



PATRICK LOPES GUALBERTO

**COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DAS ASSEMBLEIAS
DE FORMIGAS E SEUS GRUPOS FUNCIONAIS EM
DIFERENTES AGROECOSSISTEMAS DE CAFÉ**

LAVRAS – MG

2021

PATRICK LOPES GUALBERTO

**COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DAS ASSEMBLEIAS DE FORMIGAS E SEUS
GRUPOS FUNCIONAIS EM DIFERENTES AGROECOSSISTEMAS DE CAFÉ**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
Curso de Agronomia, para a obtenção do
título de Bacharel em Agronomia.

Profa. Dra. Brígida Souza
Orientadora

MSc. Janet Alfonso Simonetti
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2021**

PATRICK LOPES GUALBERTO

COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DAS ASSEMBLEIAS DE FORMIGAS E SEUS GRUPOS FUNCIONAIS EM DIFERENTES AGROECOSSISTEMAS DE CAFÉ

Aprovado em: 29/04/2021

BANCA EXAMINADORA



BRÍGIDA SOUZA



JANET ALFONSO SIMONETTI



EMANOEL DA COSTA ALVES



JESSICA JOSEFA SANCHES

**LAVRAS – MG
2021**

DEDICATORIA

Dedico a

Edvaldo Jose Gualberto

Nilda Lopes Gualberto

Geisiany Lopes Gualberto

em memória

Geraldina de Jesus Lopes

Felipe Xavier

Por estarem sempre presentes ao longo do caminho

e nunca deixarem de acreditar em mim

AGRADECIMENTOS

Agradeço a

Brígida Souza

Janet Alfonso Simonetti

Emanoel da Costa Alves

Jessica Josefa Sanches

Ana Luisa Rodrigues Silva

Fabricio Teixeira de Lima Gomes

Luana Belchior Mesquita Carvalho

Vinicius Ribeiro Fonseca

Miguel Winter

Othon Steves de Paiva Ribeiro

Marvin Pic

a COOPFAM e a seus associados.

RESUMO

O café é uma cultura de grande importância em nível mundial e pode ser cultivado em diferentes sistemas de cultivo da cultura do café. O sistema orgânico tende a incrementar a comunidade de inimigos naturais que contribuem para o controle de pragas da cultura. Dentre esses inimigos naturais estão as formigas, insetos que possuem importante papel ecológico com diversas funções, sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a composição e estrutura das assembleias de formigas em diferentes sistemas de cultivo de café. As amostragens foram realizadas em três sistemas de cultivo (convencional ao sol, orgânico ao sol e orgânico sombreado) com quatro repetições para cada sistema, em propriedades que pertencem a produtores associados à Cooperativa de Produtores Familiares (COOPFAM) do município de Poço Fundo – MG. As coletas das formigas ocorreram no mês de maio de 2019, por meio de armadilhas de queda tipo Pitfall. Em cada sistema de cultivo foram instaladas 10 armadilhas distribuídas em duas linhas de cafeeiros distanciadas a 10m entre si e, nas linhas, as armadilhas foram colocadas a 20m uma da outra. Assim, totalizaram-se 120 armadilhas nos três sistemas de cultivo, com um esforço amostral de 48 horas/armadilha. Após recolhidas, os insetos foram encaminhados para o laboratório de entomologia da UFLA, para triagem, montagem, etiquetagem e identificação até nível de gênero. Foram coletados 7.178 indivíduos, distribuídos em 56 morfoespécies, 24 gêneros, seis subfamílias e nove grupos funcionais. O gênero mais encontrado foi *Pheidole* seguido de *Linepithema* e *Camponotus*. A subfamília mais encontrada foi Myrmicinae seguido de Formicinae e Ponerinae. O grupo funcional mais encontrado foi as dominantes onívoras de solo e serrapilheira, seguido das poneríneas predadoras generalistas de solo e serrapilheira e formigas oportunistas de solo e vegetação. Entre os tratamentos não houve diferença significativa $p = 0,06$, porém houve diferença significativa entre os grupos funcionais $p < 0,001$. Não houve diferença entre os sistemas de cultivo pois as formigas possuem características que lhes permitem se adaptar a diferentes ambientes, mas, houve diferença entre os grupos funcionais pois diferentes grupos funcionais podem responder de forma diferente a mudanças de ambiente e existe uma diferença de sensibilidade entre as formigas nestas respostas.

Palavras-chave: Agroecossistemas cafeeiros; *Coffea arabica*; mirmecofauna; riqueza; guildas.

ABSTRACT

Coffee is a crop of great importance worldwide and can be grown in different cultivation systems of coffee culture. The organic system tends to increase the community of natural enemies that contribute to the control of crop pests. Among these natural enemies are ants, insects that have an important ecological role with different functions, therefore, the objective of this work was to evaluate the composition and structure of ant assemblages in different coffee growing systems. The samplings were carried out in three cultivation systems (conventional in the sun, organic in the sun and organic shaded) with four replications for each system, in properties that belong to producers associated with the Cooperative of Family Producers (COOPFAM) in the municipality of Poço Fundo - MG. Ants were collected in May 2019, using Pitfall-type fall traps. In each cultivation system, 10 traps were installed, distributed in two lines of coffee trees spaced 10m apart, and in the lines, the traps were placed 20m from each other. Thus, there were a total of 120 traps in the three cultivation systems, with a sampling effort of 48 hours / trap. After being collected, the insects were sent to the UFLA entomology laboratory for screening, assembly, labeling and identification down to the gender level. Were collected 7,178 individuals distributed in 56 morphospecies, 24 genera, six subfamilies and nine functional groups. The most common genus was *Pheidole* followed by *Linepithema* and *Camponotus*. The most found subfamily was Myrmicinae followed by Formicinae and Ponerinae. The most found functional group were the dominant omnivores of soil and litter, followed by ponerine predators of generalist soil and litter and opportunistic ants of soil and vegetation. There was no significant difference between treatments $p = 0.06$, but there was a significant difference between functional groups $p < 0.001$. There was no difference between cultivation systems because ants have characteristics that allow them to adapt to different environments, but there was a difference between functional groups because different functional groups can respond differently to changes in the environment and there is a difference in sensitivity between the ants in these responses.

Keywords: coffee agroecosystems; *Coffea arabica*; myrmecofauna; wealth; guilds.

SUMÁRIO

1-	INTRODUÇÃO.....	9
2-	REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
	2.1. Importância socioeconômica do café.....	10
	2.2. Sistemas de cultivo do cafeeiro	12
	2.3. Pragas do cafeeiro.....	13
	2.4. Inimigos naturais das pragas do cafeeiro	14
	2.5. Formigas nos agroecossistemas.....	15
	2.5.1. Diversidade e funções ecológicas básicas	17
	2.5.2. Grupos funcionais	18
3-	MATERIAL E MÉTODOS.....	19
	3.1. Área de estudo	19
	3.2. Amostragem das formigas em diferentes agroecossistemas cafeeiros	19
	3.3. Identificação do material.....	21
	3.4. Análise de dados.....	22
4-	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
	4.1. Composição taxonômica e estrutura das assembleias de formigas	24
	4.2. Frequência de captura, tratamentos/grupos funcionais.....	29
	4.3. Estimativas de riqueza de espécies nas áreas de café amostradas.....	31
	4.4. Análises de Cluster e Permanova	34
5-	CONCLUSÕES	36
6-	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
7-	APÊNDICE	37
8-	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

1- INTRODUÇÃO

O café foi descoberto séculos atrás na Etiópia (GRANER E GODOY, 1967) e foi ganhando destaque pelos seus benefícios, sendo preparado de diversas maneiras até chegar aos métodos que conhecemos hoje.

No Brasil, a cafeicultura se tornou rapidamente uma grande atividade agrícola, contribuindo para o desenvolvimento da economia no país, sendo uma das mercadorias mais importantes mundialmente (MENDES, GUIMARÃES E SOUZA, 2002). O Brasil é o maior produtor de café no mundo, sendo Minas Gerais é o estado com maior produção no país (CONAB, 2020).

Além disso, o controle biológico aplicado tem crescido cada vez mais, constituindo-se de uma estratégia muito interessante a ser usada na redução populacional de pragas. No café, entre os inimigos naturais, existem vespas predadoras, parasitoides, fungos entomopatogênicos e formigas, que podem apresentar grande contribuição no controle biológico de pragas da cultura.

Existe uma diversidade imensa de formigas e grande parte dessa diversidade se encontra no Brasil onde se encontram 13.859 espécies (ANTWEB, 2021). Esses insetos têm comportamento social e trabalham colaborando entre si, dividindo suas tarefas de forma muito organizada. As formigas podem ser consideradas benéficas ou não para a agricultura, pois existem espécies que são predadoras de insetos-praga, como, por exemplo, aquelas que se alimentam da broca do café como a *Wasmannia auropunctata* (MORRIS E PERFECTO, 2016). No entanto, também existem espécies cortadeiras, que desfolham as plantas, podendo ocasionar prejuízo (BACCARO et al., 2015).

Formigas podem viver em diferentes ambientes, dependendo da espécie, e também podem se adaptar a novos ambientes (CORRÊA, 2000). Os diferentes sistemas de agricultura modificam o ambiente original onde a cultura é instalada, e também modificam sua biodiversidade. Assim, espera-se encontrar neste trabalho uma diferença de riqueza de espécies e de grupos funcionas nos sistemas orgânico ao sol, convencional ao sol e orgânico sombreado.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a composição e estrutura das assembleias de formigas em diferentes sistemas de cultivo de café.

2- REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Importância socioeconômica do café

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo, isso faz com que seja uma das mercadorias com maior importância econômica em vários países como por exemplo Brasil, Indonésia, Etiópia, Filipinas, México, Colômbia e Vietnã de acordo com dados do ICO (2018).

O comércio de café tem desempenhado um papel significativo na economia dos países exportadores. Os países em desenvolvimento se consolidaram como principais fornecedores de café no mundo, direcionando a produção principalmente para países desenvolvidos (VEGRO et al., 2020). Um estudo realizado por Noula e colaboradores (2013), em Camerão, mostrou que as exportações de café têm uma ligação positiva e significativa com o crescimento econômico do país.

O direcionamento da produção para a exportação tem beneficiado os produtores, principalmente promovendo maiores rendimentos e maiores volumes de venda. Nos últimos 50 anos, houve um aumento considerável na produção de café com melhor qualidade e grande variedade de produtos segundo a FAO (2015). No comércio, o aumento dos preços do café depende de sua qualidade e variedades, o preço do café arábica tem aumentado e o do café robusta diminuído. A produção de café estimada para 2021 é de 171,9 milhões de sacas aumentando 1,9% de acordo com a ICO (2021).

Já no século XVII, o café tinha se tornado uma das principais mercadorias globais (MURINDAHABI et al., 2019). O crescimento contínuo pode ser explicado pela popularidade e acessibilidade da bebida para qualquer população, independente da classe social e do poder econômico. Além disso, diversos estudos médicos comprovam que o café oferece benefícios à saúde e melhor desempenho na condução de tarefas (ABIC, 2020). Outro fator que beneficia a produção de café, é a possibilidade de ser armazenado por décadas e manter condições razoáveis de consumo, podendo-se esperar por melhores preços, de acordo com Vegro e colaboradores (2020).

Cerca de 170 países produzem café, e quase todas as nações o consomem, mas essa ampla distribuição do cultivo não impediu uma concentração crescente de produção em alguns deles. Aproximadamente 70% da oferta mundial vem de apenas quatro países. O Brasil tem a maior importância no mercado, com as variedades Arábica e Robusta, seguido por Vietnã (principalmente robusta), Colômbia (arábica) e Indonésia (robusta).

De acordo com a Organização Internacional do Café, em termos de consumo, cerca de 37% da produção brasileira é destinada ao mercado interno. Dessa forma, o Brasil ocupa o terceiro lugar no consumo global, atrás da União Europeia e Estados Unidos, e à frente do Japão, os quais detêm mais da metade da demanda mundial por café (FURTADO, 2003; ICO, 2020).

No Brasil, o café foi e continua sendo um grande impulso para o desenvolvimento socioeconômico em muitas regiões produtoras, gerando renda e emprego em áreas rurais. O mercado de café complementa o mercado agrícola e acredita-se que é uma das culturas mais importantes na economia brasileira de acordo com os estudos de Barra e Ladeira (2016).

O país encontra-se dividido em 14 grandes regiões produtoras espalhadas por sete estados: Minas Gerais (Sul de Minas, Cerrado Mineiro, Chapada de Minas, Matas de Minas), São Paulo (Mogiana, Centro-Oeste), Espírito Santo (Montanhas do Espírito Santo, Conilon Capixaba), Bahia (Planalto da Bahia, Cerrado da Bahia e Atlântico Baiano), Paraná (Norte Pioneiro do Paraná), Rondônia e Rio de Janeiro (COSTA, 2020).

Nas décadas passadas, o agronegócio brasileiro trouxe para o país técnicas internacionais em relação ao preparo pós-colheita, industrialização e comercialização, principalmente tecnologias de mecanização da colheita e métodos de produção, com bons resultados para a produtividade, competitividade e qualidade do produto (BLISKA et al., 2009).

Minas Gerais é responsável por mais de 50% da produção nacional, sendo também o maior produtor de café arábica (CONAB, 2020). O Sul de Minas é a maior região produtora do Brasil (COSTA, 2020), e é composta, principalmente, por cafeicultores tradicionais que se fundiram com fazendas de café mais profissionais (ALMEIDA, 2016). Em sua maioria, pequenos agricultores comandam a atividade no estado, e a maior parte deles é filiada à cooperativas ou associações, como a Cooxupé, maior cooperativa de cafeicultores do mundo, com mais de 15 mil cooperados (COOXUPE, 2020).

No Sul de Minas Gerais, as áreas rurais que envolvem as cidades de Machado, Poço Fundo e outros municípios vizinhos, são muito propícias ao cultivo do café. A maioria dos produtores nessa região têm seu sustento com plantações dessa cultura (FREDERICO E BARONE, 2015; VILELA E RUFINO, 2010).

2.2. Sistemas de cultivo do cafeeiro

Nas últimas décadas, houve uma transformação dos sistemas de cultivo do cafeeiro em todo o mundo, passando de sistemas naturais para sistemas mais intensificados, caracterizados pela eliminação de árvores (e do consequente sombreamento proporcionado por elas), aumento dos insumos agroquímicos e seleção de genótipos (BOSSERMANN, 2012; JHA et al., 2014; PERFECTO et al., 1996). A agricultura, de uma forma geral, obteve um grande avanço a partir dos sistemas intensificados de produção, os quais passaram a ser denominados “convencionais”, em termos de conhecimento e produtividade em curto prazo. Apesar desse grande crescimento, esse sistema agrícola provocou uma excessiva degradação do solo e do meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2003; CARNEIRO et al., 2004). Além disso, a agricultura convencional requer maior consumo de combustíveis fósseis, especialmente por causa do alto uso de fertilizantes e pesticidas, o que contribui para o efeito estufa decorrente do aumento da liberação de CO₂ na atmosfera (CASTELLINI et al., 2006).

Hoje em dia, a agricultura orgânica tem tido alta demanda devido aos benefícios que oferece para a segurança alimentar e sustentabilidade, resultantes da ausência de resíduos de pesticidas e fertilizantes sintéticos (GOMIERO et al., 2011; DOREEN et al., 2013). Além disso, os cultivos orgânicos se mostram mais eficientes em termos de gastos de energia (WILLIAMS et al., 2014), quando comparado ao convencional, tende a reduzir a perda de solo, aumentar a matéria orgânica do solo, a capacidade de retenção de água, melhorar a comunidade microbiana do solo (GOMIERO et al., 2011). Em plantações de café organicamente conduzidas, populações de artrópodes que atuam como inimigos naturais das pragas da cultura são muito mais altas do que em cultivos convencionais. Isso indica que as aplicações de inseticidas e vários outros compostos químicos em cultivos convencionais têm um impacto negativo sobre os inimigos naturais das pragas da cafeicultura (HUSNI et al., 2019).

O sistema orgânico pode ser conduzido tanto a sol quanto a sombra. O cultivo sombreado possui uma maior proteção do solo obtida pelas árvores do local que depositam folhas sobre o solo e aumentam sua matéria orgânica (CONSTANTIN, 2009)

Mesmo apresentando inúmeros benefícios, há limitações na produção orgânica de cafés, as quais estão relacionadas à dificuldade e preço para obtenção de certificações, falta de assistência técnica, falta de resultados de pesquisas sobre o café orgânico e

dificuldades de se substituir a adubação química (PARTELLI et al., 2006; SOUZA et al., 2018).

2.3. Pragas do cafeeiro

Problemas com artrópodes-praga são um dos principais fatores que afetam a produção e a qualidade do café (HELLA et al., 2005). No contexto mundial, mais de 900 espécies são conhecidas por se alimentarem do café de acordo com Kimani e colaboradores, (2002), e aproximadamente 30 delas causam perdas econômicas (FORNAZIER et al., 2007). Entre as pragas mais importantes economicamente em todo o mundo encontra-se o bicho-mineiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville e Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) e a broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae: Scolityinae) (PARRA e REIS, 2013).

O bicho-mineiro-do-café é considerado a principal praga do cafeeiro no Brasil, causando desfolha, reduzindo a produtividade e longevidade da planta. Esse inseto é favorecido por altas temperaturas, déficit hídrico e pela ausência de inimigos naturais no local (REIS E SOUZA, 2002). O controle dessa praga pode ser realizado com produtos químicos, que é o mais eficiente, mas, também, o mais caro, podendo, ainda, causar riscos ao meio ambiente; mas pode-se fazer uso de métodos alternativos como, por exemplo, manejar a densidade populacional do cafeeiro e manter plantas nas entrelinhas para atrair inimigos naturais (PEREIRA et al., 2019).

As larvas desse coleóptero consomem as sementes, ocasionando perdas no rendimento e na qualidade do café (OLIVEIRA et al., 2003). O controle desse inseto é difícil porque grande parte do seu ciclo de vida ocorre dentro dos frutos segundo Constantino, (2010). Um programa de controle dessa praga inclui métodos culturais, como aumentar o espaçamento entre plantas e fazer uma colheita bem-feita; métodos biológicos, por meio de seus inimigos naturais; e químicos, fazendo uso de inseticidas (BENAVIDES E AREVALO, 2002; BUSTILLO, 2008). O controle químico é o método mais utilizado para o controle da broca, porém o uso constante de um mesmo grupo químico pode levar a uma perda da capacidade de controle da praga, já que o inseto cria certa resistência ao princípio ativo, e o uso excessivo de inseticidas pode levar a uma possível degradação do meio ambiente (SILVA et al., 2015). Dessa forma, é interessante a adoção de outras práticas de controle como, por exemplo, o uso de inimigos naturais.

2.4. Inimigos naturais das pragas do cafeeiro

Uma estratégia para minimizar os impactos derivados da aplicação de agroquímicos é o uso e/ou incremento de programas de controle biológico de pragas (BRITO, 2011).

Agroecossistemas diversificados são tidos como responsáveis por aumentar a abundância de inimigos naturais e melhorar o controle de pragas (LANGELLOTTO E DENNO, 2004; BIANCHI et al., 2006). O controle natural de populações de pragas é um dos mais importantes serviços ecossistêmicos e tem sido associado ao aumento da complexidade do habitat (BIANCHI et al., 2006). Insetos benéficos, como polinizadores e inimigos naturais, tipicamente se movem para campos agrícolas para explorar recursos que são limitados em tempo e espaço. Esses insetos têm forte dependência de habitats não-agrícolas para persistirem em paisagens agrícolas (TSCHARNTKE et al., 2012, 2016). O fornecimento de refúgio, condições microclimáticas favoráveis e a presença de presas alternativas e alimentos para inimigos naturais são os principais fatores que possibilitam a permanência de insetos benéficos em cultivos comerciais (LANDIS et al., 2000; GURR 2003; LANGELLOTTO E DENNO 2004; BIANCHI et al., 2006).

Cultivos sombreados e com baixo uso de insumos químicos podem fornecer habitats para o alcance de um alto nível de biodiversidade, incluindo muitas espécies que são inimigos naturais de pragas do café (JHA et al., 2014; PHILPOTT et al., 2008). Isso sugere que as lavouras de café podem ser sistemas ideais para a implementação do controle biológico conservativo (VANDERMEER et al., 2010).

De acordo com DeBach (1951), existe uma grande diversidade de vespas (Hymenoptera: Vespidae) que atuam como inimigos naturais de um elevado número de pragas agrícolas, entre elas o bicho-mineiro. As espécies de vespas que se destacam no controle dessa praga são *Protonectarina sylveirae* (Saussure, 1854), *Polybia scutellaris* (White, 1841) e *Protopolybia exigua* (Saussure, 1854) (PARRA et al., 1977). Segundo Souza e Reis (2000), o controle biológico por vespas em cultivos de café em Minas Gerais pode atingir uma eficácia de 70%. Essa praga também é controlada naturalmente por espécies de himenópteros parasitoides das famílias Braconidae e Eulophidae (ANDROCIOLI, 2010).

Foi dada grande atenção ao controle biológico da broca-do-café após as fortes restrições ao uso de pesticidas sintéticos, como Endosulfan e Clorpirifos, devido aos

impactos negativos causados à saúde humana e ao meio ambiente, bem como à ressurgência e resistência de pragas segundo Monzón e colaboradores (2008). Dentre os principais inimigos naturais da broca-do-café encontra-se o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill., que pode ser aplicado no cafeeiro ou ocorrer de forma natural na lavoura (NEVES, 2007). Além desse fungo, existem himenópteros, com destaque para quatro espécies africanas: *Prorops nasuta* (Waterson, 1923) (Bethyridae) e *Cephalonomia stephanoderis* (Betren, 1961) (Bethyridae), os quais são ectoparasitoides de larvas, prepupas e pupas; *Heterospilus coffeicola* (Schimideknecht, 1924) (Braconidae), uma vespa de vida livre que deposita o ovo junto aos ovos agrupados de *H. hampei*, predando-os ao eclodir; e *Phymastichus coffea* (LaSalle 1990) (Eulophidae), um endoparasitoide gregário que ataca os adultos da broca durante a etapa de perfuração do fruto (HANSON E GAULD, 2006).

Adicionalmente, há diversos relatos sobre espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que atuam como inimigos naturais da broca-do-café. Na Colômbia, formigas foram encontradas associadas a todas as fases do ciclo dessa praga (CÁRDENAS E POSADA, 2001; VÉLEZ et al., 2001), removendo cerca de 7% de imaturos do interior dos frutos (VÉLEZ et al., 2000). No México, Gonthier e colaboradores (2013) verificaram que pelo menos seis espécies de formigas podem impedir que adultos da broca em deslocamento sobre as plantas de café colonizem os frutos. Os pesquisadores Gallego e Armbrrecht (2005) e Larsen e Philpott (2010) constataram que espécies de formigas menores podem entrar nos orifícios feitos nos frutos pelos adultos da broca e removê-los de suas galerias.

Em laboratório, a formiga *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) removeu rapidamente larvas e pupas da broca-do-café após a exposição aos frutos infestados, sugerindo que as formas imaturas da broca podem servir como uma fonte de nutrientes para formigas menores em lavouras de café (MORRIS E PERFECTO, 2016).

2.5. Formigas nos agroecossistemas

Os estudos de Hölldobler e Wilson (1990) e Parr e Gibb (2010) revelaram que as formigas muitas vezes são categorizadas como comunidades controladas pelo domínio e competição, e isso constitui uma característica marcante da ecologia da comunidade de formigas. A competição interespecífica de formigas nativas ou invasoras pode afetar a diversidade da mirmecofauna (LESTON, 1978; SAVOLAINEN E VEPSÄLÄINEN

,1988; HOLWAY et al., 2002; PARR E GIBB, 2010). Outro fator que influencia a comunidade de formigas é a interação com as plantas. Essas interações ecológicas são o resultado de processos evolutivos que modelaram a história de vida desses organismos, permitindo-lhes estabelecer relações específicas de vários tipos, como predação, competição e simbiose (ITINO et al., 2001).

As formigas respondem a mudanças em fatores locais, como riqueza e abundância de espécies de árvores e biomassa de folhas no chão (ARMBRECHT et al., 2005; PHILPOTT E ARMBRECHT 2006; DE LA MORA et al., 2013). Lavouras de café sombreadas têm demonstrado sustentar uma alta diversidade de formigas e outros artrópodes (PERFECTO et al., 1996, 2014; PHILPOTT et al., 2004), e alguns estudos revelam que a idade das formigas pode ser reduzida em monocultivos de café conduzidos a pleno sol, devido a alteração na luminosidade e na serapilheira segundo os pesquisadores Perfecto e Vandermeer (2002) e Armbrrecht e colaboradores (2005).

A dieta alimentar das formigas varia dentro e entre subfamílias e gêneros. Muitas delas podem ser principalmente onívoras e oportunistas, enquanto outras são especializadas, podendo ser predadoras, fungívoras ou herbívoras, alimentando-se, nesse último caso, de sementes e néctar (HÖLLDOBLER E WILSON, 1990). Entre as predadoras, estão algumas espécies que se destacam como inimigos naturais da broca-do-café. Existem registros antigos, datados de 304 D.C., de formigas atuando como inimigos naturais em plantações de citros na China. Nesses sistemas, os agricultores confeccionaram conexões artificiais, feitas de bambu, para facilitar o forrageamento pela formiga tecelã, *Oecophylla smaragdina* (FABRICIUS, 1775), visando ao controle de insetos fitófagos nos cultivos (HUANG E YANG, 1987).

O controle biológico envolvendo formigas pode ser considerado uma associação simbiótica mutualística que é estabelecida quando tanto a formiga quanto a planta se beneficiam. Formigas protegem as plantas contra a herbivoria e plantas invasoras, fornecem nutrientes essenciais, dispersam sementes e, às vezes, polinizam as plantas (CUSHMAN E BEATTIE, 1991). Estudos realizados por Cushman e Beattie (1991) e Bronstein (1998) também revelam que as plantas oferecem às formigas predadoras dois tipos de recompensa, local para nidificação e fonte de alimento.

Contudo, existem espécies de formigas que protegem alguns insetos fitófagos, como cochonilhas, cigarrinhas e pulgões, os quais excretam um líquido rico em açúcares, chamado “honeydew”, que as formigas utilizam como alimento (BUCKLEY, 1987) e também formigas cortadeiras capazes de causar grandes prejuízos, em diversos tipos de

cultivo. Essas formigas são representadas pelos gêneros *Atta* (saúva) e *Acromyrmex* (quenquém) (SASAKI, 2010)

2.5.1. Diversidade e funções ecológicas básicas

As formigas fazem parte da Ordem Hymenoptera, família Formicidae. Estão distribuídas pelo mundo em 24 subfamílias, 503 gêneros e 27.884 espécies/subespécies (PALL et al., 2014; ANTWEB 2021). Considerando-se essa distribuição, o Brasil destaca-se com 13 subfamílias (oito endêmicas), 112 gêneros e 1.505 espécies (ANTWIKI, 2021).

Os formicídeos são considerados importantes indicadores ecológicos (ANDERSEN et al., 2002), exibindo uma ampla gama de guildas funcionais e tróficas que atuam em quase todos os agroecossistemas, incluindo o cafeeiro, proporcionando diversos serviços, como controle potencial de pragas, polinização e introdução de matéria orgânica no solo (SILVESTRE et al., 2003; DIAS et al., 2013). Esses insetos são ecologicamente dominantes na maioria dos habitats terrestres em termos de abundância, biomassa e volume de trocas energéticas (HUGHES, 2008; WARD 2006; WILSON 1990). Muitas vezes, as formigas vivem em grandes colônias bem protegidas, estáveis e ricas em recursos ambientais de acordo com os pesquisadores Holldobler (1990) e Nash (2008).

A maioria dos ninhos de formigas são subterrâneos e sua construção pode resultar na remoção de volumes consideráveis de solo (HOLLOBLER E WILSON, 1990). Esse processo de escavação para construção de ninhos resulta no movimento vertical e na redistribuição de materiais orgânicos e inorgânicos através do perfil do solo (FOLGARAIT, 1998), o que gera maior infiltração de água. As alterações físicas no solo associadas à agregação de material recolhido por formigas e depositado dentro ou fora de seus ninhos (tanto de origem vegetal quanto animal), geram um impacto na capacidade de retenção de água e fertilidade do solo (FARJI - BRENER E WEREKRAUT, 2017).

As formigas podem ajudar a diminuir o aquecimento global, ao interagirem com certas rochas, as formigas desencadeiam nelas um aumento da absorção de Co₂ no ambiente. Em áreas com presença de formigas, as rochas absorvem cerca de 335 vezes mais Co₂ do que em áreas sem formigas (DORN, 2014)

2.5.2. Grupos funcionais

O entendimento dos fatores que influenciam a organização de uma comunidade de formigas e sua estrutura apresentou um grande avanço com a utilização das análises de grupos funcionais ou de guildas tróficas. Essa classificação revela grupos de espécies que ocupam nichos com alto grau de interação que se relacionam juntas como a estrutura de uma comunidade segundo os estudos dos pesquisadores Simberloff e Dayan (1991), Wilson (1999) e Blondel (2003).

Os grupos funcionais são uma ferramenta que possibilita identificar padrões na estrutura funcional das comunidades e, assim, permite que se realize comparações a níveis de ecossistema e de comunidade (KING et al., 1998). Além de comparações, os grupos funcionais facilitam o entendimento da dinâmica espacial que é necessária para se determinar o estado de conservação de uma espécie (LOZANO et al., 2009). Considerando os grupos funcionais presentes em uma comunidade, a sua análise é uma ferramenta interessante, pois se baseia nas similaridades de funções que as diferentes espécies executam nessa comunidade, mesmo quando não ocupam o mesmo ambiente (ALONSO et al., 2011). Os pesquisadores Delabie e colaboradores (2000) e Silvestre e colaboradores (2003) criaram propostas de grupos funcionais para a comunidade de formigas do Cerrado e da Mata Atlântica no Brasil, eles também dizem que cada grupo funcional pode estar ligado a um tipo de fauna e flora diferente e a partir disto podem ser usados os grupos funcionais como indicadores ecológicos.

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

Os estudos foram realizados em três sistemas de produção de café: (1) convencional ao sol; (2) orgânico ao sol e (3) orgânico sombreado (Figura 1), localizados no município de Poço Fundo (21°46'59" S, 45°57'13" W), Minas Gerais, Brasil. As fazendas pertencem a produtores associados à Cooperativa de Produtores familiares de Poço Fundo e região (COOPFAM). Apresentando uma temperatura média por ano de 20 - 30 °C, umidade de 60% e precipitação de 1.300 mm. Outras características do local são descritas na tabela de descrição da área que pode ser encontrada no apêndice.

Figura 1 – Agroecossistemas cafeeiros estudados: A) Convencional ao sol; B) Orgânico ao sol; C) Orgânico sombreado. Poço Fundo, MG.

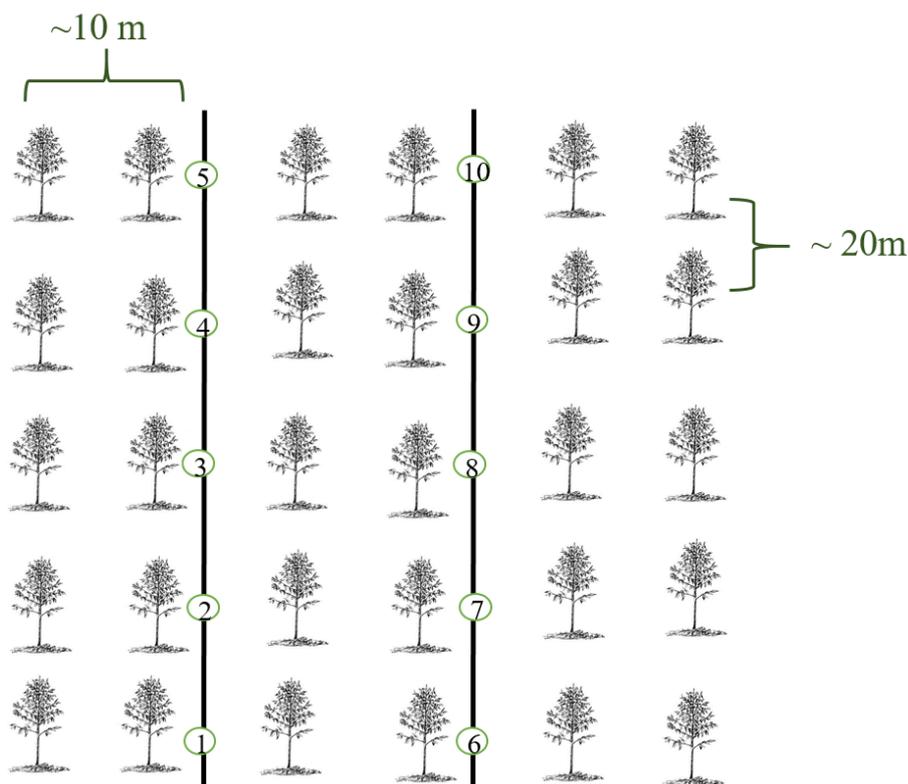


Fonte: Janet A. Simonetti (2019)

3.2. Amostragem das formigas em diferentes agroecossistemas cafeeiros

A amostragem das formigas foi realizada no período de colheita do café (maio de 2019), por meio de armadilhas de queda (*Pitfall traps*). Efetuou-se quatro repetições por tratamento num total de 12 propriedades (Tabela 1). Em cada agroecossistema foram estabelecidos dois transectos de, aproximadamente, 100 m, onde foram colocadas as armadilhas, sempre iniciando da borda em direção ao centro. Em cada transecto foram definidos cinco pontos separados por uma distância mínima de 20 m, os quais construíram as estações de amostragem (Figura 2).

Figura 2 - Distribuição das estações de amostragem adotada em cada um dos agroecossistemas cafeeiros estudados



Fonte: Janet A. Simonetti (2021)

As armadilhas de queda consistiram de um frasco plástico circular transparente, com volume de 1000 ml (15 cm de diâmetro por 10 cm de profundidade). Os frascos foram preenchidos em 1/3 (~400 ml) com água / detergente / e solução salina a 1% para atuar como conservante e possível atrativo dos insetos no campo e o detergente para quebrar a tensão superficial (LASMAR et al. 2017 e RIBAS et al., 2003). As armadilhas permaneceram no campo por dois dias, totalizando um esforço amostral de 48 horas/armadilha. As tampas dos frascos foram suspensas por palito de madeira de modo a formar uma proteção contra chuva e entrada de detritos na armadilha (Figura 3).

Figura 3 - Armadilhas de queda (*Pitfall traps*) instaladas em cada um dos agroecossistemas cafeeiros estudados.



Fonte: Janet A. Simonetti (2019)

3.3. Identificação do material

Após o recolhimento dos insetos das armadilhas, todo o material foi transferido para frascos plásticos identificados e encaminhado ao laboratório de entomologia do Departamento de Entomologia (DEN) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

No laboratório, realizou-se a separação e classificação dos espécimes em morfoespécies, conservando-os em frascos contendo álcool etílico a 70% (Figura 4). Posteriormente, realizou-se a montagem em alfinete entomológico e identificação até o

nível de gênero utilizando-se as chaves de Baccaro et al. (2015). Os espécimes identificados serão depositados no Centro de Coleções da UFLA.

Figura 4 - Espécimes de formigas coletadas em *Pitfall traps*, triados e conservados em frascos contendo álcool etílico (70%)



Fonte: Janet A. Simonetti

3.4. Análise de dados

Foi realizada uma análise descritiva da composição e estrutura das morfoespécies e subfamílias, realizando-se uma análise de riqueza de espécies, frequência (presença/ausência) e grupos funcionais de formigas nos diferentes sistemas de cultivo de café. Para a análise de grupos funcionais foi utilizado a abordagem de Silvestre e colaboradores (2003) e sua frequência de captura foi analisada por um modelo linear generalizado com distribuição Quasipoisson devido ao fato de apresentar uma superdispersão. Para determinar o efeito dos tratamentos e dos grupos funcionais, foi utilizado um teste qui-quadrado da razão de verossimilhança seguido de comparações pelo teste de Bonferroni ($p = 0,05$).

A riqueza dos tratamentos foi analisada através das curvas de acumulação de espécies. O nível de completude das amostragens foi determinado por meio dos estimadores de riqueza de espécies não-paramétricos Jackknife 1 e 2, e Bootstrap, que predizem o número possível de espécies presentes, embora não detectadas, nas amostras. Os dois primeiros enfatizam a presença de espécies que são encontradas em apenas uma ou duas amostras. A análise de Bootstrap estima, iterativamente, a riqueza de espécies a partir da proporção de amostras nas quais cada espécie é encontrada (GOTELLI E CHAO, 2013).

A distância entre tratamentos foi avaliada por uma análise de Cluster com distância Bray-Curtis. Para verificar se os tratamentos tem diferença, se realizou uma análise multivariada permutacional de variância (Permanova) com Bray-Curtis. Todas as análises foram feitos utilizando-se o software R 3.6 (R Core Team, 2019), sendo utilizados os seguintes pacotes: lme4 (BATES et al., 2015), emmeans (SEARLE et al., 1980), hnp (MORAL et al., 2017) e Vegan (OKSANEN et al., 2020).

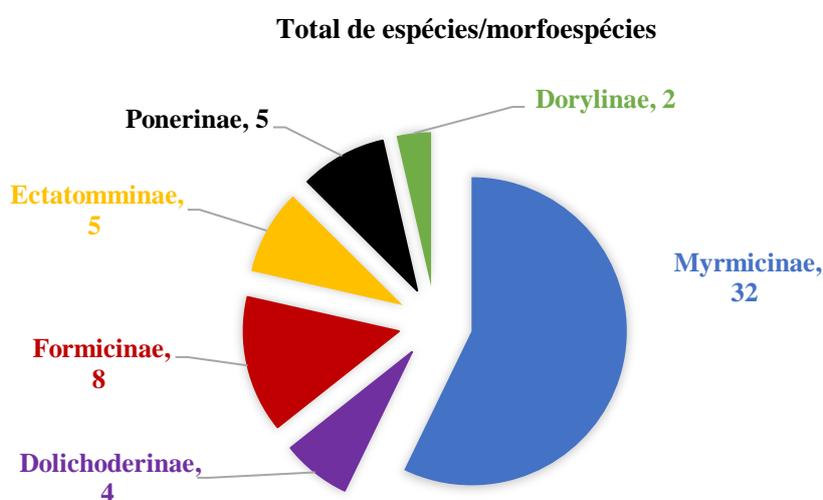
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Composição taxonômica e estrutura das assembleias de formigas

Coletaram-se 7.178 indivíduos, distribuídos em 56 morfoespécies, 24 gêneros e seis subfamílias. A subfamília com maior número de táxons foi Myrmicinae, com 12 gêneros e 32 morfoespécies (57%), seguida de Formicinae com três gêneros e oito morfoespécies (14%). Com menores porcentagens seguem as subfamílias Ponerinae com três gêneros e cinco morfoespécies (9%), Ectatomminae com dois gêneros e cinco morfoespécies (9%), Dolichoderinae com dois gêneros e quatro morfoespécies (7%) e por último a subfamília Dorylinae com dois gêneros e duas morfoespécies (4%) (Figura 5).

As subfamílias Myrmicinae e Formicinae são geralmente, na mesma ordem, as mais ricas em espécies em vários estudos locais realizados em diferentes países neotropicais (CHANATÁSIG -VACA et al., 2011; DEL TORO et al., 2009; GUERRERO E SARMIENTO, 2010; ROJAS, 2001 e WILSON E HÖLLDOBLER, 2005). Quando são analisado as espécies de formigas já descritas, é possível perceber que as subfamílias com maior número de espécies descritas são Myrmicinae seguida de Formicinae (ANTWEB, 2021) Outros trabalhos em áreas de floresta nativa, plantio agrícola e pastagem, realizado por Albuquerque e Diehl (2009) e Fleck et al. (2015) também coletaram como subfamílias, com maior número de táxons, Myrmicinae seguido de Formicinae e Ponerinae demonstrando que são importantes subfamílias em relação a riqueza de espécies.

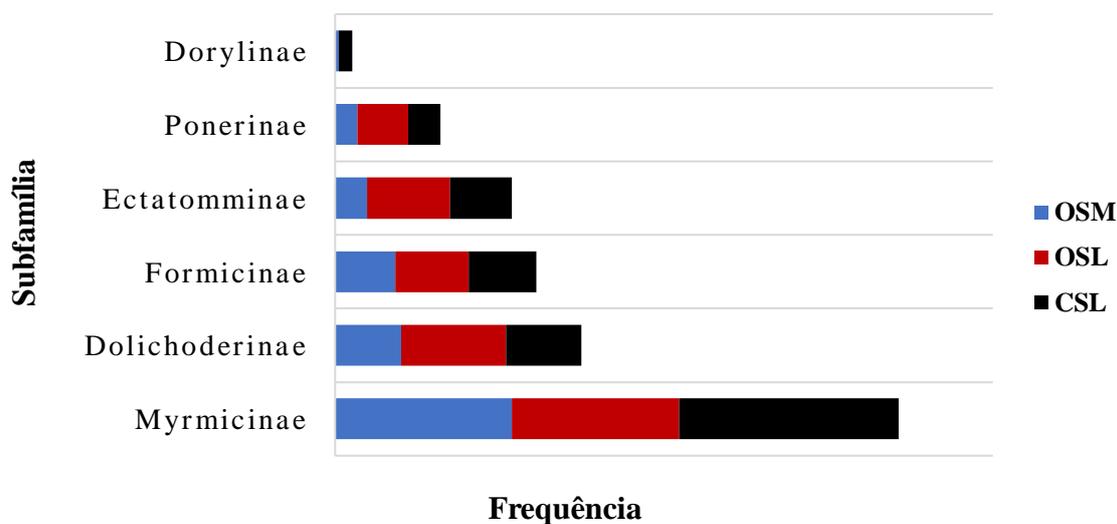
Figura 5 - Representação das subfamílias e morfoespécies nas áreas de café amostradas



Fonte: Do Autor (2021)

A Frequência de captura das subfamílias se comportou diferentemente em cada tratamento estudado, sendo as subfamílias Myrmicinae, Dolichoderinae e Formicinae as mais frequentes com um percentual de 43%, 19% e 15.3%, respectivamente. Myrmicinae com maior presença em CSL, seguido de OSM e OSL, Dolichoderinae foi maior em OSL, seguido de CSL e OSM e Formicinae em OSL seguido de CSL e OSM. As subfamílias menos representativas foram Ectatomminae, Ponerinae e Dorylinae com 13.5%, 8% e 1.3% do total de indivíduos coletados. Ectatomminae e Ponerinae com maior frequência nos tratamentos OSL e CSL e Dorylinae em CSL, não estando presente no tratamento OSL, possivelmente por se tratar de espécies nômades e ocorrer de durante as coletas elas não passam pelo local. A subfamília Dolichoderinae foi a segunda mais frequente, devido ao gênero *Linepithema* sendo coletado durante todo o estudo e nos três tratamentos (Figura 6).

Figura 6 - Frequência de captura das subfamílias em cada tratamento; Orgânico Sombreado (OSM), Orgânico ao sol (OSL), Convencional ao sol (CSL).



Fonte: Do Autor (2021)

Tabela 1 - Riqueza de espécies, frequência (presença/ausência (P/A)) e grupos funcionais de formigas em diferentes sistemas de cultivo de café. Orgânico Sombreado (OSM), Orgânico ao sol (OSL), Convencional ao sol (CSL).

Espécies/morfoespécies	GF*	Frequência (P/A)			
		OSM	OSL	CSL	Total
Subfamília Myrmicinae					
<i>Atta</i> sp1	CFF	6	7	15	28
<i>Atta</i> sp2	CFF	2	0	0	2
<i>Acromyrmex</i> sp1	CFF	4	0	1	5
<i>Acromyrmex</i> sp2	CFF	0	0	2	2
<i>Crematogaster</i> sp1	OAI	4	4	6	14
<i>Crematogaster</i> sp2	OAI	1	1	1	3
<i>Cyphomyrmex</i> sp1	CFD	1	9	3	13
<i>Solenopsis geminata</i>	DOS	2	8	12	22
<i>Solenopsis</i> sp1	DOS	0	1	0	1
<i>Solenopsis</i> sp2	DOS	0	0	5	5
<i>Solenopsis</i> sp3	DOS	0	0	2	2
<i>Solenopsis</i> sp4	DOS	1	0	1	2
<i>Solenopsis</i> sp5	DOS	2	1	2	5
<i>Solenopsis</i> sp6	DOS	0	0	1	1
<i>Pheidole megacephala</i>	DOS	23	25	33	81
<i>Pheidole</i> sp1	DOS	11	16	10	37
<i>Pheidole</i> sp2	DOS	15	5	10	30
<i>Pheidole</i> sp3	DOS	2	4	1	7
<i>Pheidole</i> sp4	DOS	1	1	0	2
<i>Pheidole</i> sp5	DOS	3	1	1	5
<i>Pheidole</i> sp6	DOS	0	0	2	2
<i>Pheidole</i> sp7	DOS	0	0	2	2
<i>Pheidole</i> sp8	DOS	0	0	1	1
<i>Pheidole</i> sp9	DOS	0	0	1	1
<i>Pheidole</i> sp10	DOS	0	0	1	1
<i>Monomorium</i> sp1	ECE	1	0	0	1
<i>Mycocepurus</i> sp1	CFD	6	3	4	13
<i>Mycocepurus</i> sp2	CFD	0	1	0	1
<i>Strumigenys</i> sp1	PES	2	0	0	2
<i>Trachymyrmex</i> sp1	CFF	1	1	0	2
<i>Tetramorium</i> sp1	OSV	3	0	0	3
<i>Wasmannia</i> sp1	DOS	3	1	0	4
Subfamília Dolichoderinae					
<i>Dorymyrmex</i> sp1	OSV	3	13	1	17
<i>Dorymyrmex</i> sp2	OSV	0	1	0	1
<i>Linepithema</i> sp1	DOS	26	37	31	94
<i>Linepithema</i> sp2	DOS	6	5	8	19
Subfamília Formicinae					

<i>Brachymyrmex</i> sp1	OSV	4	5	9	18
<i>Brachymyrmex</i> sp2	OSV	1	0	3	4
<i>Camponotus</i> sp1	OSV	13	17	13	43
<i>Camponotus</i> sp2	OSV	2	7	1	10
<i>Camponotus</i> sp3	OSV	7	1	1	9
<i>Camponotus</i> sp4	OSV	3	6	2	11
<i>Camponotus</i> sp5	OSV	1	0	0	1
<i>Nylanderia</i> sp1	OSV	1	3	7	11
Subfamília Ectatomminae					
<i>Ectatomma</i> sp1	PGS	11	17	13	41
<i>Ectatomma</i> sp2	PGS	1	1	1	3
<i>Ectatomma</i> sp3	PGS	0	1	0	1
<i>Gnamptogenys</i> sp1	PGS	5	24	16	45
<i>Gnamptogenys</i> sp2	PGS	0	1	3	4
Subfamília Ponerinae					
<i>Odontomachus</i> sp1	PGS	3	7	2	12
<i>Odontomachus</i> sp2	PGS	3	0	0	3
<i>Hypoponera</i> sp1	PGS	3	0	0	3
<i>Pachycondyla</i> sp1	PGS	3	19	15	37
<i>Pachycondyla</i> sp2	PGS	0	1	0	1
Subfamília Dorylinae					
<i>Labidus</i> sp1	ENL	2	0	6	8
<i>Neivamyrmex</i> sp1	ENL	0	0	1	1
Frequência total		192	255	250	697
Total de espécies		40	35	41	56

* **Grupos funcionais (GF):** (DOS) Dominantes onívoras de solo e serapilheira; (OSV) Oportunistas de solo e vegetação; (PGS) Ponerineas predadoras generalistas de solo e serapilheira; (PES) Predadoras especialistas de solo e serapilheira; (CFF) Cultivadoras de fungo a base de folhas frescas; (CFD) Cultivadoras de fungo a partir de material em decomposição; (OAI) Onívoras arbóreas que ocasionalmente se alimenta em estratos inferiores; (ENL) Espécies nômadas e legionárias; (ECE) Especialista coletora de exsudados.

Nas áreas de café amostradas, as 56 morfoespécies de formigas foram classificadas em 9 guildas (Figura 7 e Tabela 1). As guildas foram nomeadas de acordo com Silvestre et al. (2003): 21 morfoespécies pertencentes ao grupo das formigas dominantes onívoras de solo e serapilheira (DOS 46,5%), sendo esta a guilda mais diversificada em nível específico; 10 morfoespécies de ponerineas predadoras generalistas de solo e serapilheira (PGS: 21,5%) e 11 morfoespécies de oportunistas de solo e vegetação (OSV: 18,4%).

As demais guildas apresentaram menor frequência, sendo que as mais representativas foram as cultivadoras de fungos, apresentando oito morfoespécies. Entre elas se encontram as cultivadoras de fungo a base de folhas frescas (CFF: 5,6%) e as

cultivadoras de fungo a partir de material em decomposição (CFD: 3.9%). Já com duas morfoespécies se encontram as onívoras arbóreas que ocasionalmente se alimentam em estratos inferiores (OAI: 2.4%) e as espécies nômades e legionárias (ENL: 1.3%). Já as predadoras especialistas de solo e serapilheira (PES) e especialistas coletoras de exsudados (ECE) foram as guildas de menor frequência com 0.3% e 0.1% respectivamente. (Figura 7).

Em relação aos sistemas de cultivo, o gênero mais frequentemente encontrado foi *Pheidole* com 24% seguido de *Linepithema* (16%) e *Camponotus* (10%). O gênero *Pheidole* se enquadra no grupo funcional de formigas dominantes onívoras de solo e serapilheira. Diversos estudos relatam este gênero como o mais encontrado, entre eles estão os trabalhos de Santos et al (2006) e Frazão et al (2020). Uma possível explicação para isto é de que estas formigas são muito generalistas e agressivas em relação com outras espécies (HÖLLDOBLER E WILSON, 1990). Existem espécies do gênero *Pheidole* como a *Pheidole megacephala* que podem atuar no controle biológico de pragas, como o da broca do café (VARON, 2004). A dominância desse gênero ocorre pelo seu eficiente recrutamento, o que lhe permite dominar os recursos alimentares e excluir de maneira eficiente seus competidores (FOWLER, 1993). É um gênero hiperdiverso (WILSON, 2003), considerado não especialista, com espécies de ecologia muito diversificada e algumas altamente competitivas (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990).

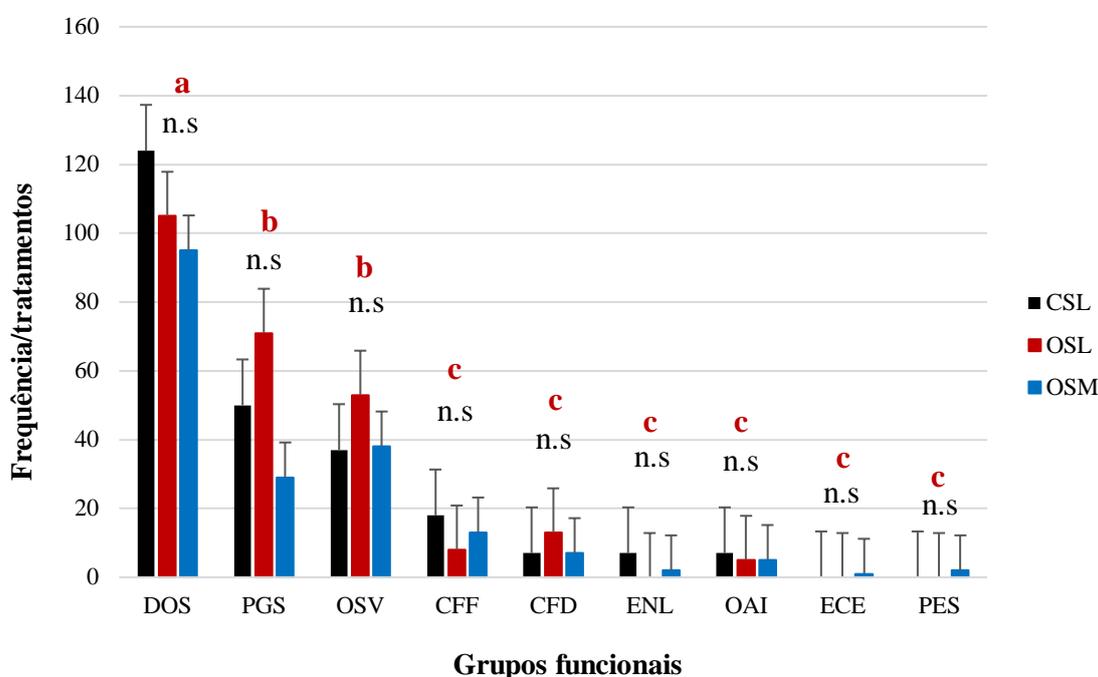
As espécies de *Linepithema* foram o segundo gênero mais frequente, estas formigas possuem ninhos populosos com mais de 1000 indivíduos, elas aproveitam o honeydew liberado por pulgões, membracídeos ou outros insetos que produzem essas substâncias açucaradas, elas também se alimentam de nectários extraflorais ou por predação de outros artrópodes (WILD, 2007).

O gênero *Camponotus* foi o terceiro gênero mais frequente. Este gênero possui um dos maiores números de espécies descritas em nível mundial (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990), tem ampla distribuição geográfica e grande diversidade de adaptações ecológicas. É constituído por espécies arborícolas e terrícolas, com dieta bastante variada, muitas possuem alta capacidade de invasão e adaptação para interagir com outros organismos (WILSON, 1976).

4.2. Frequência de captura, tratamentos/grupos funcionais.

Segundo a análise (Quasipoisson; $\chi^2 = 5,40$ d.f. = 2 $p = 0,06$, não houve diferença significativa entre a frequência de espécies de cada tratamentos; mas entre guildas houve diferença, ($\chi^2 = 510,52$ d. f. = 8 $p < 0,001$) (Figura 7).

Figura 7. Frequência dos grupos funcionais por tratamentos. Cada cor representa um tratamento; Orgânico Sombreado (OSM), Orgânico ao sol (OSL), Convencional ao sol (CSL). As linhas representam o erro padrão; n.s que não existe diferença significativa entre os tratamentos e letras diferentes e em vermelho indicam diferença significativa entre guildas ou grupos funcionais, quando comparadas por análise de Tukey (teste de Bonferroni ($p=0.05$)).



Fonte: Do Autor (2021)

Costa realizou um trabalho em 2018, onde relatou que diferentes grupos funcionais podem responder de diferentes formas a cobertura florestal de um local e que existe diferença de sensibilidade entre as diferentes espécies de formigas em relação à perda de habitat florestal. Dessa maneira, é possível que se realize uma analogia para os diferentes sistemas de café.

As formigas dominantes onívoras de solo e serapilheira se mostraram em maior frequência com 46,5%, pois possuem um hábito alimentar muito diversificado, de modo que podem comer diferentes alimentos que encontrarem no cafeeiro. Estas formigas

recrutam em grande quantidade e são agressivas em relação a outras espécies. Neste grupo estão a maioria das espécies do gênero *Pheidole*.

As formigas poneríneas predadoras generalistas de solo e serapilheira são o segundo grupo com maior frequência com 21,5%, pois são predadoras grandes e agressivas e utilizam o seu ferrão contra outros insetos. Neste grupo estão espécies do gênero *Dinoponera*, *Pachycondyla*, *Ectatomma* e *Odontomachus*.

As formigas oportunistas de solo e vegetação são o terceiro grupo com maior frequência com 18,4%, pois são formigas que podem aproveitar bem o ambiente do cafeeiro, elas constroem seus ninhos em diversos locais recrutam em grande quantidade e evitam interações agressivas com outras espécies. Algumas espécies dos gêneros *Camponotus*, *Pheidole*, *Paratrechina* e *Brachymyrmex* fazem parte deste grupo.

As formigas cultivadoras de fungo a base de folhas frescas são o 4º grupo em relação a frequência com 5,6%, já que são formigas que possuem grandes ninhos com um recrutamento também em grande quantidade. Elas cultivam fungos a partir de folhas que coletam do ambiente e são representadas pelos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*.

Formigas cultivadoras de fungo a partir de material em decomposição são o 5º grupo em relação à frequência com 3,9%, pois são formigas que cultivam fungos a partir de materiais em decomposição como fezes, materiais vegetais se decompondo e restos mortais de animais que não são muito comuns no cafeeiro. São formigas medias ou pequenas e possuem pequenas colônias sendo representados pelos gêneros *Mycocepurus*, *Sericomyrmex*, *Apterostigma*, *Myrmicocrypta* e *Cyphomyrmex*.

Formigas espécies nômades e legionárias são o 6º grupo em relação à frequência com 3,4%. Isso ocorre porque são formigas que se movimentam de um local ao outro não possuindo um ninho fixo, são formigas muito agressivas e invadem ninhos de outros insetos.

As formigas onívoras arbóreas que ocasionalmente se alimentam em estratos inferiores são o 7º grupo em relação à frequência com 1,3%, pois geralmente são encontradas em pequenas arvores, onde fazem seus ninhos e não no solo. São formigas com grande recrutamento e podem ir ao solo se percebem a presença de alimento, são representadas pelos gêneros *Azteca*, *Linepithema*, *Wasmannia* e *Crematogaster*.

As formigas especialistas coletoras de exsudatos são o 8º grupo em relação à frequência com 0,3%, pois estas formigas constroem seus ninhos na vegetação com uma população pequena e possuem uma atividade específica de coleta de exsudatos que talvez

não sejam produzidos por uma planta de café, são representadas pelos gêneros *Dolichoderus* e *Procryptocerus*.

As formigas predadoras especialistas de solo e serapilheiras são o 9º grupo em relação à frequência com 0,1%. Por serem predadoras especialistas de larvas de Entomobryidae, é possível que estejam perdendo em competição para predadores mais generalistas e não conseguindo permanecer na área.

Estas explicações foram criadas utilizando-se como referência a caracterização de cada grupo funcional feita por Silvestre (2003).

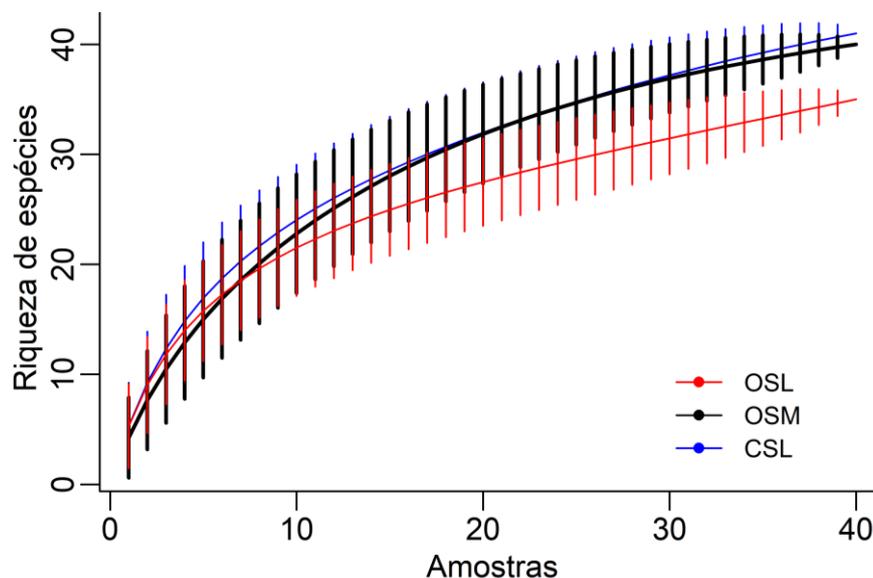
4.3. Estimativas de riqueza de espécies nas áreas de café amostradas

Observou-se na curva de rarefação de Coleman que o tratamento CSL acumulou maior riqueza de espécies com (41), seguidas pelo tratamento OSM (40) e OSL (35) (Figura 8). Entretanto, é possível perceber que a riqueza de espécies de formigas estimada é diferente no tratamento OSL, quando corrigimos o problema da frequência pela rarefação.

Um estudo realizado no mesmo local por Fortes (2019) em sistemas de café orgânico, SAT e convencional encontrou maior diversidade de formigas em lavouras orgânicas e SAT e menor diversidade em lavouras convencionais. Outro estudo realizado também na mesma região comparando monocultivos de café e fragmentos florestais realizado por Angotti (2018) não encontram diferença significativa na riqueza de espécies entre estes ambientes, porém observou-se uma diferença na composição de espécies.

Uma possível hipótese é o fato de que nos cultivos convencionais não foram utilizados inseticidas. E as formigas mais encontradas são formigas com características dominantes, onívoras possuindo hábito alimentar variado ou sendo predadoras generalistas e oportunistas podendo se aproveitar bem do ambiente em que se encontram assim se adaptando aos diferentes sistemas do cafeeiro.

Figura 8 - Curva de rarefação de Coleman dos tratamentos; Orgânico Sombreado (OSM), Orgânico ao sol (OSL), Convencional ao sol (CSL).



Fonte: Do Autor (2021)

Analisando-se as curvas de suficiência amostral produzidas por os estimadores de riqueza de espécies não-paramétricos, baseados na incidência (*Jacknife 1*, *Jacknife 2* e *Bootstrap*) para as áreas de café amostradas, constata-se que continuam ascendentes, não atingindo a assíntota (Figura 9). Essa situação é clássica em amostragens de comunidades de formigas nas regiões tropicais, uma vez que, para grupos hiperdiversos como as formigas, é sempre necessário um grande esforço amostral para que a assíntota da curva seja atingida (SILVA e SILVESTRE, 2000).

A riqueza estimada para as áreas de café amostradas pelos estimadores de riqueza mostrou que não estão muito acima da riqueza observada (Tabela 2). Apesar de estabilizadas, também mostram que ainda existe a tendência de aumento da riqueza de espécies (Figura 9).

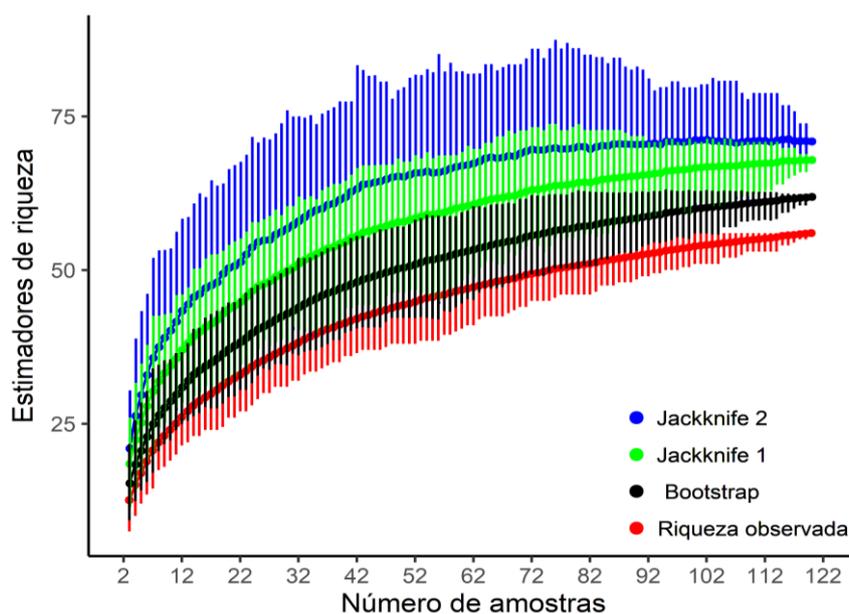
A riqueza encontrada em campo foi de (n= 56 espécies) sendo a riqueza média estimada pelos estimadores *Jacknife 2* (70.92) e *Jacknife 1* (67.90); o que representou uma eficiência amostral de 79% e 82% respectivamente. Já a estimativa gerada pelo estimador *Bootstrap*, alcançou 61.90, resultando em uma eficiência amostral de 90%, indicando o melhor desempenho dos estimadores utilizados (Tabela 2)

Tabela 2 - Resultados dos estimadores de riqueza de espécies *Jackknife 1*, *Jackknife 2* e *Bootstrap*.

Estimadores de riqueza de espécies		
	Observado	Estimado
<i>Jackknife 1</i>	56	67.90
<i>Jackknife 2</i>	56	70.92
<i>Bootstrap</i>	56	61.90

Fonte: Do Autor (2021)

Figura 9 - Curva de acúmulo de espécies com os estimadores de riqueza *Jackknife 1*, *Jackknife 2* e *Bootstrap* de toda a área amostrada.



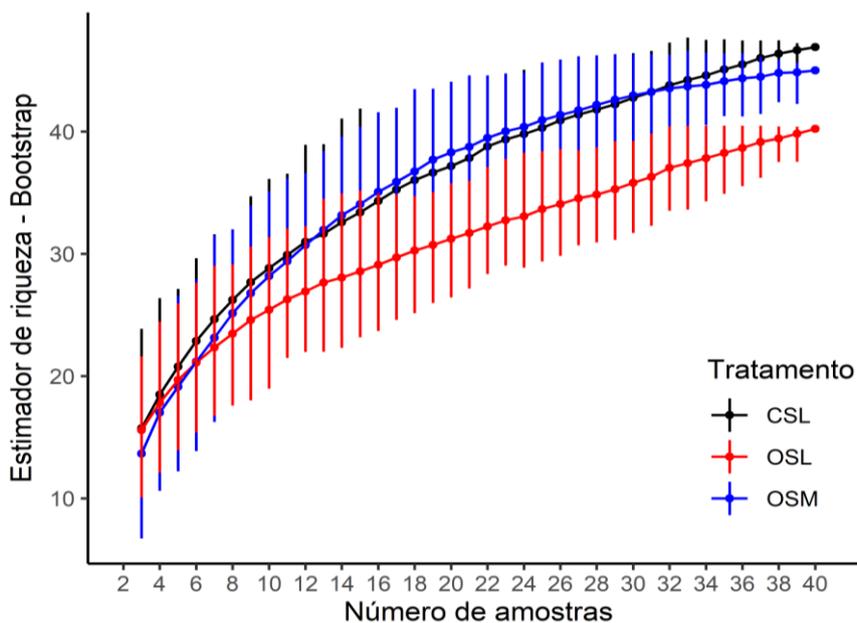
Fonte: Do Autor (2021)

Posteriormente, analisamos o comportamento de nossos tratamentos (OSM, OSL e CSL), com uma curva de acúmulo de espécies com o estimador de riqueza *Bootstrap*, observando-se que a curva foi diferente no tratamento OSL, não sobrepondo-se do número de amostras 35 até a 40 (Figura 10, Tabela 3). Sendo maior a acumulação de táxons no tratamento CSL, seguido pelos tratamentos OSM e OSL (Figura 8 e 10, Tabela 3).

Apesar de haver uma leve diferença para o tratamento orgânico ao sol, apresentando 5 morfoespécies a menos que os outros tratamentos não houve diferença

significativa indicando que as formigas podem se adaptar e se manter em diferentes sistemas reafirmando o que diz Corrêa (2000).

Figura 10. Curva de acúmulo de espécies com o estimador de riqueza Bootstrap dos tratamentos; Orgânico Sombreado (OSM), Orgânico ao sol (OSL), Convencional ao sol (CSL).



Fonte: Do Autor (2021)

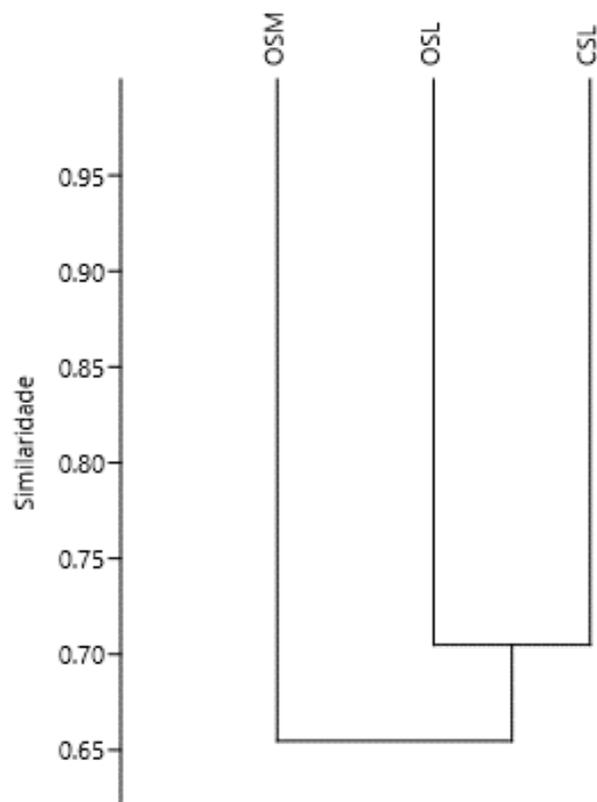
Tabela 3 - Resultados do estimador de riqueza de espécies *Bootstrap*.

Tratamentos	Riqueza observada	Riqueza estimada <i>Bootstrap</i>	Erro padrão
CSL	41	46.90	2.28
OSL	35	40.22	1.95
OSM	40	44.98	2.21

4.4. Análises de Cluster e Permanova

A análise de Cluster (Bray-Curtis) com um coeficiente de correlação: 0.941, mostrou que os tratamentos CSL e OSL são mais similares (70%) que o tratamento OSM (66%), conformando-se assim dois grupos distintos (Figura 12). O primeiro é representado pelos tratamentos OSL e CSL e o segundo pelo tratamento OSM, evidenciando assim uma diferença estrutural entre os tratamentos amostrados.

Figura 12 - Cluster (índice de similaridade de Bray-Curtis) para os tratamentos. Orgânico Sombreado (OSM), Orgânico ao sol (OSL), Convencional ao sol (CSL).



Fonte: Do Autor (2021)

Por outro lado, os tratamentos não têm diferença significativa (Permanova, Bray-Curtis; $F_{2,4} = 1.4080$; $p = 0.114$); observando-se também uma leve dispersão do tratamento OSM.

Uma hipótese para que o tratamento orgânico sombreado apresentou uma pequena distância em relação aos outros sistemas é o fato de haverem plantas de banana fornecendo sombra para o ambiente, criando uma distinção entre um ambiente a sombra ou ao sol. Isto pode ocorrer pois um ambiente com maior diversidade de plantas, possuindo um sombreamento cria um microclima benéfico para que as formigas façam seus ninhos (GAMBA, 2018). Porém isto não é suficiente para criar uma diferença significativa, pois, como dito acima as formigas mais encontradas são de grupos generalistas e oportunistas podendo se adaptar ao ambiente.

5- CONCLUSÕES

1. A subfamília com maior frequência na área foi Myrmicinae e o gênero mais frequente foi *Pheidole*.
2. As formigas dominantes onívoras de solo e serrapilheira foram dominantes em relação aos demais grupos funcionais independente do sistema de cultivo.
3. A comunidade de formigas nos sistemas de manejo convencional ao sol, orgânico ao sol e orgânico sombreado são semelhantes.

6- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gênero *Pheidole* apresentou a maior frequência, sendo um gênero predador em que há relatos de predação também de uma importante praga do cafeeiro, *Hypothenemus hampei*. Sendo assim, sugere-se estudos para que se tenha um melhor aproveitamento deste comportamento.

7- APÊNDICE

Descrição das fazendas de cafeeiro no município de Poço Fundo, MG, 2019.

Sistema de produção de café convencional ao sol (CSL).				
Fazenda	(I)	(II)	(III)	(IV)
Área	3 ha	1,5 ha	4 ha	1,4 ha
Idade	20 anos	20 anos	10 anos	20 anos
Variedade	Catuá vermelho	Catuá vermelho	Catuá	Mundo Novo
Espaçamento	3 x 1m	3 x 1 m	3 x 1 m	3 x 1 m
Adubo utilizado	NPK	NPK	NPK e compostagem	NPK
Agroquímicos	Glifosato, Impact	Não	Não	Glifosato e fungicidas de solo
Consortio	Não	Feijão guandu	Não	Não
Espécies nativas	Embaúba, pereira	Não	Pereira	Pereira e outras nativas
Serapilheira	Não			
Plantas daninhas	Roçadas e glifosato	Roçadas	Roçadas	Roçadas e glifosato
Plantas de cobertura	Nativas	Não	Nativas	Nativas
Sistema de produção de café orgânico ao sol (OSL).				
Fazenda	(I)	(II)	(III)	(IV)
Área	4,4 ha	3,33 ha	1,67 ha	2,49 ha
Idade	15 anos	20 anos	20 anos, 3 anos	20 anos, 2 anos
Variedade	Catucui, Mundo Novo, Catuá	Catuá Amarelo, Acaiá	Mundo Novo, Catucui	Mundo Novo, Catuá
Espaçamento	3 x 1 m	2,5 x 1m, 3,5 x 1,2m	3 x 1,2m	3,5 x 1,5m, 3,5 x 1,2m
Adubo utilizado	Torta de mamona, farinha de carne e ossos	Adubos verdes Crotalaria, Feijão guandu	Adubos orgânicos	Adubos orgânicos
Agroquímicos	Não			
Consortio	Não	Leguminosas	Não	Não
Espécies nativas	Embaúba, Pereira	Não	Embaúba	Embaúba, Pereira
Serapilheira	Não			
Plantas daninhas	Roçadas			
Plantas de cobertura	Nativas			
Sistema de produção de café orgânico sombreado (OSM)				
Fazenda	(I)	(II)	(III)	(IV)
Área	1,8 ha	1,6 ha	1 ha	1,7 ha
Idade	19 anos	20 anos	50 anos, 2 anos	15 anos

Variedade	Mundo Novo	Icatu, Mundo Novo	Mundo Novo, Arara	Catuaí vermelho
Espaçamento	3 x 1m	3 x 1 m	3 x 1 m, 2 x 1,25m	3 x 1 m
Adubo utilizado	Farinha de carne e ossos, torta de mamona			
Agroquímicos	Não			
Consortio	Feijão e Banana	Banana	Não	Feijão Guandu
Espécies nativas	Peroba, Ipê, Jacarandá	Peroba, Ipê, embaúba	Plantadas Mogno e cedro australiano	Embaúba, Pereira
Serapilheira	Não			
Plantas daninhas	Roçada			
Plantas de cobertura	Nativas			

* Nomes científicos: *Crotalaria* (*Crotalaria spectabilis*); Feijão guandu (*Cajanus cajan*); Embaúba (*Cecropia pachystachya*); Banana (*Musa paradisiaca*); Cedro australiano (*Toona ciliata*); Mogno (*Swietenia macrophylla*); Ipês (*Handroanthus albus*, *Handroanthus impetiginosus*); Jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*); Peroba (*Aspidosperma polyneuron*) e Pereira (*Platycyamus regnellii*).

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC. **Café e Saude**. Disponível em: <<http://abic.com.br/cafe-com/cafe-e-saude/>>. Acesso em 21 abr. 2020.

ALBUQUERQUE, E. Z. e DIEHL, E. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera, Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Entomologia**. 53(3): 398–403, 2009.

Almeida, L.F.; Zylbersztajn, D. Key Success Factors in the Brazilian Coffee Agrichain: Present and Future Challenges. **Food System Dynamics**, São Paulo, p.45-53, 2016.

ANDERSEN, A.; HOFFMANN, B.D.; MÜLLER, W.J. e GRIFFITHS, A.D. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. **Journal of Applied Ecology**. p. 8-17, 2002.

ANDROCIOLI, H.G. **Controle do bicho-mineiro e de doenças do cafeeiro com insumos potenciais para o sistema orgânico**. 2010. 106p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Londrina. Londrina 2010.

ANGOTTI, M.A. **Ant assemblage and its ecological functions in coffee crop systems**. 2018. 116p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Lavras. Lavras, Brasil. 2018.

ANTWEB. Disponível em <<https://www.antweb.org/project.do?name=allantwebants>> Acessado em 13/fevereiro/2021.

ANTWIKI. Disponível em <<https://antwiki.org/wiki/Brazil>> Acessado em 13/fevereiro/2021.

ARMBRECHT, I.; RIVERA, L.; PERFECTO, I. Reduced diversity and complexity in the leaf-litter ant assemblage of Colombian coffee plantations. **Conservation Biology**. 19, 897-907, 2005.

BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNANDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. L.P.; SOLAR, R. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Editora, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA. Manaus. 2015. 388p.

BATES, D.; MÄCHLER, M.; BOLKER, B. e WALKER, S. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. **Journal of Statistical Software**. 67(1). 2015.

BARRA, G. M. J.; LADEIRA, M. B. Teorias institucionais aplicadas aos estudos de sistemas agroindustriais no contexto do agronegócio café: uma análise conceitual. **REGE - Revista de Gestão**, São Paulo, v. 23, n. 2, p.159–171, 2016.

BENAVIDES, P. e ARÉVALO, H. Manejo integrado: una estrategia para el control de la broca del café en Colombia. **Revista Cenicafé**. Colombia, 53: p.39–48, 2002.

BIANCHI, F. J. J. A.; BOOIJ, C. J. H.; TSCHARNTKE, T. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. Proceedings of the Royal Society B: **Biological Sciences**. London, 273, p.1715–1727, 2006.

BLISKA, F. M. M.; VEGRO, C. L. R.; JUNIOR, P. C. A.; MOURÃO, E. A. B.; CARDOSO, C. H. S. Custos de produção de café nas principais regiões produtoras do Brasil. **VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. São Paulo, Informações Econômicas, 2009.

BLONDEL, J. Guilds or functional groups: Does it matter? **Oikos**, 100: p.223–31, 2003.

BOSSERMANN, A.S. Mediating factors of land use change among coffee farmers in a biological corridor. **Ecological Economics**. Copenhagen v.20, p.79-88, 2012.

BRITO, C.D.; SANTOS, P. R.; PÉREZ-MALUF, R.; Diversidade de Himenópteros Parasitoides em Agroecossistema Cafeeiro Sombreado com Perspectiva ao Controle Biológico. **Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia**. Cadernos de Agroecologia, Fortaleza. Vol. 6, N. 2, 2011.

BRONSTEIN, J.L. The contribution of ant plant protection studies to our understanding of mutualism. **Biotropica**. Arizona, 30 p.150 – 161, 1998.

BUCKLEY, R.C. Interactions involving plants, homoptera, and ants. **Annual Review of Ecology and Systematics**.v.8, p.111-135. 1987.

BUSTILLO, A.E. Aspectos Sobre la Broca del Cafe *Hypothenemus hampei*, en Colombia. In: BUSTILLO, A.E. **Los Insectos y su Manejo en la Caficultura Colombiana**. Chinchiná Planecolor Ltda, Cap. 33, p. 388, 2008.

CÁRDENAS, M. R.; POSADA, F. J. Los insectos y otros habitantes de cafetales y platanales. **Comité Departamental de Cafeteros del Quindío**. Armenia, 2001 250p.

CARNEIRO, R.G.; MENDES, I.C.; LOVATO, P.E.; CARVALHO, A.M.; VIVALDI, L.J. Soil biological indicators associated to phosphorus cycling in Cerrado soils under no-till and conventional tillage systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasil, 39, p.661-669, 2004.

CASTELLINI, C.; BASTIANONI, S.; GRANAI, C.; BOSCO, A.D.; BRUNETTI, M. Sustainability of poultry production using the emergy approach: Comparison of conventional and organic rearing systems. **Agriculture Ecosystems & Environment**. Italy, 114, p.343-350, 2006.

CHANATASIG-VACA, C. I.; HUERTA, E.; ROJAS, P.; PONCE-MENDOZA, A. e MENDOZA J. Efecto del uso del suelo en las hormigas (Formicidae: Hymenoptera) de Tikinmul, Campeche, Mexico. **Acta Zoológica Mexicana**. 27 p.441-461. 2011.

CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira Café: Primeiro levantamento SAFRA 2020**. v.6, n.1, 2020.

CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira Café: Primeiro levantamento SAFRA 2020**. v.6, n.1, 2020.

CONSTANTINO, L. M.; NAVARRO, L.; BERRIO, A.; ACEVEDO, F. R.; RUBIO, D.; BENAVIDES, P. Aspectos biológicos, morfológicos y genéticos de *Hypothenemus obscurus* e *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). **Revista Colombiana de Entomología**. Bogotá, v. 37, n. 2, p.173-182, 2011.

COOXUPÉ. **A Cooxupé**. Disponível em: < <https://www.cooxupe.com.br/quem-somos/>> Acesso em: 21 abr. 2020.

CORREA, P.R. **Pragas urbanas, uma pesquisa de mercado**. 2000. 59p. Monografia (Especialização) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2000.

COSTA, M. M. S. **COMO A COBERTURA FLORESTAL INFLUENCIA AS ASSEMBLEIAS DE FORMIGAS EM ESCALA DE PAISAGEM?** 2018. 51 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Acre. Rio Branco, Brasil. 2018.

COSTA, B.R. Brazilian specialty coffee scenario. In: COSTA, B.R. **Coffee Consumption and Industry Strategies in Brazil**. São Paulo: Elsevier, cap 3, p.51-63, 2020.

COSTANTIN, A. M. Introdução aos sistemas agroflorestais, 2009. Acesso em 01 mai 2021. Disponível em <<https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/apostila-agroflorest.pdf>>

CUSHMAN, J. H.; BEATTIE, A. J. Mutualism: assessing the benefits to host and visitors. **Trends Ecology Evolution**. 6 193 – 195, 1991.

DE LA MORA, A.; MURNEN, C.J.; PHILPOTT, S.M. Local and landscape drivers of biodiversity of four groups of ants in coffee landscapes. **Biodiversity and Conservation**. 22 p.871–888, 2013.

DEBACH, P. The necessity for naecological approach to pest control on citrus in California. J. **Journal of Economic Entomology**. 1951, v.44 p.443-447, 1951.

DEL TORO, I.; RIBBONS, R. R. e PELINI, S. L. The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News**. 17 p.133-146. 2012.

DELABIE, J. H. C.; AGOSTI, D. e NASCIMENTO, I. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.; ALONSO, L. e SCHULTZ, T.(eds.), **Sampling ground-dwelling ants: cases studies from the world's rain forests**. pp. 1-17. Curtin University School of environmental Biology. 2000.

DIAS, N. D. S.; ZANETTI, R.; SANTOS, M. S.; PEÑAFLORES, M. F. G. V.; BROGLIO, S. M. F.; DELABIE, J. H. C. The impact of coffee and pasture agriculture on predatory and omnivorous leaf-litter ants. **Journal of Insect Science**. Vol.13, artigo 29, 2013.

DOREEN, G.; STEVEN, M. S.; WILLIAM, E. K.; TIM G. B. Food production vs. biodiversity: Comparing organic and conventional agriculture. **Journal of Applied Ecology**. United Kingdom, 50, p.355–364, 2013.

DORN R. I. Ants as a powerful biotic agent of olivine and plagioclase dissolution. **Geology**. 2014.

FAO.FAO **Statistical Coffee Pocketbook**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015.

FARJI-BRENER, A.G. e WERENKRAUT, V. The effects of ant nests on soil fertility and plant performance: a meta-analysis. **Journal of Animal Ecology**. 86 p.866–877, 2017.

FLECK, M. D.; CANTARELLI, E. B.; GRANZOTTO, F. Registro de novas espécies de formigas (hymenoptera: formicidae) no estado do rio grande do sul. **Ciência Florestal**. Santa Maria, Brasil, v. 25, n. 2, p. 491-499, 2015.

FOLGARAIT, P.J. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. **Biodiversity and conservation**. 7 p.1221–1244, 1998

FORNAZIER, M.J.; FANTON, C.J.; BENASSI, V.L.M.R. e MARTINS, D.S. Pragas do café conilon. In: FERRÃO R.G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; e DE MUNER, L.H. **Café conilon**, 1º ed., Vitória: Incaper, p. 405-449. 2007.

FORTES, A. R. **Levantamento da mirmecofauna em agrossistemas cafeeiros**. 2019. 38 p. Monografia de graduação. Instituto Federal de Educação Ciência e tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Machado. Machado, Brasil. 2019.

FRAZÃO, T. R.; SANTOS, W. F. S.; FERREIRA, P. F. A.; GEHRING, C. Diversidade de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em capoeira com babaçu em dois estágios de regeneração no Norte do Maranhão. In: XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2020, São Cristóvão, Sergipe. **Cadernos de Agroecologia**. v. 15, no 2, 2020.

FREDERICO, S.; BARONE, M. Globalização E Cafés Especiais: a Produção Do Comércio Justo Da Associação Dos Agricultores Familiares Do Córrego D'Antas - Assodantas, Poços De Caldas (Mg). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 393–404, 2015.

FURTADO, C. **Formação Econômica do Brasil**. 32.ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2005.

GALLEGO, R. M. C.; ARMBRECHT, I. Depredación por hormigas sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae) en cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**. Costa Rica. 76, 32–40. 2005.

GAMBA, R.M. Mimercofauna asociada a cafetales bajo sombra em Quipile, Cundinamarca, Colombia. **Acta Agronómica**, V.67, n.4, p.461-470, 2018.

GOMIERO, T.; PIMENTEL, D.; e PAOLETTI, M. G. Environmental impact of different agricultural management practices: Conventional vs. organic agriculture. **Critical Reviews in Plant Science**. Italy, 30, 95–124, 2011.

GONTHIER, D.J.; ENNIS, K.K.; PHILPOTT, S.M.; VANDERMEER, J.; PERFECTO, I. Ants defend coffee from berry borer colonization. **Biological Control**. 58, 815–820, 2013.

GRANER, E. A.; GODOY, C. **Manual do cafeicultor**. São Paulo: Ed Melhoramentos, 1967.

GUERRERO, R. J. e SARMIENTO, C. E. Distribucion altitudinal de hormigas (Hymenoptera, Formicidae) en la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). **Acta Zoológica**. Mexico. 26(2) p.279-302. 2010.

GURR, G. M.; STEPHEN, D. W.; LUNA J. M. Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. **Basic and Applied Ecology**. 4, 107–116, 2003.

HANSON, P. E.; GAULD, I. D. Hymenopteras de la region Neotropical. Gainesville. **American Entomological Institute**. v. 77 994p., 2006.

HELLA, J. P.; MDOE, N. S. e LUGOLE, J. S. **Coffee baseline report** for. Tanzania Coffee Research Institute. Bureau for Agricultural Consultancy and Advisory Services. Morogoro, 2005.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The Ants**. Berlin: Belknap Press, 1990.

HOLWAY, D.; LACH, L.; SUÁREZ, A.; TSUTSUI, N.; CASE, T. The causes and consequences of ant invasions. **Annual Review of Ecology and Systematics**. 33 181–233, 2002.

HUANG, H. e YANG, P..The ancient cultured citrus ant. **BioScience**. 37, 665–671, 1987.

HUGHES, D. P.; PIERCE, N. E.; BOOMSMA, J. J. Social insect symbionts: evolution in homeostatic fortresses. **Trends in Ecology and Evolution**. 23 672–77, 2008.

HUSNI; JAUHARLINA e SAIFULLAH. Composition and structure community of arthropods in organic and conventional arabica coffee plantation. **Earth and Environmental Science**. v. 260. 2019.

ICO. **Monthly Coffee Market Report** (2017/18. Disponível em <<http://www.ico.org/MarketReport-17-18-e.asp>> Acesso em 01 fev. 2021.

ICO. **Monthly Coffee Market Report**. Disponível em: <<http://www.ico.org/MarketReport-19-20-e.asp>> Acesso em 21 abr. 2020.

ICO. **Relatorio sobre o mercado de café Janeiro 2021**. Disponível em <<http://www.ico.org/pt/Market-Report-20-21-p.asp>> Acesso em 01 fev. 2021.

ICO. **Trade Statistics Tables**. Disponível em: <http://www.ico.org/trade_statistics.asp?section=Statistics>. Acesso em 21 abr. 2020.

ITINO, T.; DAVIES, S.; TADA, H.; HIEDA, Y.; INOBUCHI, M.; ITIOKA, T.; YAMANE, S.; INOUE, T. Cospeciation of ants and plants. **Ecological Research**. 16, p.787 – 793, 2001.

JHA, S.; BACON, C. M.; PHILPOTT, S. M.; MÉNDEZ, V. E.; LÄDERACH, P.; RICE, R. A. Shade coffee: update on a disappearing refuge for biodiversity. **Bioscience**. 64, 416– 428. 2014.

- KIMANI, M.; LITTLE, T. e VOS, J. G. M. **Introduction to Coffee Management through Discovery Learning. Farmer Participatory Training and Research Programme.** IPM Source Book, 2002. Disponível em <<https://hortintl.cals.ncsu.edu/articles/introduction-coffee-management-through-discovery-learning>> Acesso em 08 mai 2020.
- KING, J. R.; ANDERSEN, A. N. e CUTTER, A. D. Ants as bioindicators of habitat disturbance: validation of the functional group model for Australia's humid tropics. **Biodiversity and Conservation**. 7 (12): 1627- 1638. 1998
- LANDIS, D.A.; WRATTEN, S.D.; GURR, G.M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**. 45, 175–201, 2000.
- LANGELLOTTO, G.; DENNO, R. Responses of invertebrate natural enemies to complex-structured habitats: a meta-analytical synthesis. **Oecologia**, 139, 1–10. 2004.
- LARSEN, A.; PHILPOTT, S. M. Twig-nesting ants: the hidden predators of the coffee berry borer in Chiapas, Mexico. **Biotropica**, 42, 342–347. 2010.
- LASMAR, C. J.; QUEIRO, A. C. M.; RABELLO, A. M.; FEITOSA R. M. Testing the effect of pitfall-trap installation on ant sampling. **Insectes Sociaux**. 64, p.445–451. 2017.
- LESTON, D. Neotropical ant mosaic. **Annals of the Entomological Society of America**. 71 p.649–653, 1978.
- LOZANO, F.; ULLOA, P. e ARMBRECHT, I. Hormigas: Relaciones Especies-Area en Fragmentos de Bosque Seco Tropical. **Neotropical Entomology**. 38(1): 44-54. 2009.
- MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. **Histórico e importância socioeconômica da cafeicultura**. Lavras, MG: Ed. UFLA/FAEPE, 2002.
- MONZÓN, A. J.; GUHARAY, F.; KLINGEN, I. Natural occurrence of *Beauveria bassiana* in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) populations in unsprayed coffee fields. **Journal of Invertebrate Pathology**. Noruega, 97, p.134–141, 2008.

MORAL, R. A.; HINDE, J. e DEMÉTRIO, C. G. B. Half-Normal Plots and Overdispersed Models in R: The hnp Package. **Journal of Statistical Software**. 81(10), 2017.

MORRIS, J. R.; PERFECTO, I. Testing the potential for ant predation of immature coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) life stages Agriculture. **Ecosystems and Environment**. 233, 224–228. 2016.

MURINDAHABI, T.; LI, Q.; NISINGIZWE, E.; EKANAYAKE, E. M. B. P. Do coffee exports have impact on long-term economic growth of countries? **Agricultural Economics**. p.385–393, 2019.

NASH, D. R.; BOOMSMA, J. J. Communication between hosts and social parasites. In D’Ettorre P.; Hughes D.P. **Sociobiology of Communication: An Interdisciplinary Perspective**. United Kingdom: Oxford University Press, 2008. P.55–80.

NEVES, P. M. O. J. Utilização de *Beauveria bassiana* no manejo da broca-do-café no Brasil. broca-do-café. In: **MANEJO DABROCA-DO-CAFÉ WORKSHOP**, 2007, Londrina, PR. Anais [...]. Londrina, PR: Instituto Agronômico do Paraná, 2007. p. 233-248. Disponível em: <https://s3.saeast1.amazonaws.com/dgcdi/documents/5a83c8f93bad36a3e7bbd915711ac1942e91c5c1.pdf#page=234>. Acesso em: 18 mai. de 2020.

NOULA, A. G.; SAMA, G. L.; GWAH, M. D. Impact of agricultural export on economic growth in Cameroon: Case of banana, coffee and cocoa. **International Journal of Business and Management Review**, United Kingdom, 1: p.44–71, 2013.

OKSANEN, F. J.; BLANCHET, G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D.; MINCHIN, P. R.; O’HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P. M.; STEVENS, H. H.; SZOECS, E. e WAGNER, H. Vegan: Community Ecology. Package. **R package version 2.5-7**. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Structural changes and compressive behavior of a dystrophic clayey Red Latosol under different use and management systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 38, 291-299, 2003.

OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. **Journal of Applied Entomology**. v. 137, n. 1-2, p. 1-15, 2013.

PALL, J. L.; KHIN, R. G. BARBARDOS, e QUIRAN, E. M. Biodiversity of the ants (Insecta: Hymenoptera) associated with the center Agroecosystem of Argentina. **Munis Entomology & Zoology**, 9(1): 170-177. 2014.

PARR, C. L. e GIBB, H. Competition and the role of dominant ants. In Lach L.; Parr C. and Abbott K. **Ant ecology**. Oxford: Oxford University Press, 2009. p. 77–96.

PARRA, J. R. P.; GONÇALVES W.; GRAVENA, S.; MACONATO, A. R. Parasitos e predadores do bicho-mineiro *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) em São Paulo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina. v. 6, n. 1, p. 138-143. 1977.

PARRA, J. R. P. e REIS, P. R. **Manejo integrado para as principais pragas da cafeicultura, no Brasil**. Visão agrícola, 2013. Nº 12.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; SOUZA, P. M.; GOLYNSKI, A; PONCIAN, N. J. Social-economical profile of organic coffee growers in northern Espírito Santo state - satisfaction with the activity and reasons for joining certification. **Revista Ceres**. Viçosa-MG. 53(305): p.55-64. 2006.

PEREIRA, B. B.; SILVA, R. A.; MATOS, C. S. M; PEREIRA, A. B.; ALCÂNTARA, E. N.; XAVIER, E. P. Influência do tipo de manejo do mato em lavouras cafeeiras sobre a população de bicho-mineiro-do-cafeeiro e vespas predadoras. In: **X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 2019, Vitoria - ES.

PERFECTO, I. e VANDERMEER, J. Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: ants in coffee plantations in southern Mexico. **Conservation Biology**. 16 174-182, 2002.

PERFECTO, I.; RICE, R. A.; GREENBERG, R; e VAN DER VOORT, M. E. Shade Coffee: a Disappearing Refuge for Biodiversity. **BioScience**. 46, 598–608, 1996.

PERFECTO, I.; RICE, R.; GREENBERG, R.; VAN DER VOORT, M. E. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. **Bioscience**. 46, p.598–608, 1996.

PHILPOTT, S. M. e ARMBRECHT, I. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and diversity in predatory function. **Ecological Entomology**. 31 p.369-377, 2006.

PHILPOTT, S. M.; GREENBERG, R.; BICHIER, P.; e PERFECTO, I.. Impacts of major predators on tropical agroforest arthropods: Comparisons within and across texas. **Oecologia**. 140, p.140–149, 2004.

PHILPOTT, S. M.; ARENDT, W. J.; ARMBRECHT, I.; BICHIER, P.; DIESTCH, T. V.; GORDON, C.; GREENBERG, R.; PERFECTO, I.; REYNOSO-SANTOS, R.; SOTO-PINTO, L.; TEJEDA-CRUZ, C.; WILLIAMS-LINERA, G.; VALENZUELA, J.; ZOLOTOFF, J. M. Biodiversity loss in Latin American coffee landscapes: review of the evidence on ants, birds, and trees. **Conservation Biology**. 22, p.1093–1105. 2008.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing (3.6). **R Foundation for Statistical Computing**. 2019 <https://www.r-project.org/>

REIS, P. R. e SOUZA, J.C. Insetos na folha. **Cultivar**. 4 (38), 30-33, 2002.

RIBAS, C. R.; SCHOEREDER, J. H.; PIC, M.; SOARES, S. M. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale process regulating arboreal ant species richness. **Austral Ecology**, 28 p.305–314. 2003.

ROJAS, P. Las hormigas del suelo en Mexico: diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). **Acta Zoológica Mexicana**. Número especial 1 p.189-238. 2001.

SANTOS, M. S.; LOUZADA, J. N. C.; DIAS, N.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; NASCIMENTO, I. C. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. *Iheringia*, **Série Zoologia**, v. 96, n. 1, p. 95-101, 2006.

SASAKI, L.L. **A percepção sobre as formigas (Hymenoptera Formicidae) no contexto agroecológico: conhecimentos e práticas dos agricultores familiares do**

entorno do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, SC. Trabalho de Conclusão de curso em Bacharelado em Ciências Biológicas, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2010.

SAVOLAINEN, R. e VEPSÄLÄINEN, K. A competition hierarchy among boreal ants: impact on resource partitioning and community structure. **Oikos**. 51 p.135–155, 1988.

SEARLE, S. R.; SPEED, F. M. e MILLIKEN, G. A. Population Marginal Means in the Linear Model: An Alternative to Least Squares Means. **The American Statistician**. 34(4) p.216–221, 1980.

SILVA, R. R. e SILVESTRE, R. R. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em Seara, Oeste de Santa Catarina. **Biotemas**, 13 p.85-105. 2000.

SILVA, C. L.; SIQUEIRA FILHO, G. M.; PALERMO JUNIOR, J. A. Associação de produtos químicos no controle da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*), em comparação ao produto padrão de mercado. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS**, 41, Poços de Caldas-MG. Anais... Matielo, J.B.(ed.). Brasília: Embrapa Café, 2015.

SILVESTRE, R.; BRANDAO, C. R. F. e SILVA, R. R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado. En: F. Fernandez (Ed.), **Introducción a las hormigas de la Región Neotropical**. Instituto de Investigacion de Recursos Biologicos Alexander von Humboldt, Bogota, Colombia. Smithsonian Institution Press. XXVI. P.398. 2003.

SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C. R. F.; ROSA DA SILVA, R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado. In **Introducción a las hormigas de la región neotropical**. Colombia, Instituto Humboldt Bogotá. Editor F. Fernandez. 2003. 7, 113-148.

SIMBERLOFF, D. e TAMAR, D. The guild concept and the structure of ecological communities. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 22: 115–43, 1991.

SOUSA, R. K. R.; OLIVEIRA, K. N. S.; MENDONÇA, A. S. A.; SOUZA, M. S. P.; BISPO, J. A. S. Desafios da Produção Orgânica em Capitão Poço/PA: Um Estudo de Caso na Cadeia Produtiva de Citros. **Cadernos de Agroecologia**, v.13, n.2. 2018.

SOUZA, J. C.; REIS, P. R. **Pragas do cafeeiro: reconhecimento e controle**. Viçosa, MG: CTP. 54 2000p.

TSCHARNTKE, T.; KARP, D. S.; CHAPLIN-KRAMER, R.; BATÁRY, P.; DECLERCK, F.; GRATTON, C.; HUNT, L.; IVES, A.; JONSSON, M.; LARSEN, A.; MARTIN, E. A.; MARTÍNEZ-SALINAS, A.; MEEHAN, T. D.; O'ROURKE, M.; POVEDA, K.; ROSENHEIM, J. A.; RUSCH, A.; SCHELLHORN, N.; WANGER, T. C.; WRATTENR, S.; ZHANG, W. When natural habitat fails to enhance biological control - five hypotheses. **Biological Conservation**. 2016. p.204:449–458, 2016.

TSCHARNTKE, T.; TYLIANAKIS, J. M.; RAND, T. A.; DIDHAM, R. K.; FAHRIG, L.; BATÁRY, P.; BENGTSSON, J.; CLOUGH, Y.; CRIST, T. O.; DORMANN, C. F.; EWERS, R. M.; FRÜND, J.; HOLT, R. D.; HOLZSCHUH, A.; KLEIN, A. M.; KLEIJN, D.; KREMEN, C.; LANDIS, D. A.; LAURANCE, W.; LINDENMAYER, D.; SCHERBER, C.; SODHI, N.; STEFFAN-DEWENTER, I.; THIES, C.; VAN DER PUTTEN, W. H.; WESTPHAL, C.. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses. **Biological Reviews**. 87: p.661–685, 2012.

VANDERMEER, J.; PERFECTO, I.; PHILPOTT, S. Ecological complexity and pest control in organic coffee production: uncovering an autonomous ecosystem service. **Bioscience**. 60, p.527–537. 2010

VARÓN, E. H.; HANSON, P.; BORBÓN, O.; CARBALLO, M.; HILJE, L. Potencial de hormigas como depredadoras de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Costa Rica. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**. Costa Rica, 2004. No. 73 p.42-50, 2004.

VEGRO, C.L.R.; ALMEIDA, L.F. Global coffee market: Socio-economic and cultural dynamics. In: VEGRO, C.L.R.; ALMEIDA, L.F. **Coffee Consumption and Industry Strategies in Brazil**. São Paulo. Elsevier, 2020, cap 1, p.3-19.

VÉLEZ, M.; BUSTILLO, A. E.; POSADA, F. J. Hormigas de la zona central cafetera y perspectivas de su uso en el control de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). In: **Resúmenes XXVIII Congreso. Sociedad Colombiana de Entomología**. Colombia. 2001.

VÉLEZ, M.; BUSTILLO, A. E.; POSADA, F. J. Predación sobre *Hypothenemus hampei*, (Ferrari) de las hormigas *Solenopsis* spp., *Pheidole* spp. y *Dorymyrmex* spp. durante el

secado del café. In: **Resúmenes XXVII Congreso. Sociedad Colombiana de Entomología**. Colombia. 2000.

VILELA, P.; RUFINO, J. **Caracterização da cafeicultura de montanha de Minas Gerais**. Belo Horizonte: INAES, 2010.

WARD, P.S. Ants. **Current Biology**. V.16 p.152–155, 2006.

WILD, A.L. **Taxonomic revision of the ant genus *Linepithema* (Hymenoptera, Formicidae)**. University of California Press, 162p. 2007.

WILLIAMS, A. G.; . PEARCE, B. D.; SMITH, L. G.. The energy efficiency of organic agriculture. **Renewable Agriculture and Food Systems**. 30, 280–301, 2014.

WILSON, E. O. e HOLLOBLER, B. The rise of the ants: a phylogenetic and ecological explanation. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. **PNAS Perspective**. 102(21) p.7411- 7414. 2005.

WILSON, E. O. **Success and Dominance in Ecosystems: The Case of the Social Insects**. Oldendorf/Luhe – Germany: Ecology Institute, 1990.

WILSON, J. B. Guilds, functional types and ecological groups. **Oikos**, 86: p.507–522, 1999.