.712–722, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/btp.12263>>. Acesso em: 19 set. 2020.

HEAP I (2020) **International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. Disponível em: <[www.weedscience.com](http://www.weedscience.com)>. Acesso: 10 jan. 2020.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The Ants**. Belknap, Cambridge, MA, 1990, 732 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. 2020. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg\\_iframe.php?codEst=A523&mesAno=2020](http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_iframe.php?codEst=A523&mesAno=2020)>.

ISLAM, F. et al. Potential impact of the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on human and ecosystems. **Environment International**, v.111 p.332–351, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.10.020>>. Acesso: 26 mar. 2020.

JABBOUR, R. et al. Cover crop and tillage intensities alter ground-dwelling arthropod communities during the transition to organic production. **Renewable Agriculture and Food Systems**. v.31(4), p.361–374, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S1742170515000290>> . Acesso em: 15 abr. 2020.

JERNIGAN, A. B. et al. Legacy effects of contrasting organic grain cropping systems on soil health indicators, soil invertebrates, weeds, and crop yield. **Agricultural Systems**. v.177, 102719, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agry.2019.102719>>. Acesso em: 17 ago. 2020.

JEŠOVNIK, A. et al. Ant fauna of annual and perennial crops. **Applied Ecology and Environmental Research**. v.17(6), p.12709-12722, 2019. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1706\\_1270912722](http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1706_1270912722)>. Acesso em: 25 jul. 2020.

JIMENEZ-CARMONA, F.; CARPINTERO, S.; REYES-LOPEZ, J. The digging-in effect on ant studies with pitfall traps: influence of type of habitat and sampling time. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. v.167, p. 906–914, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/eea.12834>>. Acesso: 30 nov. 2020.

JIMÉNEZ-SOTO, E. et al. Hypothenemus hampei (Coleoptera: Curculionidae) and its Interactions with *Azteca instabilis* and *Pheidole synanthropica* (Hymenoptera: Formicidae) in a Shade Coffee Agroecosystem. **Environmental Entomology**. v.42(5), p.915-924, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1603/EN12202>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

KINDT, R., COE, R. Tree diversity analysis: A manual and software for common statistical methods and biodiversity studies. Nairobi: **World Agroforestry Centre**. 2005, 196 p.

LAMI, F. et al. Seed predation intensity and stability in agro-ecosystems: Role of predator diversity and soil disturbance. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v.288, 106720, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106720>>. Acesso em: 18 abr. 2021.

LEAL, I. R.; SILVA, P. S. D.; OLIVEIRA, P. S. Natural History and Ecological Correlates of Fungus-Growing Ants (Formicidae: Attini) in the Neotropical Cerrado Savanna. **Annals Of The Entomological Society Of America**. v.104(5), p.901-908, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1603/AN11067>>. Acesso em: 09 ago. 2018.

- LI, Y., et al. Conservation agriculture practices increase soil microbial biomass carbon and nitrogen in agricultural soils: A global meta-analysis. **Soil Biology and Biochemistry**, v.121, p.50–58, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.02.024>>. Acesso em: 18 abr. 2020.
- MARTINEZ-FERRER, M. T.; CAMPOS-RIVELA, J. M. Diversity, spatial distribution, and sampling for ant management decision-making in integrated pest management programs in citrus groves. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. v.162, p.251–260, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/eea.12535>>. Acesso em: 24 abr. 2019.
- MEFTAUL, I. M.; VENKATESWARLU, K.; DHARMARAJAN, R.; ANNAMALAI, P.; ASADUZZAMAN, M.; PARYEN, A.; MEGHARAI, M. Controversies over human health and ecological impacts of glyphosate: Is it to be banned in modern agriculture? **Environmental Pollution**. v.263, 114372, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114372>>. Acesso: 21 jan. 2021.
- MIYASHIRA, C. H. et al. Influence of caffeine on the survival of leaf-cutting ants *Atta sexdens rubropilosa* and in vitro growth of their mutualistic fungus. **Pest Management Science**. v.68, p.935–940, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/ps.3254>>. Acesso: 03 nov. 2019.
- MORRIS, J. R.; PERFECTO, I. Testing the potential for ant predation of immature coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) life stages. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v.233, p. 224–228, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.09.018>>. Acesso: 06 fev. 2020.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. A. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley, 1974. 547 p.
- NONDILLO, A. et al. Evaluation of Insecticides for the Control of *Linepithema micans* (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**. v.107(1), p.215–222, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1603/EC13255>>. Acesso: 06 fev. 2020.
- NONDILLO, A. et al. Interaction between *Linepithema micans* (Hymenoptera: Formicidae) and *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) in vineyards. **Environmental Entomology**. v.42(3), p.460–466, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1603/EN13004>>. Acesso: 10 fev. 2018.
- OBERPRIELER, S. K.; ANDERSEN, A.; BRABY, M. F. Invertebrate by-catch from vertebrate pitfall traps can be useful for documenting patterns of invertebrate diversity. **Journal of Insect Conservation**. v.23, p.547–554, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10841-019-00143-z>>. Acesso: 06 mai. 2020.
- OGOGOL, R. et al. Interaction of the predatory ant *Pheidole megacephala* (Hymenoptera: Formicidae) with the polyphagous pest *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidea). **Biological Control**. v.104, p.66–70, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.11.002>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; WAGNER, H. (2013) Package 'vegan,'.

OLIVEIRA, D. M. et al. Ant fauna in agroecosystems and their role in agroecological transition. **Revista Verde**. v. 10 (3), p. 01–06, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i3.3161>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

PACHECO, R. et al. Effects of land-use changes on ecosystem services: decrease in ant predation in human-dominated landscapes in central Brazil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. v.162, p.302–308, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/eea.12542>>. Acesso em: 17 out. 2019.

PEREIRA, J. L. et al. Edaphic entomofauna variation depending on glyphosate application in roundup ready soybean crops. **Planta Daninha**. v.36, e018171328, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582018360100110>>. Acesso: 06 fev. 2019.

PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. Ant Assemblage on a Coffee Farm: Spatial Mosaic Versus Shifting Patchwork. **Environmental Entomology**. v.42(1), p.38-48, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1603/EN12107>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

PIELOU, E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections. **Journal of Theoretical Biology**, v.13, p.131-144, 1966. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0)>. Acesso em: 14 jul. 2019.

PITTS, J. P. et al. Revision of the Fire Ants of the *Solenopsis saevissima* Species-Group (Hymenoptera: Formicidae). **Proceedings of the Entomological Society of Washington**. v.120(2), p.308-411, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.4289/0013-8797.120.2.308>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

QUEIROZ, A. C. M. et al. Cerrado vegetation types determine how land use impacts ant biodiversity. **Biodiversity Conservation**. v.29, p.2017–2034, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10531-017-1379-8>>. Acesso: 08 fev. 2020.

RANAIVOSON, L. et al. Agro-ecological functions of crop residues under conservation agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**. v.37(4), 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s13593-017-0432-z>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

REIBOTA, M. S. et al. Climate aspects in Minas Gerais State. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 206-226, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v17i0.41493>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

ROLIM NETO, F. C. et al. Phosphorus adsorption, specific surface, and mineralogical attributes of soils developed from volcanic rocks from the Upper Paranaíba, MG (Brazil). **Revista Brasileira de Ciências Solo**. v.28, p.953-964, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000600003>>. Acesso em: 13 jan. 2020.

RONQUE, M. U. V.; FEITOSA, R. M.; OLIVEIRA, P. S. Natural history and ecology of fungus-farming ants: a field study in Atlantic rainforest. **Insectes Sociaux**. v.66, p. 375–387, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00040-019-00695-y>>. Acesso em: 05 abr. 2021.

SAAD, L. P. et al. Vinasse and Its Influence on Ant (Hymenoptera: Formicidae) Communities in Sugarcane Crops. **Journal of Insect Science**. v.17(1), p.1–7, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/jisesa/iew103>>. Acesso em: 15 out. 2020.

SANTAMARIA, C.; LACHAUD, J. P.; ARMBRECHT, I. Effects of nest building by the dominant hunting ant, *Ectatomma* sp. 2 (*E. ruidum* complex), on Andean coffee plantations. **Pedobiologia - Journal of Soil Ecology**. v.79, 150626, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2020.150626>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

SANTO, F. B. et al. Laboratory and field tests for risk assessment of metsulfuron-methyl based herbicides for soil fauna. **Chemosphere**. v.222, p 645-655, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.145>>. Acesso em: 11 mar. 2020.

SATTLER, C. et al. Pesticides and land cover heterogeneity affect functional group and taxonomic diversity of arthropods in rice agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v.297, 106927, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106927>>. Acesso: 06 fev. 2020.

TEIXEIRA, A. L. et al. Evaluation of the caffeine content in leaves and grains of arabica coffee accessions. **Revista Ciência Agronômica**. v.43(1), p.129-137, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000100016>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

TEODORO, A. V. et al. Seasonal contrasts in the response of coffee ants to agroforestry shade-tree management. **Environmental Entomology**. v.39(396), p.1744–1750, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1603/EN10092>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

URRUTIA-ESCOBAR, M. X.; ARMBRECHT, I. Effect of Two Agroecological Management Strategies on Ant (Hymenoptera: Formicidae) Diversity on Coffee Plantations in Southwestern Colombia. **Environmental Entomology**. v. 42 (2), p. 194-203, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1603/EN11084>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

VUKICEVICH, E. et al. Cover crops to increase soil microbial diversity and mitigate decline in perennial agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**. V.36 (48), p. 2-14, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13593-016-0385-7>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

WANG, L. et al. Prevalence and management of *Solenopsis invicta* in China. **NeoBiota**. v.54, p.89–124, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3897/neobiota.54.38584>>. Acesso: 15 fev. 2021

WILSON, E. O. **Success and dominance in ecosystems: the case of the social insects.**  
Ecology Institute, Oldendorf/Luhe, Germany, 1990, 104 p.



**ARTIGO 4****COMUNIDADE DE BESOUROS TERRESTRES (COLEOPTERA: CARABIDAE) EM CAFEZEIROS SUBMETIDOS A DIFERENTES MÉTODOS DE MANEJO PLANTAS DANINHAS<sup>1</sup>**

Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) communities in coffee under different weeds management method

**Rafael Jorge Almeida Rodrigues<sup>1</sup>, Letícia Maria Vieira<sup>2</sup>, Vanessa Barros<sup>2</sup>, Gladyston Rodrigues Carvalho<sup>3</sup>, Fátima Maria de Souza Moreira<sup>4</sup>, Adenilson Henrique Gonçalves<sup>1</sup>, Giovani Belutti Voltolini<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Agricultura – Universidade Federal de Lavras

<sup>2</sup> Departamento de Ciências Florestais – Universidade Federal de Lavras

<sup>3</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG

<sup>4</sup> Departamento de Ciência do Solo – Universidade Federal de Lavras

**RESUMO**

A utilização de herbicidas é o principal método de controle de plantas daninhas na cafeicultura. Contudo, há uma corrente de conscientização na comunidade cafeeira sobre esse método e seus impactos ambientais. Assim, demandas por pesquisas que utilizem práticas conservacionistas dos recursos naturais, proteção e melhoria da qualidade biológica edáfica são constantes. Nesse sentido, pretendeu-se com esse trabalho avaliar populações de Carabidae (besouros terrestres) por meio de armadilhas tipo “pitfall”, em cafeeiros da Região do Cerrado Mineiro, submetidos a diferentes métodos de controle de plantas daninhas. Foram conduzidos durante o biênio 2017/2019 em duas propriedades cafeeiras identificadas como MK e MM, localizadas no município de Patrocínio-MG. Essas propriedades ficam a 1219 e 938 metros de altitude respectivamente. Os métodos de controle de plantas daninhas foram: cultivo de capim-braquiária (*Urochloa ruziziensis*) (CBRA), aplicações de herbicidas em pré (HPRE) e pós-emergência (HPOS), roçadas mecânica (ROCA) e mato sem capina (SCAP). Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Cada bloco foi formado por parcelas correspondendo a duas entrelinhas de plantio (atuação dos tratamentos) e uma linha de plantio. Realizou-se a instalação das armadilhas “pitfall” no dia 12 de março de 2019, em cada parcela referente a um método de controle de plantas daninhas. Foram colocadas 4 armadilhas, que ficaram instaladas durante 48 horas. Posteriormente, realizou-se a triagem de campo e animais foram acondicionados até sua contagem e identificação. Os dados obtidos pela contagem e identificação das amostras de Carabidae foram submetidos a análise descritiva, diversidade biológica por curva de acumulação e escalonamento multidimensional não métrico (nMDS), análise de variância (ANAVA) utilizando o software R versão 3.6.2, além de análise multivariada permutacional de variância (PERMANOVA) utilizando o software Primer. Nas duas áreas, no total foram identificados 8 gêneros, 11 espécies e 151 indivíduos. As espécies mais abundantes foram *Notiobia* sp.1, *Selenophorus* sp.1 e *Trichopselaphus* sp.1, com 43, 55 e 32 indivíduos

respectivamente. Os métodos que apresentaram maiores riquezas de espécies e abundâncias de indivíduos em ordem decrescente foram ROCA (8 e 40), SCAP (7 e 33), HPRE (5 e 27), CBRA (3 e 27) e HPOS (4 e 24). O método de rarefação, indicou que HPOS em MM e CBRA em MK apresentaram um mínimo de quatro espécies, contudo, pelas análises de variância, permutacional e nMDS não foram encontradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os métodos, havendo somente diferença entre propriedades. Foi constatado que, mesmo não havendo significância entre os métodos, notaram-se maiores abundâncias e riquezas de espécie encontradas em armadilhas instaladas nos métodos de roçada (ROCA) e sem capina (SCAP). A diferença entre propriedades pode estar relacionada ao manejo principal adotado e as características edafoclimáticas inerentes desses locais.

**Palavras-chave:** Pitfall. Herbicida. Capim-braquiária. Roçada. *Selenophorus* sp.. Multivariada.

### ABSTRACT

The use of herbicides is the main method of weed control in coffee growing. However, awareness in the coffee community about this method and its environmental impacts is recurrent. Thus, there is a constant demand for research that uses conservation practices of natural resources, protection and improvement of the edaphic biological quality. Therefore, this work aimed to evaluate the populations of Carabidae (terrestrial beetles) using pitfall traps in coffee trees in the Cerrado Mineiro region, submitted to different weed control methods. They were conducted during the 2017/2019 biennium in two coffee properties identified as MK and MM, located in the municipality of Patrocínio-MG. These properties are at 1219 and 938 meters of altitude respectively. Weed control methods were: Brachiaria grass (*Urochloa ruziziensis*) cultivation (CBRA), herbicide applications in pre (HPRE) and post-emergence (HPOS), mechanical mowing (ROCA) and brush without weeding (SCAP). For this purpose, a randomized block design with four replications was used. Each block was formed by plots corresponding to two planting rows (action of treatments) and one planting row. The installation of pitfall traps was carried out on March 12, 2019, in each plot referring to a weed control method. 4 traps were placed, which remained installed for 48 hours. Subsequently, field screening was performed and the animals were kept until their counting and identification. The data obtained by counting and identifying the samples of Carabidae were subjected to descriptive analysis, biological diversity by accumulation curve and non-metric multidimensional scaling (nMDS), analysis of variance (ANAVA) using the R software version 3.6.2, in addition to analysis permutational multivariate variance (PERMANOVA) using Primer software. In both areas, a total of 8 genera, 11 species and 151 individuals were identified. The most abundant species were *Notiobia* sp.1, *Selenophorus* sp.1 and *Trichopselaphus* sp.1, with 43, 55 and 32 individuals respectively. The methods that presented the highest species richness and abundance of individuals in descending order were ROCA (8 and 40), SCAP (7 and 33), HPRE (5 and 27), CBRA (3 and 27) and HPOS (4 and 24). The rarefaction method indicated that HPOS in MM and CBRA in MK presented a minimum of four species, however, no significant differences were found ( $p > 0.05$ ) between the methods, with only differences between properties. It

was found that, even with no significance between the methods, there was greater abundance and richness of species found in traps installed in the mowing (ROCA) and without weeding (SCAP) methods. The difference between properties may be related to the main management adopted and the inherent edaphoclimatic characteristics of these locations.

**Keywords:** Pitfall. Herbicide; Congo signal grass. Mowing. *Selenophorus* sp.. Multivariate.

## 1 INTRODUÇÃO

A história cronológica da cafeicultura brasileira começa com seu protagonismo econômico e social que perdurou por quase um século, passando por profundas crises em função de fatores climáticos e político-econômicos, até chegar ao contemporâneo período de modernização, caracterizado pela intensificação da mecanização, introdução de novas cultivares mais produtivas e com melhor qualidade de bebida. Essa última demanda crescente dos mercados consumidores, também exige práticas de manejo mais sustentáveis (CHALFOUN; REIS, 2010). Nesse sentido, a proteção dos cafeeiros contra pragas, doenças e plantas daninhas configuram um dos principais desafios para os cafeicultores, pois, fatores climáticos e cambiais elevam o impacto dessas atividades no custo de produção e conseqüentemente, na rentabilidade da atividade.

O controle de plantas daninhas na agricultura demonstra uma preocupação com o aumento de casos de biótipos de resistentes, resultante da intensificação do uso de herbicidas de um mesmo mecanismo de ação nas culturas transgênicas. A utilização de herbicidas também é o principal método de controle de plantas daninhas na cafeicultura. Embora os impactos da resistência de plantas daninhas sejam menores, há em andamento uma corrente de conscientização da comunidade cafeeira sobre os impactos ambientais do uso de herbicidas, em consonância com os preceitos práticos exigidos para sustentabilidade. Assim, demandas por pesquisas que utilizem práticas conservacionistas dos recursos naturais são constantes. Nesse sentido, a manutenção do solo coberto por resíduos ou plantas de cobertura se torna importante ferramenta para proteção melhoria da qualidade biológica edáfica (VUKICEVICH et al., 2016; LI et al., 2018; CRUZ et al., 2020)

Alguns grupos da macrofauna do solo (por exemplo, Coleópteros) são frequentemente usados como bioindicadores para avaliar a qualidade do solo, uma vez que são bastante sensíveis às mudanças ambientais e de manejo, quando comparado as populações microbianas, o que é refletido na abundância e composição da comunidade

(LAVELLE et al., 2006; POSTMA-BLAAUW et al., 2010; MARSHALL; LYNCH, 2020). Carabidae é uma das famílias de coleóptera mais representativas, formadas por espécies terrestres, predadoras e granívoros, ocupando vários nichos ecológicos em ecossistemas naturais e agrícolas (BRUST, 1994; BRANDMAYR, et al., 2013). Esses são frequentemente utilizados para estudos ecológicos comparativos pois, podem ser capturados facilmente por armadilhas tipo “pitfall” (TRIPLEHORN; JONNISON, 2011; JUNG; LEE, 2016), além de responderem a mudança nos ecossistemas, principalmente em perturbações das condições naturais do solo e quando da utilização de produtos químicos (HOLLAND; LUFF, 2000).

Diversos trabalhos citam a ordem Coleóptera como bioindicadores, em função das alterações nos usos e manejos de coberturas dos solos em diversos agrossistemas (FADINI et al., 2001; CIVIDANES; YAMAMOTO; 2002; CIVIDANES; SANTOS-CIVIDANES, 2008; RANDON et al., 2013; MARTINS et al., 2016; PIZZOLOTTO et al., 2018; IRMLER, 2018; SUAREZ et al., 2018), manejo de plantas daninhas e impactos da utilização de herbicidas (MIÑARRO; DAPENA; 2003; GARLET et al., 2015; TANVEER et al., 2015; GARCÍA-RUIZ et al., 2018; GAREAU; VOORTMAN; BARBERCHECK, 2019). Na cafeicultura, poucos são os trabalhos que demonstram a resposta dos coleópteros como indicador de sistemas de manejo (OLIVEIRA et al., 2016) entretanto, nenhum relacionado ao manejo de plantas daninhas ou utilização de herbicidas.

Esse trabalho objetivou avaliar a influência de métodos de controle de plantas daninhas, sobre a densidade das populações de Carabidae (besouros terrestres), em duas propriedades cafeeiras de diferentes altitudes da Região do Cerrado Mineiro.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Descrição da área experimental**

Os ensaios foram instalados e conduzidos nos períodos safras 2017/2018 e 2018/2019, em duas propriedades cafeeiras (Figura 1), localizadas no município de Patrocínio-MG, Denominação de Origem do Cerrado Mineiro, Brasil. O clima do município segundo a classificação Köppen-Geiger é tropical de savana com estação seca no inverno (Aw) (REBOITA et al., 2015), nos últimos dez anos (2010/2019) as médias de temperaturas máximas, mínimas e precipitação de 21,6 °C, 19,82 °C e 1331,3 mm respectivamente (INMET, 2020).

Provindo de a uma propriedade cultivada com 70 hectares da espécie *Coffea arabica*, a primeira área experimental está na propriedade Montanari III, de propriedade dos cafeicultores João Batista Montanari e Marcelo Montanari (MM). É localizada em talhão com coordenadas 18°51'11.69"S e 47°05'33.64"W, área total de 44 hectares, altitude de 938 metros, plantada com a cultivar Mundo Novo IAC 379/19, espaçamento de plantio de 4,0 metros entrelinhas e 0,66 metros entre plantas e idade de cinco safras (Figura 1A). A soma da precipitação no período de condução dos métodos herbicidas (biênio 2017/2019) somou-se 3114,2 mm (média safra de 1557 mm).

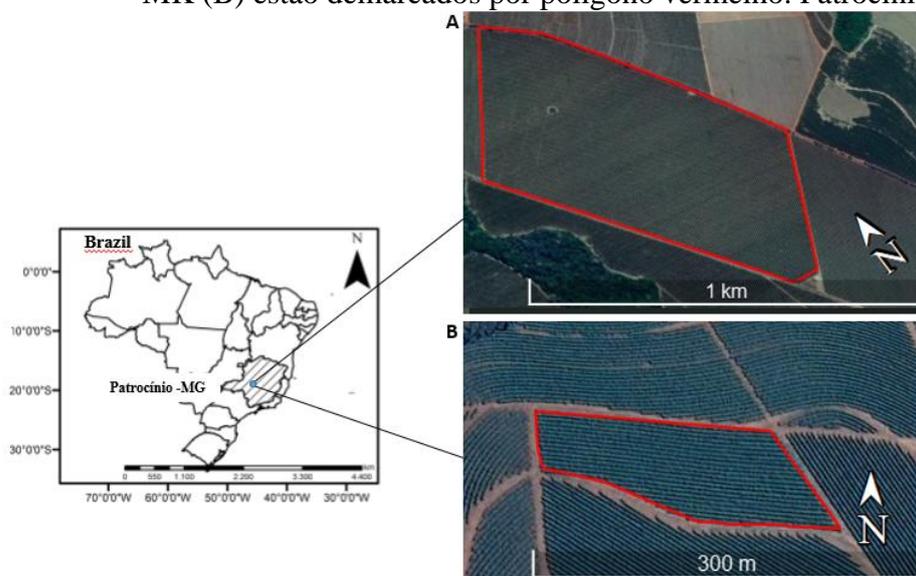
A segunda área experimental, localizada na propriedade Porta do Céu, do cafeicultor Marcos Cezar Miaki (MK), é plantada com 334 hectares também de *Coffea arábica*. A área experimental está localizada nas coordenadas 18°53'04.04"S e 46°50'44.31"W, área total do talhão de 38 hectares, altitude de 1219 metros, plantada com a cultivar Catuai Vermelho IAC 99, espaçamento de plantio de 4,0 metros entrelinhas e 0,70 metros entre plantas e idade de dezesseis safras (Figura 1B). A soma da precipitação no período de condução do experimento (biênio 2017/2019) somou-se 3493,5 mm (média safra de 1746,75 mm), sendo tal volume 10,86% superior a MM.

## **2.2 Delineamento experimental e descrição dos métodos de controle de plantas daninhas.**

As implantações dos experimentos com os métodos herbicidas ocorreram em novembro de 2017 e reaplicados em novembro de 2018, objetivando manter as condições similares no decorrer da duração das avaliações. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Cada bloco foi formado por parcelas, correspondendo a duas entrelinhas de plantio (atuação dos tratamentos) e uma linha de plantio, dimensões de 8,0 metros de largura (duas entrelinhas) e 20,0 metros de comprimento, perfazendo área útil de 160 m<sup>2</sup>, totalizando 40 parcelas, 80 unidades amostrais e 6.400 m<sup>2</sup>. As bordaduras dos blocos foram compostas por linhas de plantio paralelas as entrelinhas dos tratamentos.

De acordo com os resultados da análise granulométrica, os solos das áreas MM e MK, possuem 41% e 43,5% de argila respectivamente, texturalmente classificados como solos "tipo 3" ou argilosos (BRASIL, 2008). Os resultados analíticos dos parâmetros químicos das entrelinhas plantio estão na Tabela 1.

Figura 1 – Vista área dos campos experimentais, os talhões das propriedades MM (A) e MK (B) estão demarcados por polígono vermelho. Patrocínio-MG, 2020.



Fonte: Google Earth, 2020.

Tabela 1 – Resultados dos parâmetros químicos dos solos das entrelinhas de plantio das duas áreas experimentais (MM e MK). Patrocínio- MG, 2017.

Determinação	Unidade	MM	MK
Mat. Orgânica	dag/kg	3,7	5,7
pH (água)	unid.	6,0	6,2
P (Mehlich <sup>-1</sup> )	mg/dm <sup>3</sup>	2,2	10,6
K (Mehlich <sup>-1</sup> )	mg/dm <sup>3</sup>	232,0	167,0
Ca (KCl <sup>-1</sup> mol/L)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	3,6	5,1
Mg (KCl <sup>-1</sup> mol/L)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	1,1	2,9
Al (KCl <sup>-1</sup> mol/L)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	0,0	0,0
H + Al (Acet. de cálcio)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	3,0	3,8
S.B (Sama de bases)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	5,29	8,43
C.T.C. (T)	Cmolc/dm <sup>3</sup>	8,29	12,23
V% (Sat. de bases)	%	64,0	69,0
P-rem	mg/dm <sup>3</sup>	18,3	16,1
S (F. mon.. ac. acet.)	mg/dm <sup>3</sup>	28,0	24,0
B (água quente)	mg/dm <sup>3</sup>	0,4	0,5
Zn (Mehlic <sup>-1</sup> )	mg/dm <sup>3</sup>	1,9	6,1
Mn (Mehlic <sup>-1</sup> )	mg/dm <sup>3</sup>	19,3	14,9
Cu (Mehlic <sup>-1</sup> )	mg/dm <sup>3</sup>	3,6	1,6
Fe (Mehlic <sup>-1</sup> )	mg/dm <sup>3</sup>	56,0	67,0

Objetivando evitar a matocompetição entre cafeeiros e plantas daninhas nas linhas de plantio, foi realizado o controle químico com aplicação de glyphosate (1440 g e. a. h<sup>-1</sup>) nas linhas de plantio, ou seja, na projeção da copa dos cafeeiros em todos os tratamentos.

Os métodos de plantas daninhas testados e as respectivas siglas e são descritos a seguir:

- a) Cultivo intercalar (CBRA) - cultivo intercalar de capim-braquiária (*Urochloa ruziziensis* (R. Germ & Evrard): as sementeiras das sementes ocorreram no início do período chuvoso precedida de gradagem (Figura 2A). Após a maturação das sementes procedeu-se o corte utilizando roçadeiras mecânicas com largura de corte de 152 cm.
- b) Herbicida em pós-emergência (HPOS): utilização de herbicidas glyphosate (1440 g e. a. h<sup>-1</sup>) em pós-emergência das plantas daninhas (Figura 2B), utilizando implemento pulverizador Arbus® 400 com barra para aplicação de herbicida conjugado, composto de 4 pontas de pulverização (duas centrais de jato plano 11002 e duas laterais de jato defletor de ângulo grande, estes últimos eram fechado para que a calda atingisse somente as entrelinhas de plantio), acoplado ao trator e volume de calda regulado para 200 l ha<sup>-1</sup>. A medida que as plantas daninhas atingiam 30 cm de altura o tratamento era realizado novamente, configurando de duas a três aplicações por safra
- c) Herbicida em pré-emergência (HPRE): utilização do herbicida indaziflam (75 g i.a. h<sup>-1</sup>) em pré-emergência (Figura 2C), em aplicação única no período entre novembro/dezembro de cada ano. Os equipamentos utilizados para aplicação e o volume de calda são os mesmos do herbicida em pós-emergência.
- d) Roçada (ROCA): roçadas com uso de implemento triturador denominado “trincha” possuindo nove martelos e largura de corte de 140 cm (Figura 2D), acoplado ao trator, perfazendo de três a quatro operações por safra. Utilizou-se também o parâmetro de 30 cm de altura de plantas daninhas para a repetição das operações de roçada durante a safra.
- e) Sem capina (SCAP) - manutenção da população de planta daninhas em livre crescimento, ou seja, nenhum método de manejo adotado (Figura 2E).

Figura 2 – Métodos de controle de plantas daninhas, cultivo de capim-braquiária (*Urochloa ruziziensis*) (A), aplicação de herbicidas em pós (B) e pré-emergência (C), roçada mecânica (D) e plantas espontâneas (E). Patrocínio-MG, 2020.



Fonte: Do autor

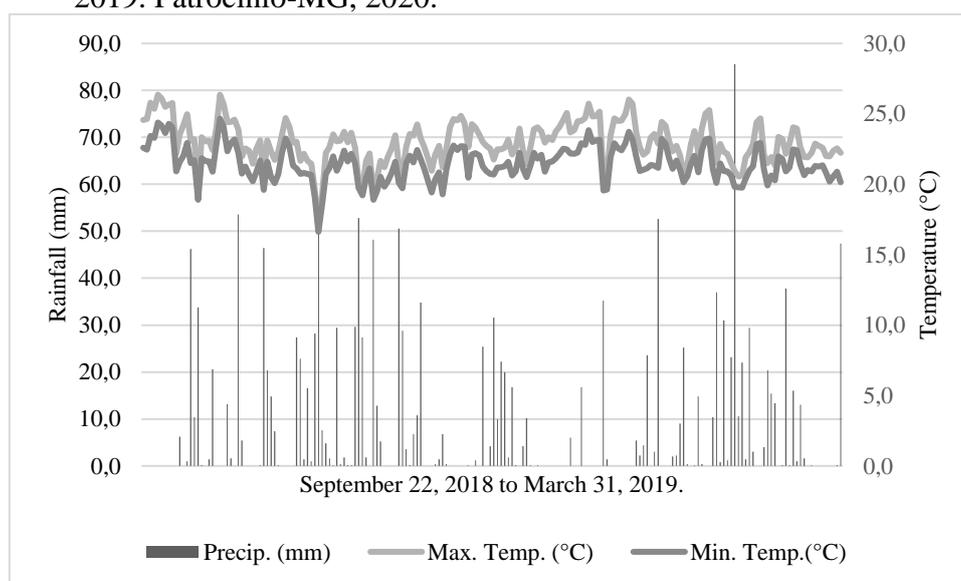
### 2.3 Instalação e processamento das armadilhas tipo “pitfall”

Foram instaladas armadilhas “pitfall” no dia 12 de março de 2019, configurando a parte final do verão, ou seja, o período chuvoso. Da implantação dos métodos de manejo de plantas daninhas até a instalação das armadilhas se passaram 17 meses. Os dados climáticos no período de 22 de setembro de 2018 a 20 de março de 2019 são provenientes da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), localizada em Patrocínio-MG, nas coordenadas 18°59’48.04’’S e 46°59’09.57’’W, estão na Figura 3.

As armadilhas eram compostas por potes plásticos com capacidade de 1 litro. Adicionou-se em cada armadilha 200 ml de solução salina (NaCl) a 10% p/v com algumas gotas de detergente, essa solução teve como objetivo imobilizar e preservar a maioria dos animais capturados (BIGNEL et al., 2010). Com o auxílio de uma cavadeira manual, em cada parcela dos tratamentos foram instaladas quatro armadilhas (duas em cada entrelinha) (Figura 4), totalizando dezesseis armadilhas por tratamento e oitenta em cada área experimental. As armadilhas ficaram no campo durante 48 horas. Durante a permanência no campo, choveu um acumulado de 13,4 mm na área MM e 19 mm MK,

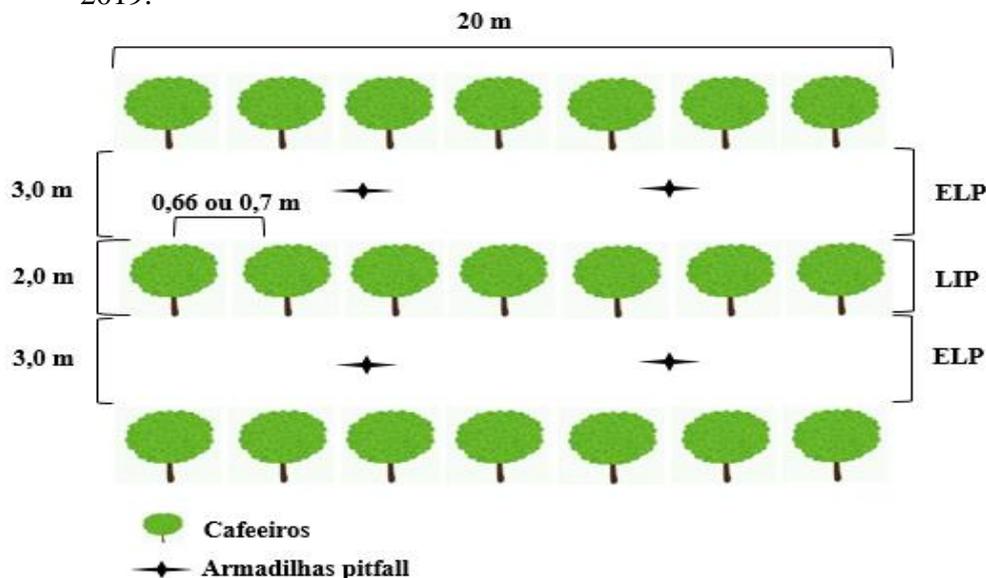
com isso, foi feito monitoramento com objetivo de evitar o risco de transbordamento. Se passado 48 horas, os pitfalls foram retirados e, com o auxílio de uma peneira plástica de tela fina com diâmetro de 16 cm e uma pisseta com água, procedeu-se a triagem de campo, retirando impurezas. Posteriormente, os animais foram acondicionados em potes de coleta universal com álcool 70% para conservação e encaminhados para o laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras, onde permaneceram sobre refrigeração até o proceder da segunda triagem. No laboratório, os animais foram separados de acordo com os táxons ordem/família e acondicionados em tubos de centrifugação com capacidade de 15 ml de fundo cônico com álcool. Em seguida, os besouros carabídeos foram contados e identificados pela especialista Dr. Letícia Maria Vieira (DCF/UFLA).

Figura 3 – Dados climáticos de Precipitação (mm) e Temperatura máxima e mínima média (°C) referente ao período de 22 de setembro de 2017 a 20 de março de 2019. Patrocínio-MG, 2020.



Fonte: INMET-MAPA, 2020.

Figura 4 – Esquematização da implantação das armadilhas “pitfall” nas entrelinhas de plantio (ELP) das parcelas experimentais, em cafeeiros. Patrocínio – MG, 2019.



Fonte: Do autor.

## 2.4 Variáveis respostas e análises dos dados.

Os dados obtidos pela contagem e identificação das amostras de Carabidae foram submetidos a análise descritiva, diversidade biológica por curva de acumulação e escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) utilizando os pacotes Vegan (OKSANEN et al., 2019) e BiodiversityR (KINDT; COE, 2005) e análise de variância (ANAVA) utilizando o software R versão 3.6.2, além de análise multivariada permutacional de variância (PERMANOVA) utilizando o software Primer.

## 3 RESULTADOS

Os resultados de identificação e abundância das espécies de Carabidae encontrados nas parcelas contendo os métodos de controle de plantas daninhas e suas respectivas propriedades estão na Tabela 2. Nas duas áreas, no total foram identificados 8 gêneros, 11 espécies e 151 indivíduos. As espécies mais abundantes foram *Notiobia* sp.1, *Selenophorus* sp.1 e *Trichopselaphus* sp.1, com 43, 55 e 32 indivíduos respectivamente.

Na área MM, foram identificados 4 gêneros, 6 espécies e 82 indivíduos, as espécies com maiores abundâncias e seus respectivos números de indivíduos em ordem decrescente foram: *Selenophorus* sp.1 (47); *Notiobia* sp.1 (26); *Polpochila* sp.1 (4);

*Trichopselaphus* sp.1 (4) e *Selenophorus* sp.2 (1) (Tabela 2). Em relação aos métodos de controle de plantas daninhas, a roçada (ROCA) apresentou o maior número de indivíduos (28) e a maior riqueza de espécies (4), seguido do cultivo de capim-braquiária (CBRA) com 23 indivíduos e herbicida em pré-emergência com 18 indivíduos. Em ambos os métodos foi observada a presença de 3 espécies. Já nos métodos sem-capina (SCAP) e herbicida em pós-emergência (HPOS) observou-se as menores abundâncias (9 e 4 respectivamente) e riquezas de espécies (2). Das duas espécies mais abundantes dessa área, 42,55% da população capturada de *Selenophorus* sp.1 foram encontrados nas parcelas de ROCA, da população de *Notiobia* sp.1, 34,6% foram capturados nas parcelas de CBRA, seguidos de HPRE e ROCA com 26,9% e 23,07%.

Em MK, foram identificados 8 gêneros, 10 espécies e 69 indivíduos, as espécies com maiores abundâncias e seus respectivos números de indivíduos em ordem decrescente foram: *Trichopselaphus* sp.1 (28); *Notiobia* sp.1 (20); *Selenophorus* sp.1 (8); *Abaris* aff. *basistriata* (6); *Pseudoanisotarsus* sp. (2); *Gallerita* aff. *collaris*, *Loxandrus* sp., *Notiobia* sp.2, *Polpochila* sp. e *Trichopselaphus* sp.2 (1) (Tabela 2). Nessa área ocorreu o inverso de MM, pois, o método SCAP apresentou as maiores riquezas de espécies (7) e abundâncias (24). O método ROCA possuiu a segunda maior riqueza (5) e a terceira maior abundância (12). O método HPOS apresentou a terceira maior riqueza de espécie (4) e a segunda maior abundância (20). Observou-se nos métodos HPRE e CBRA as menores abundâncias (9 e 4 respectivamente) e riquezas (3 e 2 respectivamente). Da população de *Trichopselaphus* sp.1, 42,9% foram capturados em HPOS, de *Notiobia* sp.1, 60% foram capturados em SCAP.

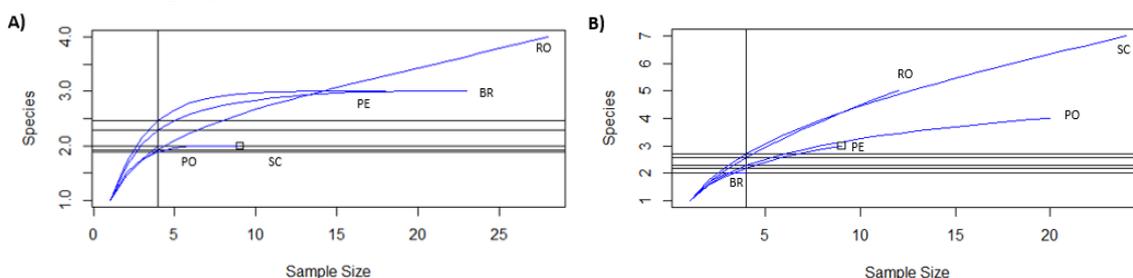
Tabela 2 – Espécies de Coleóptero família Carabidae capturados em armadilhas “pitfall” instaladas em cafeeiros submetidos aos métodos de controle de plantas daninhas, cultivo de capim-braquiária (BR), herbicidas em pós (PO) e pré-emergência (PE), roçadas (RO) e controle sem capina (SC). Patrocínio – MG, 2019.

Espécies	MM						MK						Geral
	CBRA	HPOS	HPRE	ROCA	SCAP	Total	CBRA	HPOS	HPRE	ROCA	SCAP	Total	
<i>Abaris aff. basistriata</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	6	6
<i>Galerita aff. collaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Loxandrus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
<i>Notiobia sp.1</i>	9	1	7	6	3	26	2	5	0	1	12	20	43
<i>Notiobia sp.2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Polpochila sp.</i>	3	0	0	1	0	4	0	0	0	0	1	1	8
<i>Pseudoanisotarsus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2
<i>Selenophorus sp.1</i>	11	3	7	20	6	47	2	1	0	0	5	8	55
<i>Selenophorus sp.2</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Trichopselaphus sp.1</i>	0	0	4	0	0	4	0	12	6	7	3	28	32
<i>Trichopselaphus sp.2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Nº de indivíduos	23	4	18	28	9	82	4	20	9	12	24	69	151
Nº de espécie	3	2	3	4	2	5	2	4	3	5	7	10	11

Das espécies encontradas nas duas áreas, 4 foram comuns, sendo essas, *Notiobia* sp.1, *Polpochila* sp.1, *Selenophorus* sp.1 e *Trichopselaphus* sp.1 e dessas espécies em comum *Notiobia* sp.1 apareceu em maiores abundâncias nas duas áreas. A espécie *Selenophorus* sp.2 apareceu somente em MM e as espécies *Abaris* aff. *basistriata*, *Gallerita* aff. *collaris*, *Loxandrus* sp, *Notiobia* sp.2, *Pseudoanisotarsus* sp. e *Trichopselaphus* sp.2 ocorreram em MK. De maneira conjunta entre propriedades, os métodos que apresentaram maiores riquezas de espécies e abundâncias de indivíduos em ordem decrescente foram ROCA (8 e 40), SCAP (7 e 33), HPRE (5 e 27), CBRA (3 e 27) e HPOS (4 e 24). Nenhuma espécie foi encontrada de modo exclusivo nas parcelas dos métodos herbicidas (HPRE e HPOS), porém, as espécies *Gallerita* aff. *collaris*, *Loxandrus* sp., *Notiobia* sp.2, *Polpochila* sp., *Selenophorus* sp.2, *Trichopselaphus* sp.2, ocorreram nos métodos que não utilizam herbicidas (CBRA, ROCA e SCAP).

Pela curva de rarefação (Figura 5), é possível afirmar que MK área possuiu maior riqueza de espécie, conquanto, MM maior abundância de indivíduos. Em comum, as duas áreas apresentaram um mínimo de quatro indivíduos capturados em cada parcela, sendo que isso ocorreu no método HPOS da área MM (Figura 5A) e CBRA em MK (Figura 5B).

Figura 5 – Curvas de rarefação individuais mostrando a riqueza de espécies e número de indivíduos de Coleóptero família Carabidae, capturados em armadilhas pitfall em cafeeiros submetidos a diferentes métodos de controle de plantas daninhas nas propriedades MM (A) e MK (B). Patrocínio – MG, 2019.



A Tabela 3, apresenta os resultados da análise de variância (ANOVA), analisando as três espécies mais abundantes capturadas e suas interações com os métodos de controle de plantas daninhas e nas propriedades (MK e MM). Foram observadas diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para o fator “propriedade”, onde a área MM foi superior a MK, com maior abundância para a espécie *Selenophorus* sp.1 e MK superior para a espécie *Trichopselaphus* sp.1. Houve interação significativa para a espécie *Notiobia* sp.1 entre métodos de controle de plantas daninhas e propriedades somente para o método HPRE, em que novamente MM foi superior a

MK. Dentro de cada propriedade não foram encontradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos.

Tabela 3 - Quadrados médios das espécies *Selenophorus* sp.1, *Notiobia* sp.1 e *Trichopselaphus* sp.1, assim como as fontes de variação (FV), método (M), propriedade (P), sua interação (M x P), bloco, resíduo e seus respectivos graus de liberdade (GL). Patrocínio – MG, 2019.

FV	GL	<i>Selenophorus</i> sp.1	<i>Notiobia</i> sp.1	<i>Trichopselaphus</i> sp.1
Métodos (M)	4	4,68 (0,25) <sup>NS</sup>	0,7 (0,22) <sup>NS</sup>	2,8 (0,28) <sup>NS</sup>
Propriedade (P)	1	38 (2,63)*	0,9 (0,41) <sup>NS</sup>	15,6 (0,2)*
M x P	4	7,2 (0,44) <sup>NS</sup>	2,2 (0,8)*	2,7 (0,27) <sup>NS</sup>
Bloco	3	9,7 (0,71) <sup>NS</sup>	2,7 (0,25) <sup>NS</sup>	5,2 (0,5) <sup>NS</sup>
Resíduo	27	5,6 (0,3)	2,5 (0,26)	2,5 (0,26)
CV%		39,18	44,31	51

NS: não significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade / Valores entre parêntese correspondem às transformações de raiz quadrada.

Em função das diferenças entre as comunidades capturadas em cada propriedade, procuramos realizar análise multivariada permutacional de variância (PERMANOVA), comparando em um primeiro estudo os métodos de controle de plantas daninhas e no segundo estudo, dividir esses cinco métodos em duas formas de manejo, ou seja, os que mantem parcial ou totalmente a cobertura das entrelinhas com vegetação (CBRA, ROCA e SCAP) e os que utilizam herbicida (HPRE e HPOS). A PERMANOVA indicou que não houve diferença entre os métodos de controle de plantas, assim como para os manejos com e sem herbicidas. Contudo, foi constatado que existem diferenças entre as comunidades de Carabidae capturadas nas armadilhas ‘pitfall’ entre as propriedades (Tabela 4).

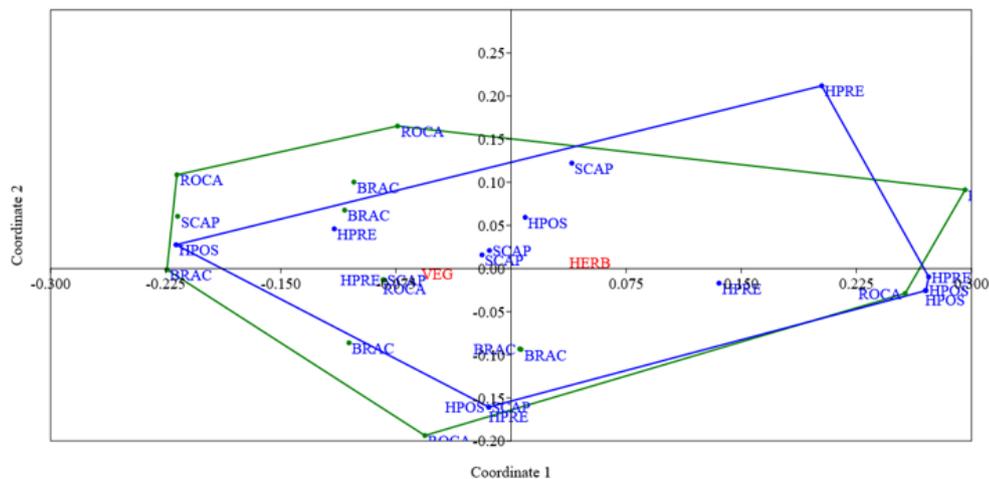
Tabela 4 – Resultados da PERMANOVA com base na matriz de similaridade de Bray-Curtis para comunidade de Carabidae capturadas em armadilhas “pitfall” instaladas em entrelinhas de duas propriedades cafeeiras, submetidos a métodos de controle de plantas daninhas, assim como as fontes de variação, graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM), F (psuedo) e o valor-p (*P*). Patrocínio – MG, 2019.

Fonte de variação	GL	QM	F (psuedo)	<i>p</i>
Métodos (M)	4	2319	1,14	0,325 <sup>NS</sup>
Propriedade (P)	1	14550	7,18	0,03*
M x P	4	1774,7	0,88	0,543 <sup>NS</sup>
Resíduo	19	2027		
<b>Total</b>	<b>28</b>			
Fonte de variação	GL	QM	F (psuedo)	<i>p</i>
Propriedade (P)	1	16332	8,62	0,01*
Manejo (A)	1	4767,4	2,51	0,072 <sup>NS</sup>
P x A	1	1373,2	0,72	0,523 <sup>NS</sup>
Resíduo	25	1895,3		
<b>Total</b>	<b>28</b>			

(\*) indicam variação significativa para  $p < 0,05$ .

Os resultados do nMDS nos ajudam a explicar, graficamente, os resultados da PERMANOVA, ou seja, pela dispersão dos dados não é possível distinguir a predominância de qualquer método adotada sobre as comunidades de Carabidae capturadas, mesmo que esses métodos sejam divididos em os que utilizem ou não herbicidas (Figura 6).

Figura 6 – Escalonamento multidimensional não métrico (nMDS), aplicados sobre a matriz de similaridade de Bray Curtis, elaborado a partir da comunidade de Carabidae capturados em armadilhas ‘pitfall’ em duas propriedades cafeeiras submetidos a métodos de controle de plantas daninhas. Patrocínio – MG, 2019.



Legenda: Cultivo de capim-braquiária (BRAC), aplicações de herbicida em pré (HPRE) e pós-emergência (HPOS), roçadas (ROCA) e sem capina (SCAP). O polígono em azul indicam a dispersão dos métodos que utilizam herbicidas e o polígono em verde os que não utilizam herbicidas.

#### 4 DISCUSSÃO

As negativas em distinguir a interferência dos métodos de controle de plantas daninhas nos mostram que, são um conjunto de fatores inerentes de cada propriedade que influencia na comunidade de besouros carabídeos em cafeeiros na Região do Cerrado Mineiro. Mesmo localizadas no município de Patrocínio-MG, essas propriedades possuem relações específicas entre seus microclimas ( $\neq$  de altitudes) e características edáficas, assim como práticas de manejo heterogêneas, como os regimes de fertilizações e do controle de pragas e doenças, baseados nas demandas vegetativas e produtivas, que no caso dos cafeeiros são variáveis em cada safra.

Cada propriedade possui seu sistema principal de manejo de plantas daninhas e procuramos nesse trabalho contrapor os métodos mais adotados na cafeicultura contra o manejo predominantes desses locais. A manutenção das linhas de plantio livre da competição com plantas daninhas e os carabídeos sendo besouros epígeos de elevada mobilidade, a predominância de um método de controle de plantas daninhas certamente é um fator contribuinte para a diversidade, que segundo Hanson et al., 2016, as grandes capacidades de dispersão dos besouros terrestres contrabalançam as influências locais provocada por sistemas de manejos do solo.

A área MM, maneja as plantas daninhas principalmente por meio de roçadas mecânicas, alternando o corte nas entrelinhas, objetivando manter a vegetação espontânea em todo o período que precede a colheita. Consequentemente, o método ROCA, apresentou a maior abundância e riqueza de espécies nessa propriedade, sendo um indicativo que a adoção de um sistema principal de manejo tende a ser mais representativa que nas parcelas experimentais. Muitos animais se abrigam e procuram alimentos sob vegetação de plantas daninhas. Esses locais são ideais para a captura de predadores polípagos, de acordo Matta et al., (2017) algumas espécies de carabídeos como *Selenophorus alternans* e *S. discopunctatus*, apresentaram maiores abundâncias em fragmentos de plantas daninhas e que o seu hábito alimentar associado a material vegetal, o que elucida a maior densidade desse gênero observada em MM.

A propriedade MK está em maior altitude, possuindo um microclima inerente, com o maior índice pluviométrico. Soma-se a isso, o seu maior conteúdo de matéria orgânica, e isso certamente contribuiu para maior riqueza de espécie encontrada, pois, segundo Sadej et al., (2012), maiores diversidades de besouros terrestres são favorecidas por solos com maiores teores de C orgânico e nitrogênio. Essa propriedade está em maior altitude (>1200 m), localizada em uma microrregião onde se acredita habitar um vulcão extinto, conferindo ao solo

a característica vulcânica (ROLIM NETO et al., 2004). Fatores como diferenças de temperaturas, precipitações e diversidade de vegetação em diferentes altitudes, podem restringir as comunidades de besouros carabídeos (HODKINSON 2005), Maveety; Browne e Erwin (2011), sugere que a altitude tem influência na densidade dos besouros, como exemplo, no nosso trabalho a espécie *Notiobia* sp.1 foi predominante nas duas faixas de altitude, *Selnophorus* sp.1 predominante em MM e *Trichopselaphus* sp.1 e *T.* sp.2 predominante na área com maior altitude.

Os métodos ROCA e SCAP possuem como característica em comum a diversidade de plantas espontâneas, onde é possível encontrar nessas áreas espécies que estão em diferentes estágios vegetativos e reprodutivos, além de servirem de abrigo para diversos tipos de animais. Algumas espécies de Carabidae mostram diferentes estratégias alimentares, como zoofagia (predatória), fitofagia (ingestão de sementes) e polifagia (zoofitofagia) (PIZZOLOTTO, 2018). Assim, as comunidades de plantas espontâneas disponibilizam uma maior variedade de recursos alimentares, abrigo e microclima favorável (GAREAU; VOORTMAN; BARBERCHECK, 2019; KULKARNI; DOSDALL; WILLENBORG, 2015). Nesse contexto, Cividanes et al., (2018), observou que a maior diversidade de carabídeos foi encontrada em bordaduras com presença de plantas daninhas de campos de produção de grãos e fragmentos florestais, McKenzie et al., (2016), preconizam que roçadas e plantas daninhas servem como filtros biológicos, ou seja, apresentam especificidade com algumas espécies de besouros terrestres.

Plantas com elevada capacidade de cobertura permanente influenciam positivamente a atividade dos besouros terrestres (MACLEOD et al., 2004). Nesse propósito, devido sua característica de rápido crescimento e elevada produção de folhas, o capim-braquiária (*Urochloa decumbens* e *U. ruziziensis*), principal espécie de cobertura utilizada na cafeicultura, apresenta condições favoráveis para servirem de abrigo aos besouros, o que é explicado pelos resultados desse método em MM e segundo Barbosa et al. (2016), as sementes dessa forrageira são utilizadas para compor a dieta de *Selenophorus seriatoporus* Putzeys (Coleoptera: Carabidae), Gareau; Voortman; Barbercheck (2019), sinalizaram que gramíneas em cobertura fornecem recursos, como presas ou estrutura de habitat.

O hábito de os besouros se alimentarem das sementes das plantas herbáceas, configuram uma importante ferramenta de controle biológico de plantas daninhas (LAMI et al., 2020). Nesse sentido, Honek; Martinkova e Jarosik (2003); Frei et al., 2019, sugerem que a predação de sementes pode ser um componente efetivo do controle e regulação do banco de sementes de

plantas daninhas em baixas densidades. Mesmo com a crescente preocupação pelos produtores sobre o uso de defensivos agrícolas, a utilização de herbicidas ainda é o principal método de controle de plantas daninhas na cafeicultura. A alta mobilidade dos besouros terrestres e a preferência de algumas espécies pelo solo exposto (LINDROTH, 1985), explica a não existência de efeitos nocivos dos métodos HPRE e HPOS. Todavia, o fator manejo da propriedade deve ser analisado pois, *Notiobia* sp.1 não foi capturada no método HPRE da propriedade MK, justamente sendo esse método o principal sistema de manejo dessa propriedade, o contrário não ocorrendo em MM, onde a presença de vegetação ultrapassou os limites do experimento.

A capacidade de predação de sementes de *Amaranthus quitensis* (*hybridus*) por *Notiobia cupripennis* foram demonstrados por NISENSOHN et al., (2009), em que as maiores taxas populacionais e de predação foram observadas no verão do hemisfério sul, o que é corroborado por Garlet et al., (2015), no qual, maiores números de coleópteros terrestres foram capturados no período de setembro a março. Além disso, Lietti et al., (2000), enfatizam a preferência de *Notiobia cupripennis* por sementes de dicotiledôneas, o que explica as maiores densidades de *Notiobia* sp.1 nas áreas MM e MK para o método sem capina, que apresentou o predomínio das espécies de plantas daninhas como *Amaranthus* spp (caruru), *Bidens* sp. (picão-preto), *Sida* sp. (guanxuma) e *Solanum americanum* (maria-pretinha).

Como os defensivos agrícolas são indispensáveis nos sistemas de manejo da cafeicultura no cerrado (grandes áreas) e os resultados não indicaram efeitos agudos ou crônicos à comunidade de besouros terrestres por herbicidas, preocupa-nos as consequências do aumento de doses e aplicações sequências contra a crescente pressão de pragas e de plantas daninhas resistentes a herbicidas. Tal conduta, certamente irão reduzir a diversidade das espécies animais e vegetais. Nesse sentido, Navntoft; Esbjerg; Riedel (2006) observaram o predomínio de alguns gêneros de Carabidae em doses normais e o aumento na atividade de outros gêneros, ao utilizar doses reduzidas de herbicidas e inseticidas, como na cafeicultura as doses de herbicidas utilizadas são baixas (~0,72 mg ha<sup>-1</sup> de glyphosate, como exemplo) e os intervalos entre aplicações superam os 45 dias, para os inseticidas, as aplicações via solo ou folhas, são direcionadas aos cafeeiros (linhas de plantio), fazendo com que as deposições da calda de pulverização nas entrelinhas de plantio sejam mínimas. Resultados semelhantes foram observados por García-Ruiz et al., (2018), no qual, aplicações de glyphosate não alteraram a atividade e densidade dos principais grupos de predadores, contudo, algumas espécies de

carabídeos foram mais abundantes e parcelas tratadas com esses herbicidas. Em nosso trabalho, não foram observados gêneros específicos nos tratamentos herbicidas, indicando que esse efeito é devido às alterações na diversidade da vegetação e não pela ação direta dos herbicidas sobre os besouros (MIÑARRO, DAPENA, 2003; CERDEIRA; DUKE, 2006; GARLET et al., 2015).

## 5 CONCLUSÃO

As maiores abundâncias e riquezas de espécies de Carabidae, foram encontradas em armadilhas instaladas nos métodos de roçadas mecânicas (ROCA) e sem capina (SCAP). A maior abundância de espécies foi encontrada em MM e maior riqueza de espécies em MK.

Não houve diferença significativa entre os métodos de plantas daninhas e as espécies mais abundantes capturadas, e sim diferenças entre propriedades. A espécie *Selenophorus* sp.1 foi predominante em MM e *Trichopselaphus* sp.1 foi predominante em MK e a espécie *Notiobia* sp.1 foi abundante nas duas áreas.

O agrupamento permutacional de sistemas de manejo que mantém cobertura do solo com vegetação e os que utilizam herbicida indicou que não houve diferença entre os métodos de controle de plantas.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com os apoios da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

## 6 REFERÊNCIAS

BIGNELL, D. et al. Macrofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. (Ed.s) **Manual de Biologia dos Solos Tropicais** – Amostragem e Caracterização da Biodiversidade. Lavras: UFLA, v.1, p. 79-123. 2010.

BRANDMAYR, P. et al. Hypogean carabid beetles as indicators of global warming? **Environmental Research Letters**, v.8: p.1–11, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/4/044047>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

BRASIL – Instrução Normativa nº 2, de 09 de outubro de 2008. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 out. 2008. Seção 1, p. 71.

BRUST, G. E. Seed predators reduce broadleaf weed growth and competitive ability. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.48, p.27-34, 1994. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0167-8809\(94\)90072-8](https://doi.org/10.1016/0167-8809(94)90072-8)>. Acesso em: 13 abr. 2019.

CERDEIRA, A. L.; DUKE, S. O. The current status and environmental impacts of glyphosate-resistant crops: A review. **J Environ Qual**. V.35(5), p.1633-1658, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.2134/jeq2005.0378> PMID: 16899736>. Acesso em: 25 nov. 2018.

CHALFOUN, S. M., REIS, P. R. História da cafeicultura no Brasil. In: Reis, P. R.; Cunha, R. L. Ed (s) **Café arábica do plantio a colheita**. Lavras: EPAMIG, v.1, p. 23-86. 2010.

CIVIDANES, F. J.; SANTOS-CIVIDANES, T. M. Distribution of Carabidae and Staphylinidae in agroecosystems. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.43 (2), p.157-162, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000200001>>. Acesso em: 18 abr. 2020.

CIVIDANES, F. J., et al. Edge effects on carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) between forest fragments and agricultural fields in south-east Brazil. **Austral Entomology**. v.57, p.9–16, 2018. Disponível em:<<https://doi.org/10.1111/aen.12263>>. Acesso em: 06 nov. 2020.

CIVIDANES, F. J.; YAMAMOTO, F. T. Pests and their natural enemies on soybean and corn grown in diversified systems. **Scientia Agricola**, v.59 (4), p.683-687, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000400010>>. Acesso em: 13 jul. 2018.

CRUZ, A. F. et al. Cover cropping system and mulching can shape soil microbial status in fruit orchards. **Scientia Agricola**, v. 77 (4), p. e20180316, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1678-992x-2018-0316>>. Acesso em: 16 fev. 2021.

FADINI, M. A. M. et al. Effects of cover crops on the abundance and diversity of natural enemies of grapevine pest. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 23 (3), p. 573-576, 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000300025>>. Acesso em: 06 dez. 2018.

FREI, B. et al. Molecular analysis indicates high levels of carabid weed seed consumption in cereal fields across Central Europe. **Journal of Pest Science**. v.92, p.935–942, 2019. Disponível em:< <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01109-5>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

GARCIA-RUIZ, E. et al. Weeds and ground-dwelling predators response to two different weed management systems in glyphosate-tolerant cotton: A farm-scale study. **PLoS ONE**. v.13(1), e0191408., 2018. Disponível em:< <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191408>>. Acesso em: 06 mar. 2019.

GAREAU, T. P.; VOORTMAN, C.; BARBERCHECK, M. Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) differentially respond to soil management practices in feed and forage systems in transition to organic management. **Renewable Agriculture and Food Systems**. p. 1–18, 2019. Disponível em:< <https://doi.org/10.1017/S1742170519000255>>. Acesso em: 05 jul. 2020.

GARLERT, J. et al. Edaphic beetle fauna in eucalyptus under different systems of chemical control of weed competition. **Floresta e Meio Ambiente**. v.22(2), p.239-248, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2179-8087.078214>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

HANSON, H. I. et al. Agricultural Land Use Determines the Trait Composition of Ground Beetle Communities. **Plos One**. v.11 (1): e0146329. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0146329>, 2016.>. Acesso em: 15 jan. 2021.

HODKINSON, I. D.; (2005) Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Review* 80: 489-513. 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S1464793105006767>>. Acesso em: 25 nov. 2017.

HOLLAND, J.; LUFF, M. The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. **Integrated Pest Management Reviews** v.5, p109–129, 2000. Disponível em: ,<https://doi.org/10.1023/A:1009619309424>>. Acesso em: 23 jan. 2019.

HONEK, A.; MARTINKOVA, Z.; JAROSIK, V. Ground beetle (Carabidae) as seed predators. **European Journal of Entomology**. v. 100, p. 531-544, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.14411/eje.2003.081>>. Acesso em: 28 out. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. 2020. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg\\_iframe.php?codEst=A523&mesAno=2020](http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_iframe.php?codEst=A523&mesAno=2020)>.

IRMLER, U. Which carabid species (Coleoptera: Carabidae) profit from organic farming after a succession of 15 years? **Agriculture Ecosystems & Environment**. v.263, p.1-6, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.02.019>>. Acesso em: 19 ago. 2020.

JUNG, J-K.; LEE, J-H. Forest–farm edge effects on communities of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) under different landscape structures. **Ecological Research**. v. 31, p. 799 – 810, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11284-016-1388-1>>. Acesso em: 06 mar. 2018.

KINDT, R.; COE, R. **Tree Diversity Analysis. A Manual and Software for Common Statistical Methods and Biodiversity Studies**. World Agroforestry Centre (2005).

KULKARNI. S.; DOSDALL, L.; WILLENBORG, C. The role of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in weed seed consumption: a review. **Weed Science**. v.63, p.355–376, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00067.1>>. Acesso em: 23 set. 2018.

LAMI, F.; BOSCUCCI, F.; MASIN, R.; SIGURA, M.; MARINI, L. Seed predation intensity and stability in agro-ecosystems: Role of predator diversity and soil disturbance. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v.288, 106720, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106720>>. Acesso em: 06 mar. 2021.

LAVELLE, P. et al. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal Soil Biology**. v.42 (S.1), S3–S15, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.10.002>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

- LI, Y.; CHANG, S. C.; TIAND, L.; ZHANG, Q. Conservation agriculture practices increase soil microbial biomass carbono and nitrogen in agricultural soils: A global meta-analysis. **Biology and Biochemistry**. v. 121, p.50–58, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.02.024>>. Acesso em: 06 jul. 2018.
- LIETTI, M.; MONTERO, G.; FACCINI, D.; NISENSOHN, L. Evaluación del consumo de semillas de malezas por *Notiobia (Anisotarsusi) Cupripennis* (Germ.) (Coleoptera: Carabidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.35 (2), p.331-340, 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2000000200012>>. Acesso em: 18 mar. 2018.
- LINDROTH, C. H. The Carabidae (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. **Fauna Entomologica Scandinavica**.v.15, p.1–225, 1985.
- MACLEOD, A. et al. ‘Beetle banks’ as refuges for beneficial arthropods in farmland: long-term changes in predator communities and habitat. **Agricultural and Forest Entomology**. v.6, p.147–154, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2004.00215.x>>. Acesso em: 15 abr. 2019.
- MARSHALL, C. B.; LYNCH, D. H. Soil microbial and macrofauna dynamics under different green manure termination methods. **Applied Soil Ecology**. v.148. 103505, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103505>>. Acesso em: 06 fev. 2019.
- MARTINS, I. C. F., et al. Population dynamics and spatial distribution of *Abaris basistriata* Chaudoir, 1873 (Coleoptera: Carabidae). **Ciência e Agrotecnologia**. v.40(1), p.57-66, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-70542016000100005>>. Acesso em: 08 mar. 2018.
- MARVEETY, S. A.; BROWNE, R. A.; ERWIN, T. L. Carabidae diversity along an altitudinal gradient in a Peruvian cloud forest (Coleoptera). **ZooKeys**. v.147, p.651-666, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.3897/zookeys.541.7316>>. Acesso em: 06 abr. 2018.
- MATTA, D. H. et al. Feeding habits of Carabidae (Coleoptera) associated with herbaceous plants and the phenology of coloured cotton. **Acta Scientiarum**. v. 39 (2), p. 135-142, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v39i2.32593>>. Acesso em: 06 mar. 2019.
- MCKENZIE, S. C. et al. Impact of integrated sheep grazing for cover crop termination on weed and ground beetle (Coleoptera:Carabidae) communities. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v.218, p.141–149, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.11.018>>. Acesso em:26 set. 2018.
- MIÑARRO, M.; DAPENA, E. Effects of groundcover management on ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in an apple orchard. **Applied Soil Ecology**. v.23, p.111–117, 2003. Disponível em:< [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(03\)00025-8](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(03)00025-8)>. Acesso em: 15 abr. 2019.
- NAVNTOFT, S.; ESBJERG, P.; RIEDEL, W. Effects of reduced pesticide dosages on carabids (Coleoptera: Carabidae) in winter wheat. **Agricultural and Forest Entomology**.

v.8(1), p.57 – 62, 2006. Disponível em:<<https://doi.org/10.1111/j.1461-9555.2006.00282.x>>. Acesso em: 02 set. 2019.

NISENSOHN, L. et al. Predacion de semillas de *Amaranthus quitensis* H.B.K. en un cultivo de soja: Influencia del sistema de siembra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.34 (3), p.377-384, 1999. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X1999000300008>>. Acesso em: 17 abr. 2020.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; KINDT, R. **Vegan: community ecology package. R package version 2.3-0**. 2019. Disponível em:<<https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2020.

OLIVEIRA, D. M., et al. Ant fauna in agroecosystems and their role in agroecological transition. **Revista Verde**, v. 10 (3), p 01 – 06, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.15451/ec2020-06-9.26-1-23>>. Acesso em: 06 mar. 2018.

ORTEGA, A. C, JESUS, C. M. Café do Cerrado Territory: changes in the productive structure and its impacts on employed persons [Território Café do Cerrado: transformações na estrutura produtiva e seus impactos sobre o pessoal ocupado]. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. v.49 (3), p.771-800, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-20032011000300010>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

PIZZOLOTTO, R. et al. Ground beetles in Mediterranean olive agroecosystems: Their significance and functional role as bioindicators (Coleoptera, Carabidae). **PLoS ONE**, v.13(3), e0194551. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194551>>. Acesso em: 26 set. 2020.

POSTMA-BLAAUW, M. B. et al. Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and extensification. **Ecology**, v.91 (2), p. 460–473, 2010. <<https://doi.org/10.1890/09-0666.1>>. Acesso em: 26 set. 2018.

RANDON, S. I., et al. Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) populations in commercial organic and conventional potato production. **Florida Entomologist**, 96(4), p.1492-1499, 2013. Disponível em:< <https://doi.org/10.1653/024.096.0430>>. Acesso em: 12 set. 2020.

REIBOTA, M. S. et al. Climate aspects in Minas Gerais State. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 206-226, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v17i0.41493>>. Acesso em: 06 mar. 2018.

ROLIM NETO, F. C. et al. Phosphorus adsorption, specific surface, and mineralogical attributes of soils developed from volcanic rocks from the Upper Paranaíba, MG (Brazil). **Revista Brasileira de Ciências Solo**, v.28, p.953-964, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000600003>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

SADEJ, W. et al. Effects of fertilizer and land-use type on soil properties and ground beetle communities. **Bulletin of Insectology**. v.65 (2), p.239-246, 2012.

SUÁREZ, L. R. et al. Soil macrofauna under different land uses in the Colombian Amazon. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v.53 (12), p.1383-1391, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018001200011>>. Acesso em: 16 set. 2019.

TANVER, A. et al. Interference and management of parthenium: The world's most important invasive weed. **Crop Protection**. v. 68, p. 49-59, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2014.11.005>>. Acesso em: 11 set. 2019.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Introduction to the study of insects**. 7<sup>a</sup> ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 809 p.

VUKICEVICH, E. et al. Cover crops to increase soil microbial diversity and mitigate decline in perennial agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**. V.36 (48), p. 2-14, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13593-016-0385-7>>. Acesso em: 04 mai. 2018.