



VANESSA MARIA DE SOUZA BARROS

**ATRIBUTOS BIOLÓGICOS, QUÍMICOS E FÍSICOS EM
LAVOURAS CAFEIEIRAS ORGÂNICA E CONVENCIONAL
COM OU SEM PLANTAS DE COBERTURA NAS
ENTRELINHAS**

**LAVRAS – MG
2022**

VANESSA MARIA DE SOUZA BARROS

**ATRIBUTOS BIOLÓGICOS, QUÍMICOS E FÍSICOS EM LAVOURAS CAFEEIRAS
ORGÂNICA E CONVENCIONAL COM OU SEM PLANTAS DE COBERTURA NAS
ENTRELINHAS**

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.

Pesq. Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho
Orientador

Dra. Fatima Maria de Souza Moreira
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2022**

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

Barros, Vanessa Maria de Souza.

Atributos biológicos, químicos e físicos em lavouras cafeeiras orgânica e convencional com ou sem plantas de cobertura nas entrelinhas / Vanessa Maria de Souza Barros. - 2022.

194 p. : il.

Orientador(a): Gladyston Rodrigues Carvalho.

Coorientador(a): Fatima Maria de Souza Moreira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Café. 2. Agricultura orgânica. 3. Microbiologia. I. Carvalho, Gladyston Rodrigues. II. Moreira, Fatima Maria de Souza. III. Título.

VANESSA MARIA DE SOUZA BARROS

**ATRIBUTOS BIOLÓGICOS, QUÍMICOS E FÍSICOS EM LAVOURAS CAFEEIRAS
ORGÂNICA E CONVENCIONAL COM OU SEM PLANTAS DE COBERTURA NAS
ENTRELINHAS**

**BIOLOGICAL, CHEMICAL AND PHYSICAL ATTRIBUTES IN ORGANIC AND
CONVENTIONAL COFFEE CROPS WITH OR WITHOUT COVER CROPS
BETWEEN ROWS**

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 16 de agosto de 2022.

Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho	EPAMIG
Dra. Fatima Maria de Souza Moreira	UFLA
Dra. Dalysse Toledo Castanheira	UFLA
Dra. Letícia Maria Vieira	UFLA
Dr. Vinícius Teixeira Andrade	EPAMIG

Pesq. Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho
Orientador

Dra. Fatima Maria de Souza Moreira
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2022**

Aos meus pais, Maria Aparecida e Antônio, pelo apoio em todos os momentos, tornando possível esta conquista.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela certeza que tenho de que Ele nunca me deixará só, e pelas graças e vitórias alcançadas até aqui.

Aos meus pais, Maria Aparecida e Antônio, e aos meus irmãos e sobrinhos, por todo o amor, apoio e incentivo em todas as fases da minha vida.

Ao Jonathas, por todo o companheirismo e parceria, especialmente nesta fase, me mostrando a todo momento de que eu seria capaz.

Aos meus amigos, por todo o carinho e paciência comigo, mesmo à distância, sempre se fazendo presentes.

Aos proprietários da Fazenda Cachoeira, Mirian e Rogério, por terem cedido as áreas experimentais e por toda a colaboração e parceria que tiveram comigo ao longo de 2 anos de coletas mensais.

Ao meu orientador, Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho, pela paciência, apoio, confiança e orientação dadas para que este trabalho fosse realizado da melhor maneira possível.

À minha coorientadora, Dra. Fatima Moreira, por todo o apoio e disponibilidade em contribuir em todas as etapas de desenvolvimento deste trabalho.

À Dra. Sará Chalfoun pelo acolhimento, incentivo e contribuição em minha vida profissional e pessoal. Estendo o agradecimento à técnica do laboratório de Fitopatologia da Epamig, Vicentina Nazaret, por todo o auxílio e conhecimento repassado.

À Dra. Letícia Vieira e à Dra. Fernanda Medeiros, por toda a atenção, ajuda e disponibilidade para contribuir neste trabalho.

Ao pesquisador da Embrapa Dr. André Ferreira e ao Dr. Vinícius Andrade, da Epamig, por toda a parceria, auxílio e colaboração durante a condução deste estudo.

Aos professores, Dr. Adenilson Gonçalves, Dr. Luís Cláudio Silveira e Dr. Luís Roberto Batista, por todo o suporte e auxílio na identificação das amostras de suas respectivas áreas. Estendo o agradecimento ao pesquisador do Instituto Butantan Dr. Antônio Brescovit, mestras Nayara Reis e Gabriela Bandeira, doutoras Silvia Oliveira-Longatti, Natasha Lira e Fabiana Passamani, e graduanda em Agronomia Taísa Silva, por toda a colaboração durante as diferentes análises.

Aos meus amigos e colegas da EPAMIG e UFLA, pela amizade e por todo o apoio na condução dos experimentos, em especial ao Rafael Rodrigues, que foi peça fundamental nas etapas iniciais de condução e coleta deste estudo.

Aos demais professores do curso e funcionários da UFLA, EPAMIG e Fazenda Cachoeira, que contribuíram de forma direta para minha formação e realização deste trabalho, em especial à Grasiely Lima, Leandro Rocha, Jeanni Coelho, Helson e Dula, que tanto me ajudaram.

Ao CNPq, à CAPES, FAPEMIG, Consórcio Pesquisa Café e ao INCT Café, pelo apoio no desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa.

À Universidade Federal de Lavras e ao programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia pela oportunidade concedida.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pela parceria, disponibilização da estrutura e recursos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos – Código de Financiamento 001.

A todos que contribuíram de alguma forma para a minha formação acadêmica e pessoal.

Muito obrigada!

RESUMO

Objetivou-se avaliar o impacto das plantas de cobertura na qualidade do solo, na diversidade de fungos filamentosos, macro e mesofauna do solo, na composição florística e fitossociológica, na produtividade e qualidade da bebida de café arábica em sistemas de produção convencional e orgânico. O experimento foi conduzido na Fazenda Cachoeira, em Santo Antônio do Amparo-MG. Foram avaliados os atributos biológicos, microbiológicos, químicos, produtividade e qualidade da bebida. Os atributos químicos que exibiram maior peso na discriminação das cultivares nos diferentes ambientes e manejo foram: Mn, Zn, P, V, pH, K, Ca, V% CTC, Mg, Cu e S. Para os atributos microbiológicos, a β -glucosidase, urease, respiração, CBM e $q\text{CO}_2$ apresentaram maior capacidade de discriminação das cultivares. Coletou-se um total de 27.168 indivíduos pertencentes a três filos, duas classes e 14 ordens de macro e mesofauna. As ordens mais abundantes foram Collembola, Hemiptera e Coleoptera. Quanto aos grupos funcionais, as mais frequentes foram detritívoros/decompositores, fitófagos/herbívoros e fitófagos. Os gêneros predominantes de fungos foram: *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Talaromyces*, *Paecilomyces* e *Rhizopus*. Os grupos funcionais predominantes foram saprotroficos, de controle biológico e fungos facultativos. Capacidade de troca catiônica, saturação por bases, pH, Zn, Mn, Mg, P, Ca, S e K estiveram mais relacionados à maior diversidade fúngica. Um total de 41 espécies de plantas daninhas foram registradas, distribuídas em 38 gêneros e 19 famílias, com predominância Poaceae e Asteraceae. As espécies mais abundantes foram a *Cyperus* sp. e a *Urochloa decumbens* Staf., que ocorreram simultaneamente em todos os tratamentos e apresentaram maior importância (IVI) entre as plantas daninhas. A qualidade da bebida foi afetada positivamente pelo sistema de produção e adoção do plantio de plantas de cobertura. Os frutos secos apresentaram boa qualidade da bebida. As principais nuances observadas foram frutadas, carameladas, achocolatas e floral. Os sistemas de produção afetaram a análise sensorial e o desempenho na análise de conteúdo. O sistema orgânico apresentou melhor desempenho para todas as avaliações empregadas frente ao sistema convencional.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L. Fitossociologia. Qualidade do solo. Qualidade da bebida. Agricultura orgânica. Diversidade de fungos filamentosos e macro e mesofauna do solo.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the impact of cover crops on soil quality, on the diversity of filamentous fungi, soil macro and mesofauna, on the floristic and phytosociological composition, on the yield and quality of Arabica coffee beverage in conventional and organic production systems. The experiment was conducted in Fazenda Cachoeira, in Santo Antônio do Amparo-MG. Biological, microbiological and chemical attributes were assessed, in addition to yield and beverage quality. The chemical attributes that showed greater weight in the differentiation of cultivars in different environments and management were: Mn, Zn, P, V, pH, K, Ca, V%, CTC, Mg, Cu and S. For the microbiological attributes, β -glucosidase, urease, respiration, CBM and $q\text{CO}_2$ showed greater capacity of cultivar differentiation. We collected a total of 27,168 individuals belonging to three phyla, two classes and 14 orders macro and mesofauna. The most abundant orders were Collembola, Hemiptera and Coleoptera. As for the functional groups, the most frequent were detritivores/decomposers, phytophagous/herbivores and phytophagous. The organic production system had a positive effect on abundance and richness. The predominant genera the fungi were: *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicilium*, *Trichoderma*, *Talaromyces*, *Paecilomyces* and *Rhizopus*. The functional groups are predominantly saprotrophic, biological control and facultative fungi. CTC, SB, Exchange capacity, base saturation, pH, Zn, Mn, Mg, P, Ca, S and K are more related on the diversity of filamentous fungi. A total of 41 weed species were found and described, which were distributed in 38 genera and 19 families with the predominance of Poaceae and Asteraceae. The most abundant species were *Cyperus* sp. and *Urochloa decumbens* Staf. that occurred simultaneously in all treatments and showed greater importance (IVI) among weeds. The similarity index is generally low, indicating that the weed community was affected by the presence and absence of cover crops. The dried fruits had good beverage quality. The main nuances observed were fruity, caramel, chocolate and floral. The production systems affected the sensory analysis and the performance in the content analysis. The organic system presented better performance against all the estimates used in the conventional system.

Keywords: *Coffea arabica* L. Phytosociology Soil quality. Beverage quality. Organic agriculture. Diversity of filamentous fungi. Soil macro-and mesofauna.

SUMÁRIO

	ARTIGO 1 ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS, PRODUTIVIDADE E A QUALIDADE DA BEBIDA SÃO INFLUENCIADOS POR SISTEMAS DE PRODUÇÃO E PLANTIO DE PLANTAS DE COBERTURA.....	13
1	INTRODUÇÃO	13
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1	Caracterização da área de amostragem	15
2.2	Amostragem de solo	17
2.3	Qualidade da bebida	17
2.4	Análises físicas e químicas	18
2.5	Análises microbiológicas.....	18
2.6	Análise estatística	18
3	RESULTADOS.....	19
3.1	Cultivares x sistemas de produção.....	19
3.2	Cultivares x manejo.....	27
3.3	Cultivares x locais.....	34
3.4	Sistema x manejo	41
4	DISCUSSÃO	46
5	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS	51
	ARTIGO 2 ABUNDÂNCIA E DIVERSIDADE DE MACRO E MESOFAUNA DO SOLO EM LAVOURAS CAFEEIRAS ORGÂNICA E CONVENCIONAL COM OU SEM PLANTAS DE COBERTURA.....	56
1	INTRODUÇÃO	56
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	57
2.1	Caracterização da área e delineamento.....	57
2.2	Amostragem e identificação dos grupos de macro e mesofauna do solo.....	59
2.3	Análise estatística	59
3	RESULTADOS.....	60
3.1	Macro e mesofauna geral	60
3.1.1	Araneae.....	61
3.1.2	Blattaria.....	61
3.1.3	Coleoptera	62

3.1.4	Collembola	62
3.1.5	Dermaptera	62
3.1.6	Hemiptera.....	63
3.1.7	Hymenoptera	63
3.1.8	Orthoptera	63
3.1.9	Outras Ordens	64
4	DISCUSSÃO	64
5	CONCLUSÕES	69
	REFERÊNCIAS	70
	ANEXOS	76
	ARTIGO 3 DIVERSIDADE DE FUNGOS FILAMENTOSOS DE SOLO EM LAVOURA CAFEIRA EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO E MANEJOS	107
1	INTRODUÇÃO	107
2	MATERIAL E MÉTODOS	109
2.1	Caracterização da área de amostragem e delineamento adotado.....	109
2.2	Amostragem de solo	110
2.3	Análises físicas e químicas	110
2.4	Análise micológica	111
2.5	Análise da estrutura e de grupos funcionais de fungos do solo.....	111
2.6	Análise estatística	112
3	RESULTADOS.....	112
3.1	Fungos filamentosos do solo em sistema de produção orgânico e convencional sob diferentes manejos.....	112
3.2	Diversidade e grupos funcionais de fungos filamentosos do solo e interações com as características químicas do solo	116
4	DISCUSSÃO	126
5	CONCLUSÕES	129
	REFERÊNCIAS	131
	ARTIGO 4 RELAÇÃO DA QUALIDADE DO CAFÉ ARÁBICA E A DIVERSIFICAÇÃO DE FUNGOS EM FRUTOS E GRÃOS.....	139
1	INTRODUÇÃO	139
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	141

2.2	Avaliação do percentual de contaminação por fungos filamentosos em frutos e grãos de café.....	142
2.3	Identificação fenotípica das espécies de fungos dos gêneros <i>Aspergillus</i> e <i>Penicillium</i>	142
2.4	Deteção da produção de ocratoxina A por fungos do gênero <i>Aspergillus</i> pertencentes à Seção Nigri e Circumdati.....	143
2.5	Deteção da produção de aflatoxinas B1 e B2 por fungos do gênero <i>Aspergillus</i> pertencentes à Seção Flavi.....	143
2.6	Qualidade da bebida	144
2.7	Estatística	145
3	RESULTADOS	145
3.1	Percentual de contaminação por fungos filamentosos	145
3.2	Capacidade toxigênica de espécies do gênero <i>Aspergillus</i>	147
3.3	Qualidade da bebida	148
3.3.1	Cultivares x Sistemas de produção	148
3.3.2	Cultivares x manejo.....	148
3.3.3	Sistema x manejo	149
3.3.4	Perfil sensorial e análise de conteúdo	149
4	DISCUSSÃO	150
5	CONCLUSÕES	154
	REFERÊNCIAS	155
	ANEXOS	160
	ARTIGO 5 O CULTIVO DE PLANTAS DE COBERTURA NAS ENTRELINHAS DE CAFÉ ARÁBICA COMO MÉTODO ALTERNATIVO NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM SISTEMA DE PRODUÇÃO ORGÂNICO E CONVENCIONAL.....	173
1	INTRODUÇÃO	173
2	METODOLOGIA	174
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	176
4	CONCLUSÕES	191
	REFERÊNCIAS	192

ARTIGOS*

ARTIGO 1 ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS, PRODUTIVIDADE E A QUALIDADE DA BEBIDA SÃO INFLUENCIADOS POR SISTEMAS DE PRODUÇÃO E PLANTIO DE PLANTAS DE COBERTURA

RESUMO

O efeito da utilização de plantas de cobertura em sistemas de produção orgânica e convencional na qualidade do solo, e na qualidade e produtividade do café, é pouco explorado. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o impacto das plantas de cobertura na qualidade do solo, na produtividade e qualidade da bebida de café arábica em sistemas de produção convencional e orgânico. O experimento foi conduzido em lavouras sob sistema de produção orgânica e convencional em Santo Antônio do Amparo-MG. As coletas de amostras de solo foram realizadas em duas campanhas conduzidas em março de 2019 e 2020 na linha e entrelinha de plantio do cafeeiro. Foram avaliados os atributos microbiológicos (carbono de biomassa microbiana, respiração microbiana basal, quociente metabólico e atividade das enzimas β -glucosidase, urease e fosfatase), químicos (pH, P, K, S, Zn, B, Mn, Mg, Fe, Cu, Ca, Al, acidez potencial, SB, T, t e matéria orgânica), produtividade e qualidade da bebida. Os atributos químicos que exibiram maior peso na discriminação, nos diferentes ambientes e manejo foram: Mn, Zn, P, V, pH, K, Ca, V% CTC, Mg, Cu e S. Para os atributos microbiológicos, a β -glucosidase, urease, respiração, CBM e $q\text{CO}_2$ apresentaram maior capacidade de discriminação das cultivares. A qualidade da bebida foi afetada pelo sistema de produção e adoção do plantio de plantas de cobertura.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L. Atributos microbiológicos. Atividade enzimática.

1 INTRODUÇÃO

A biodiversidade vegetal nos cultivos agrícolas com o uso de plantas de cobertura consorciadas, pode ser útil quando se objetiva melhorar e aumentar a qualidade do solo. O uso de plantas de cobertura de diferentes espécies de plantas, em misturas ou não, aliado à técnica de consórcio, pode proporcionar inúmeros benefícios ao sistema de cultivo, tais como: melhor controle de pragas e de plantas daninhas; aumento da qualidade do solo, e incluir maior biodiversidade (DUCHENE *et al.*, 2017; HIMMELSTEIN *et al.*, 2017) e aumento na biomassa microbiana (MEENA *et al.*, 2018); menor erosão do solo; melhor eficiência de uso de água e nutrientes; incremento no sequestro de carbono e melhoria na resiliência do sistema (VUKICEVICH *et al.*, 2016; MEENA *et al.*, 2017; YADAV *et al.*, 2017). A soma desses benefícios pode aumentar a produtividade das plantas a longo prazo e acarretar em redução no uso de insumos agroquímicos (NIE *et al.*, 2016; ROSA-SCHLEICH *et al.*, 2019; VON ARB *et al.*, 2020).

A qualidade do solo é definida como sendo a capacidade do solo em manter a produtividade biológica, a qualidade ambiental e promover o desenvolvimento vegetal e animal de forma sustentável (DORAN; PARKIN, 1994). A qualidade do solo é avaliada por meio de atributos químicos, físicos e biológicos, e pode ser afetada por diversos fatores relacionados ao manejo agrícola e mudanças climáticas (DOMINATI; PATTERSON; MACKAY, 2010; BIRGÉ *et al.*, 2016).

A caracterização e avaliação do sistema de produção, aliado ao manejo e seu efeito sobre a qualidade do solo, deve ser baseada em um conjunto de variáveis. Muitos estudos se concentraram na seleção de atributos que tenham por objetivo avaliar e quantificar a qualidade do solo (FERRARINI; AMADUCCI; BINI, 2017), através de índices compostos pelas propriedades físicas e químicas do solo (WEI *et al.*, 2017). Entretanto, Fine *et al.* (2017) recomendam o uso de índices que sejam baseados em um número elevado de indicadores, tais como os atributos físicos (resistência à penetração, densidade aparente, textura, estrutura e capacidade de campo), químicos (pH, N, P, K, Ca, Mg e S, micronutrientes e teor de matéria orgânica) e biológicos (enzimas, parâmetros de respiração e microorganismos) (RINOT *et al.*, 2018).

Plantas de cobertura, especialmente leguminosas, consorciadas ao café arábica, têm sido utilizadas para melhorar a fertilidade do solo (MENDONÇA *et al.*, 2017), controlar plantas daninhas e pragas (ROSADO *et al.*, 2021) e aumento da produtividade (CUNHA; MELO; SANTOS, 2014; GUIMARÃES *et al.*, 2016; CARDOSO *et al.*, 2018).

A produtividade e a qualidade da bebida são determinantes para ganhos na rentabilidade e aumento da competitividade dos produtores. Diferentes fatores envolvidos no processo de produção do café, tais como as práticas agrícolas, condições climáticas, características do solo e cultivares utilizadas (CORREIA *et al.*, 2020), aliadas à colheita e pós-colheita, definem o perfil sensorial final da bebida do café.

Sabe-se que diferentes espécies de plantas de cobertura são capazes de promover diferentes condições de solo, microclima, diversidade de microorganismos e interações tróficas que podem afetar a qualidade final dos grãos de café (HARVEY *et al.*, 2017), com consequente melhoria da qualidade sensorial da bebida. No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos da utilização de plantas de cobertura em sistemas de produção orgânica e convencional na qualidade do solo e na qualidade e produtividade do café. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito das plantas de cobertura na qualidade do solo e consequente influência na

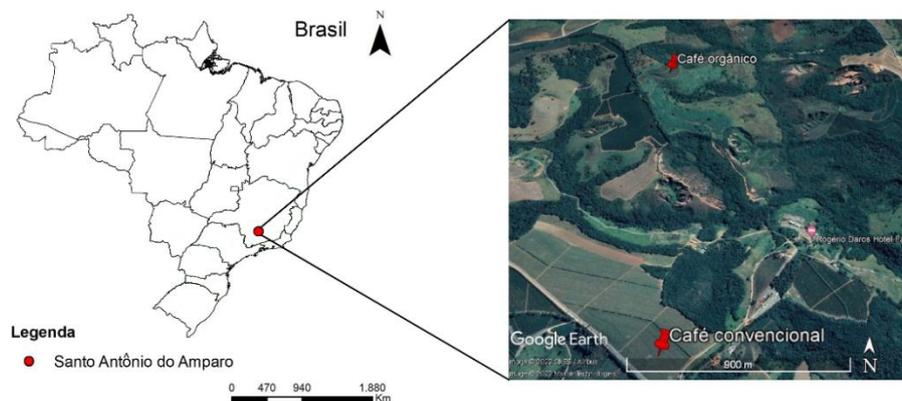
produtividade e qualidade da bebida de café arábica em sistemas de produção convencional e orgânico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de amostragem

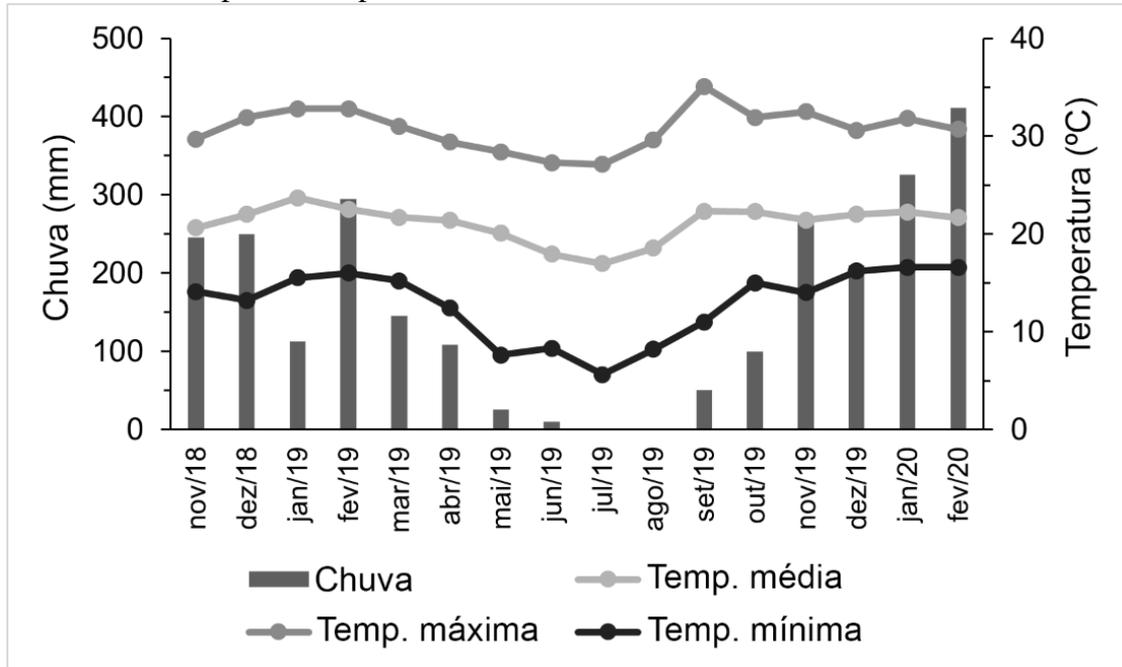
O estudo foi realizado na Fazenda Cachoeira, localizada no município de Santo Antônio do Amparo-MG, em duas áreas de café arábica, sendo uma com adoção do manejo orgânico (latitude 20°88'78,35" S e longitude 44°95'12,36" W e altitude média de 1.018,5 metros) e outra com manejo convencional (latitude 20°90'42,20" S e longitude 44°94'59,51" W e altitude média de 1.008 metros) (FIGURA 1). O clima predominante é do tipo "Cwa" (subtropical úmido), com estação seca no inverno, e de acordo com a classificação de Köeppen, com temperatura anual média de 19,4 °C e a precipitação anual média de 1.530 mm entre novembro de 2018 e novembro de 2019 (FIGURA 2). O solo é classificado como Latossolo vermelho distrófico.

Figura 1 - Localização da área experimental e suas respectivas áreas de amostragem de solo e produtiva.



Fonte: Da autora (2022).

Figura 2 - Temperatura média mensal (°C) e precipitação (mm) em Santo Antônio do Amparo, durante o período experimental avaliado.



Fonte: INMET (2022).

O ensaio foi realizado em um delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial (2x2x2), com 2 cultivares (Catiguá MG2 e Paraíso MG H419-1), 2 tipos de sistema de produção (orgânico e convencional) e 2 diferentes manejos referentes a presença e ausência de plantas de cobertura, com quatro repetições, num total de 32 parcelas.

As lavouras convencionais de café arábica foram implantadas em 2016/2017 e as orgânicas em 2015/2016, ambas com o espaçamento de 3,80 m (entre linhas) x 0,70 m (entre plantas), conferindo um estande de 3.759 plantas ha⁻¹.

O experimento foi implantado em novembro de 2018, quando foi realizada a semeadura do coquetel de plantas de cobertura composto por girassol (*Helianthus annuus* L.), milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), trigo-sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench) e as crotalárias (*Crotalaria ochroleuca* G. Don, *C. breviflora* DC. e *C. juncea* L.).

O corte foi realizado posteriormente em fevereiro de 2019 e o segundo plantio foi realizado em novembro de 2019, e o corte realizado em fevereiro de 2020, em ambos os anos as plantas de cobertura não foram incorporadas, sendo usadas apenas como cobertura morta.

2.2 Amostragem de solo

Foram realizadas coletas de solo no mês de fevereiro nos anos de 2019 e 2020, logo após o corte das plantas de cobertura. Foram coletadas amostras em dois pontos na profundidade de 0-10 cm, o primeiro consistiu da coleta na projeção do dossel da planta e o segundo na entrelinha (onde foi realizado o plantio do coquetel de plantas de cobertura). As amostras com a mesma umidade de campo foram acondicionadas em sacos plásticos, os quais foram identificados e mantidos sob temperatura de 4 °C.

2.3 Qualidade da bebida

A colheita do café foi realizada em maio/junho de 2019 e 2020, quando os frutos se apresentavam predominantemente no estágio de maturação cereja (maduro), ideal para a obtenção de uma bebida de qualidade superior. Os frutos de café foram lavados para separação dos frutos chochos, malformados, brocados e impurezas e, posteriormente, selecionados, sendo retirada uma amostra de oito litros de frutos maduros. As amostras foram processadas via seca (café natural), e submetidas à secagem em peneiras de fundo telado constituída de polietileno de 1,00 mm² de malha, montadas em suportes de madeira e dispostas de forma suspensa, conforme técnicas específicas estabelecidas por Borém *et al.* (2014).

O final da secagem foi determinado quando os frutos atingiram o teor de água de 11%. Em seguida, as amostras de café em coco de cada parcela experimental foram acondicionadas em sacos impermeáveis e armazenadas em câmara fria por 30 dias a 16 °C, para uniformização do teor de água nos grãos. Após o período de descanso, o café em coco foi beneficiado e os grãos foram preparados para a análise sensorial.

A análise sensorial foi realizada por três juízes certificados e calibrados, de acordo com o protocolo da Associação de Cafés Especiais (SCA) (SCA, 2021), segundo a metodologia proposta por Lingle (2011) para avaliação sensorial de cafés especiais, sendo considerados cafés especiais aqueles com notas iguais ou acima de 80 pontos.

Foram obtidos também, os dados de produtividade em sacas de café beneficiado por hectare (SC ha⁻¹), por meio da pesagem do café beneficiados após a secagem (11% de umidade), com base no espaçamento de plantas de 3,8 x 0,7 metros.

2.4 Análises físicas e químicas

Os atributos físicos e químicos avaliados foram pH, medido em suspensão do solo e H₂O (1:2,5); fósforo (P), potássio (K), zinco (Zn), boro (B), manganês (Mn), ferro (Fe) e cobre (Cu), extraídos por solução de Mehlich⁻¹ (MEHLICH, 1953); cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al), extraídos por KCL- 1 mol L⁻¹ (McLEAN *et al.*, 1958); acidez potencial (H + Al) através de acetato de cálcio; soma das bases trocáveis (SB); capacidade efetiva de troca catiônica (t); capacidade de troca catiônica em pH 7,0 (T); enxofre (S), extraído por fosfato monocálcico em ácido acético (HOEFT *et al.*, 1973) e matéria orgânica (MO), por oxi-redução e textura (EMBRAPA, 1997).

2.5 Análises microbiológicas

Foram avaliados o carbono de biomassa microbiana (CBM), respiração microbiana basal, quociente metabólico (qCO_2) e atividade das enzimas β -glucosidase, urease e fosfatase.

O carbono da biomassa microbiana foi determinado pelo método de fumigação e extração (VANCE; BROOKES; JENKINSON, 1987), que consiste na extração do CBM, após exposição ao clorofórmio, o que provoca morte dos microrganismos e liberação dos componentes celulares. A RMB foi estimada pela evolução do CO₂ durante a incubação com o NaOH e posterior titulação com HCl (ALEF, 1995). O qCO_2 , foi obtido pela razão entre MBR e CBM (ANDERSON; DOMSCH, 1993). As análises de atividade da β -glucosidase e fosfatase ácida foram realizadas por determinação colorimétrica, utilizando p-nitrophenyl- β -D-glucoside (PNG) e p-nitrophenyl-phosphate (PNP) como substratos, respectivamente, seguindo a metodologia proposta por Dick, Breakwell e Turco (1996) e a atividade da urease foi pela determinação da amônia liberada após incubação do solo com solução de ureia de acordo com Tabatabai e Bremner (1972).

2.6 Análise estatística

Os dados de cada variável foram agrupados no esquema fatorial dois a dois para evitar a interação tripla nas análises. Dessa forma, os resultados se referem às interações cultivares x sistemas de produção (convencional e orgânico), cultivares x manejo (com e sem plantas de cobertura), cultivares x local de coleta das amostras de solo (linha e entrelinha), sistema de produção x manejo, sistema de produção x local de coleta e manejo x local de coleta.

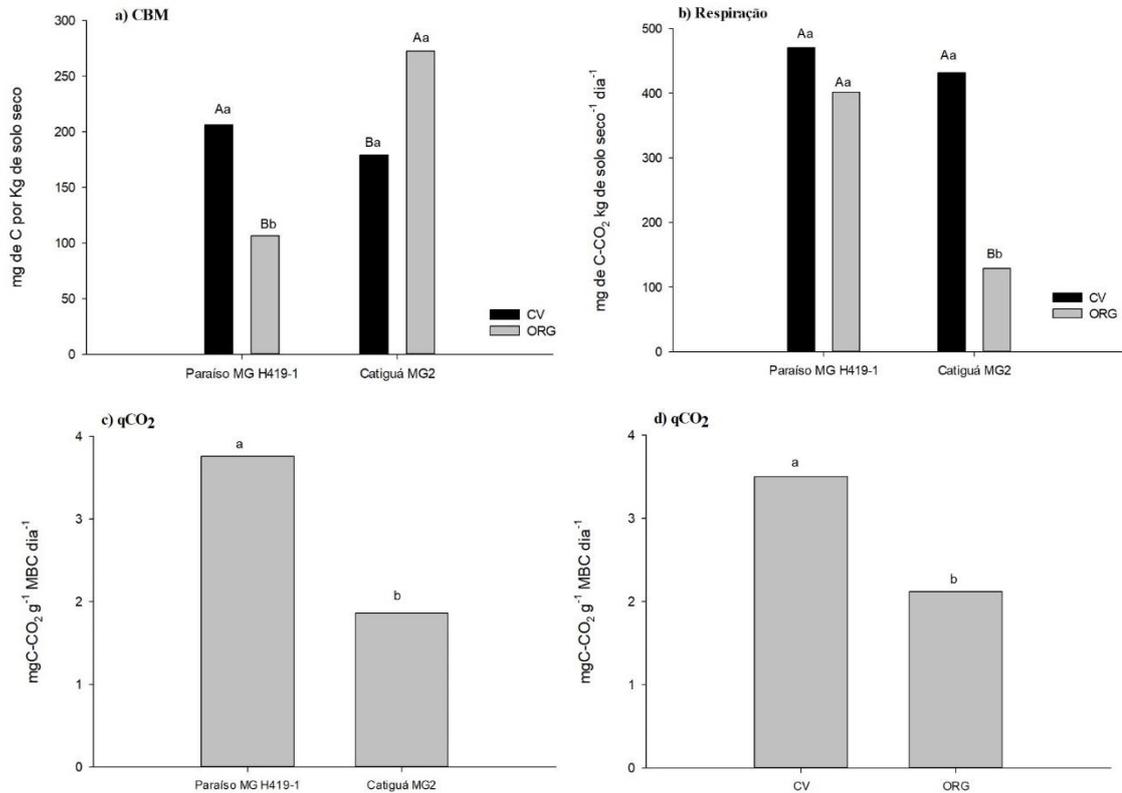
Foi realizada análise de variância dos dados e, após validação do modelo estatístico, os valores médios foram agrupados pelo algoritmo Scott-Knott a 5% de significância no programa R (3.3.1) por meio do pacote ‘easynova’. Mediante a presença de interação significativa dos fatores procedeu-se com o seu desdobramento.

A análise multivariada de componentes principais foi realizada pelo programa R por meio do pacote ‘Factoshiny’ (HUSSON VAISSIE; MONGE, 2018).

3 RESULTADOS

3.1 Cultivares x sistemas de produção

Para a CBM e respiração foi encontrada interação entre as cultivares e sistemas. A cultivar Paraíso MG H 419-1 sob sistema convencional e Catiguá MG2 sob sistema orgânico apresentaram os maiores valores de CBM (FIGURA 3a). Para a respiração, a cultivar Catiguá MG2 sob sistema convencional e orgânico apresentou a maior média e a cultivar Paraíso MG H419-1 não diferiu entre os sistemas (FIGURA 3b). A cultivar Catiguá MG2 e sistema orgânico apresentaram os menores quocientes metabólicos (qCO_2) (FIGURA 3c e 3d).

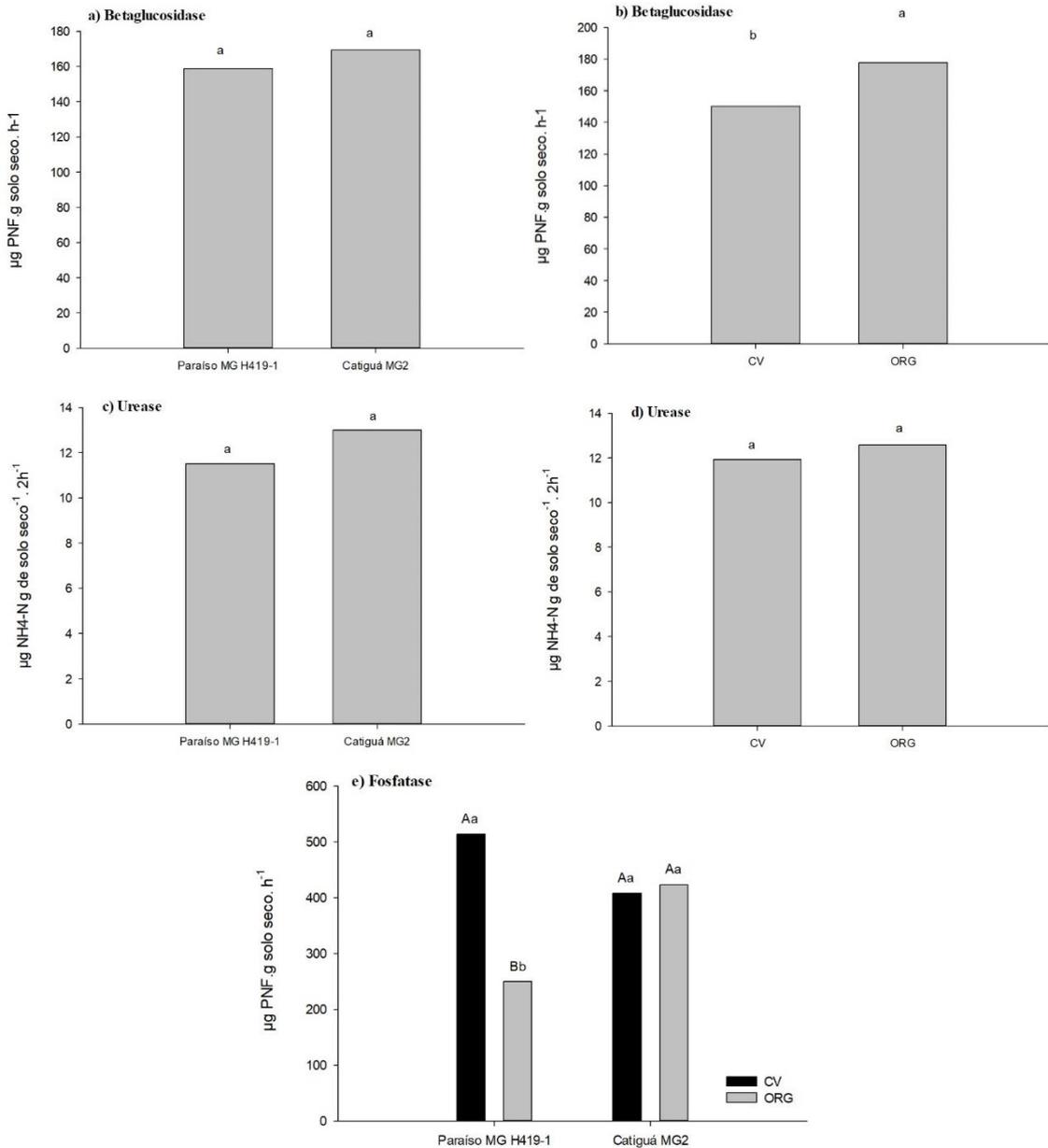
Figura 3 - a) CBM, b) Respiração, c) e d) qCO_2 .

Letras minúsculas indicam a comparação entre cultivares dentro de um mesmo sistema de produção e letras maiúsculas correspondem à comparação da mesma cultivar em diferentes sistemas de produção. Médias seguidas pela mesma letra minúscula pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$). CV: sistema convencional e ORG: sistema orgânico.

Fonte: Da autora (2022)

Com relação à atividade enzimática, verifica-se, pela análise de variância, efeito significativo das cultivares e dos sistemas avaliados. Para a β -glucosidase, verificou-se que as cultivares Catiguá MG2, Paraíso MG H 419-1 não diferiram e o sistema de produção orgânico (FIGURA 4a e 4b) apresentou a maior atividade. O teste de agrupamento aplicado não diferenciou as médias das cultivares e dos sistemas para a enzima urease (FIGURA 4c e 4d). Foi encontrada interação entre as cultivares e sistemas para a enzima fosfatase. A cultivar Paraíso MG H 419-1 em sistema convencional apresentou a maior média e a Catiguá MG2 não diferiu entre os sistemas (FIGURA 4e).

Figura 4 - Atividade enzimática. a) e b) β -glucosidase, c) e d) urease e e) fosfatase.

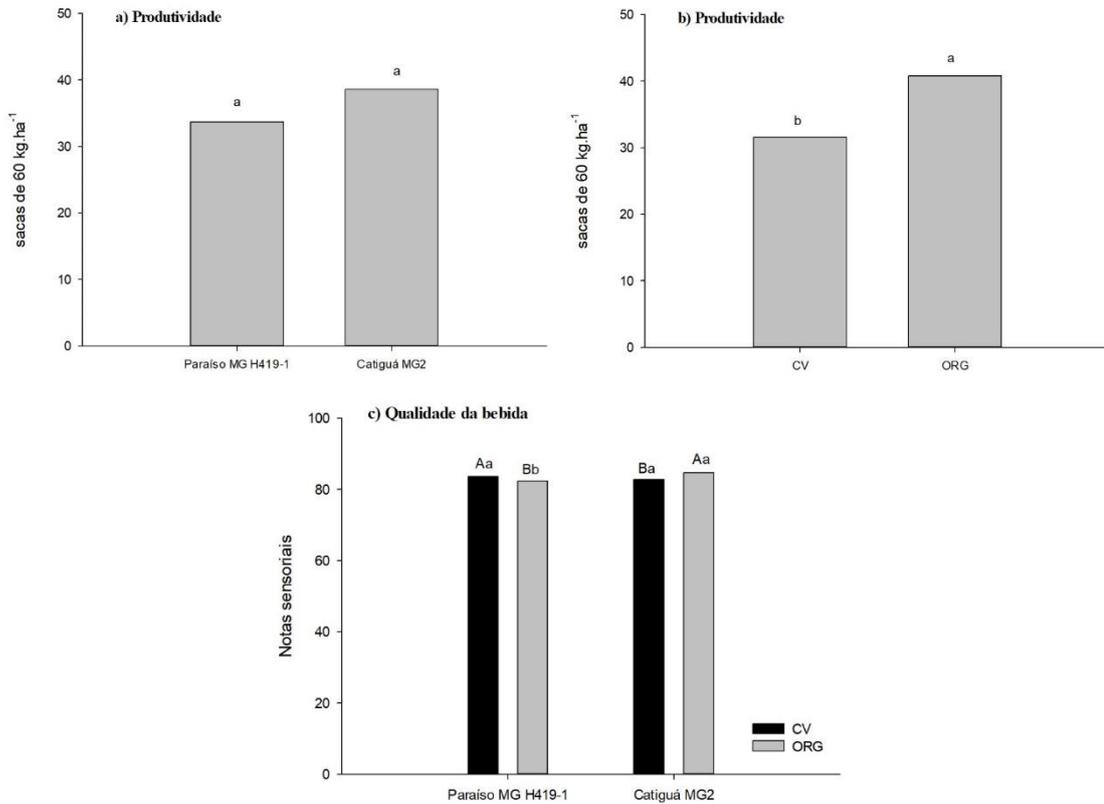


Letras minúsculas indicam a comparação entre cultivares dentro de um mesmo sistema de produção e letras maiúsculas correspondem à comparação da mesma cultivar em diferentes sistemas de produção. Médias seguidas pela mesma letra minúscula pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$). CV: sistema convencional e ORG: sistema orgânico.

Fonte: Da autora (2022).

Na Figura 5 são apresentadas as médias da produtividade e avaliação da qualidade da bebida. A maior produtividade foi observada sob sistema de produção orgânica e as cultivares Paraíso MG H 419-1 e Catiguá MG2. Não foi constatada diferença estatística entre as cultivares (FIGURA 5a e 5b). Com relação à análise sensorial, observa-se que a cultivar Paraíso MG H419-1 em sistema convencional e Catiguá MG2 sob sistema orgânico apresentaram as maiores notas (FIGURA 5c).

Figura 5 - a) e b) Produtividade média (sacas de 60 kg.ha⁻¹) e c) qualidade da bebida em 2019-2020.



Letras minúsculas indicam a comparação entre cultivares dentro de um mesmo sistema de produção e letras maiúsculas correspondem à comparação da mesma cultivar em diferentes sistemas de produção. Médias seguidas pela mesma letra minúscula pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$). CV: sistema convencional e ORG: sistema orgânico.

Fonte: Da autora (2022).

Foram observadas maiores médias de K, Mg, Mn, Zn, Fe, SB e V% no sistema de produção orgânico, cultivares Paraíso MG H 419-1 e Catiguá MG2 (TABELA 1). A cultivar Paraíso MG H 419-1 e sistema de produção orgânica apresentaram os maiores valores para o pH e cálcio (Ca), considerados altos de acordo com o manual de recomendação para a cultura (MATIELLO *et al.*, 2020).

Para o enxofre (S) e H+Al as maiores médias foram encontradas para as cultivares Paraíso MG H419-1 e Catiguá MG2 e sistema convencional. Altas concentrações de cobre (Cu) foram encontradas nos tratamentos Catiguá MG2 e sistema convencional. Já para o boro (B), destacaram-se os sistemas de produção convencional e orgânico e a cultivar Paraíso MG H419-1. Não houve diferença significativa para o T.

Foi observada interação entre as cultivares e sistemas para as variáveis matéria orgânica (MO), fósforo (P) e fósforo remanescente (Prem). Para o P, as cultivares Paraíso MG H 419-1 e Catiguá MG2 em sistema orgânico apresentaram as maiores médias. Já para Prem, destacou-

se a cultivar Catiguá MG2 sob sistema orgânico. Para a MO, não foi observada diferença entre os sistemas para a cultivar Paraíso MG H 419-1 e Catiguá MG2 destacou-se sob sistema orgânico.

Tabela 1 - Atributos químicos referentes ao solo coletado em lavouras cafeeiras sob sistema de produção orgânica e convencional. Santo Antônio do Amparo, 2019-2020

Tratamentos	pH ¹	K ³	Ca ⁴	Mg ⁵	S ⁶	Mn ⁷	Cu ⁸	Zn ⁹	B ¹⁰	Fe ¹¹	SB ¹²	H+AL ¹³	T ¹⁴	V% ¹⁵
Paraíso MG H 419-1	6,47 a	155,26 a	4,46 a	1,41 a	22,17 a	17,62 a	3,15 b	6,68 a	0,45 a	52,39 a	6,27 a	1,76 a	8,04 a	77,06 a
Catiguá MG2	6,39 b	160,83 a	3,98 b	1,50 a	20,53 a	17,17 a	3,78 a	6,63 a	0,41 b	48,19 a	5,89 a	1,74 a	7,63 a	76,42 a
Convencional	6,22 b	129,61 b	3,39 b	1,29 b	24,59 a	12,38 b	4,31 a	4,61 b	0,42 a	47,09 b	5,01 b	2,21 a	7,23 a	69,25 b
Orgânico	6,64 a	186,48 a	5,05 a	1,63 a	18,11 b	22,40 a	2,62 b	8,69 a	0,44 a	53,48 a	7,15 a	1,29 b	8,44 a	84,23 a
CV (%)	0,90	10,86	8,38	8,50	7,13	15,26	11,35	15,62	6,62	9,28	6,88	10,41	5,25	3,13
Tratamentos	P ²				MO ¹⁶				Prem ¹⁷					
	Convencional		Orgânico		Convencional		Orgânico		Convencional	Orgânico				
Paraíso MG H419-1	24,36 Ba		77,95 Ab		3,03 Aa		2,80 Ab		23,99 Aa	17,64 Bb				
Catiguá MG2	10,23 Ba		104,41 Aa		2,81 Ba		3,15 Aa		22,08 Ba	24,23 Aa				
CV (%)	27,4				5,57				5,44					

¹Alto (6,1-7,0); ³Médio (100-160 mg/dm³); ⁴Bom (2,41-4,00 cmol₂/dm³); ⁵Bom (0,91-1,50 cmol₂/dm³); ⁶Adequado (>14,2 mg/dm³); ⁷Alto (>15,0 mg/dm³); ⁸Alto (>1,50 mg/dm³); ⁹Alto (>6,0 mg/dm³); ¹⁰Médio (0,30-0,70 mg/dm³); ¹¹Alta (>30,0 mg/dm³); ¹²Muito alto (>6,0 cmol₂/dm³); ¹³Baixo (1,01-2,50 cmol₂/dm³); ¹⁴Médio (4,31-8,60 cmol₂/dm³) e ¹⁵Bom (60,1-80,0 %).

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, considerando cada fonte de variação, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott (p<0.05).

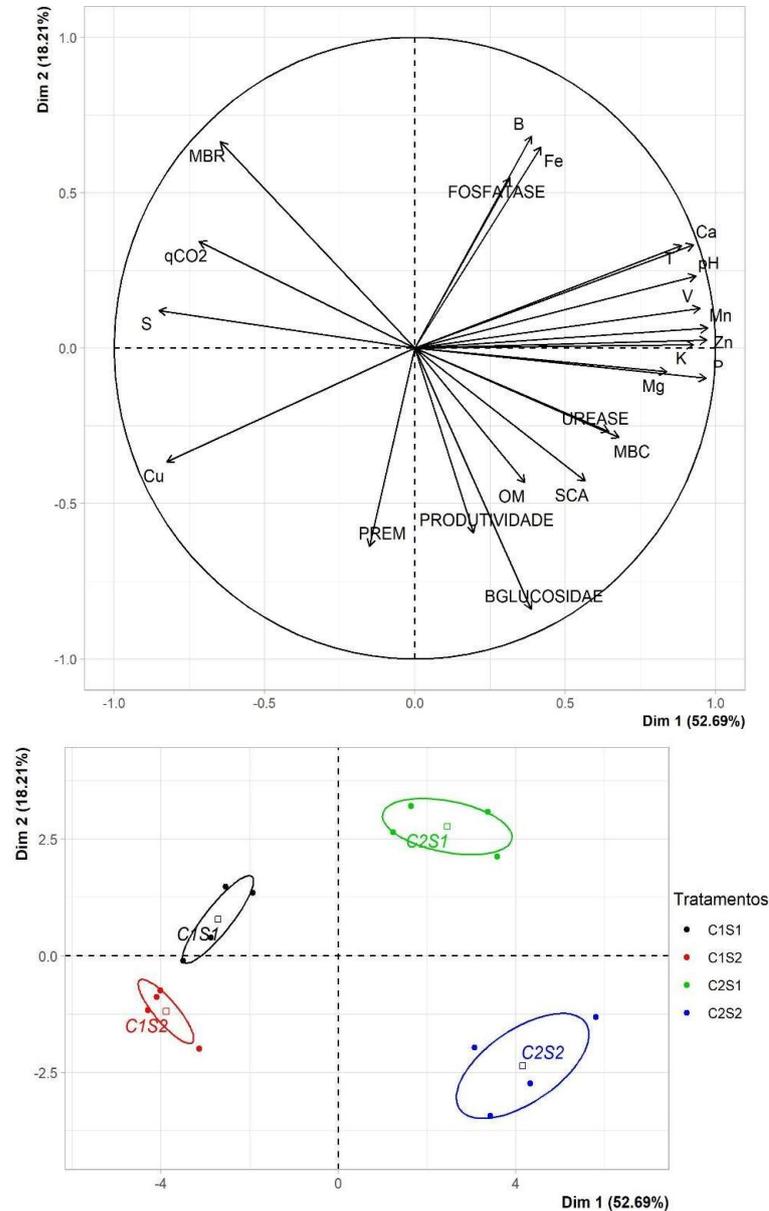
²Alto (>20,0 mg/dm³); ¹⁶Médio (2,01-4,00 dag/kg) e ¹⁷Adequado (>18,0 mg/L).

** Letras minúsculas indicam a comparação entre cultivares dentro de um mesmo sistema de produção e letras maiúsculas correspondem à comparação da mesma cultivar em diferentes sistemas de produção pelo teste de Scott-Knott (p<0.05).

Fonte: Da autora (2022).

A análise de componentes principais (FIGURA 6) feita com os valores dos atributos microbiológicos, químicos, produtividade e qualidade da bebida, explica 70,9% da variação total dos dados. A PC1 mostra a cultivar Catiguá MG2 sob sistema de produção orgânica mais fortemente relacionados com melhor produtividade e qualidade da bebida com as maiores estimativas para os atributos Mn, Zn, P, V, pH, K, Ca, CTC e Mg e menores para Cu, S e qCO_2 . Enquanto a cultivar Paraíso MG H 419-1 independente do sistema de produção apresentou baixos valores para esses atributos (Mn, Zn, P, V, pH, K, Ca, CTC e Mg). Considerando o componente principal 2, observa-se que a Cultivar Catiguá MG2 sob sistema de produção orgânica apresentou as maiores atividades para β -glucosidase. O CBM e atividade da urease (ambas correlacionados positivamente) foram inversamente proporcionais ao qCO_2 , ou seja, quanto maior CBM e a atividade da urease, menores os valores para o qCO_2 .

Figura 6 - Análise de componentes principais em lavouras cafeeiras compostas de diferentes cultivares e sistemas de produção, considerando os atributos químicos, microbiológicos, produtividade e qualidade da bebida.



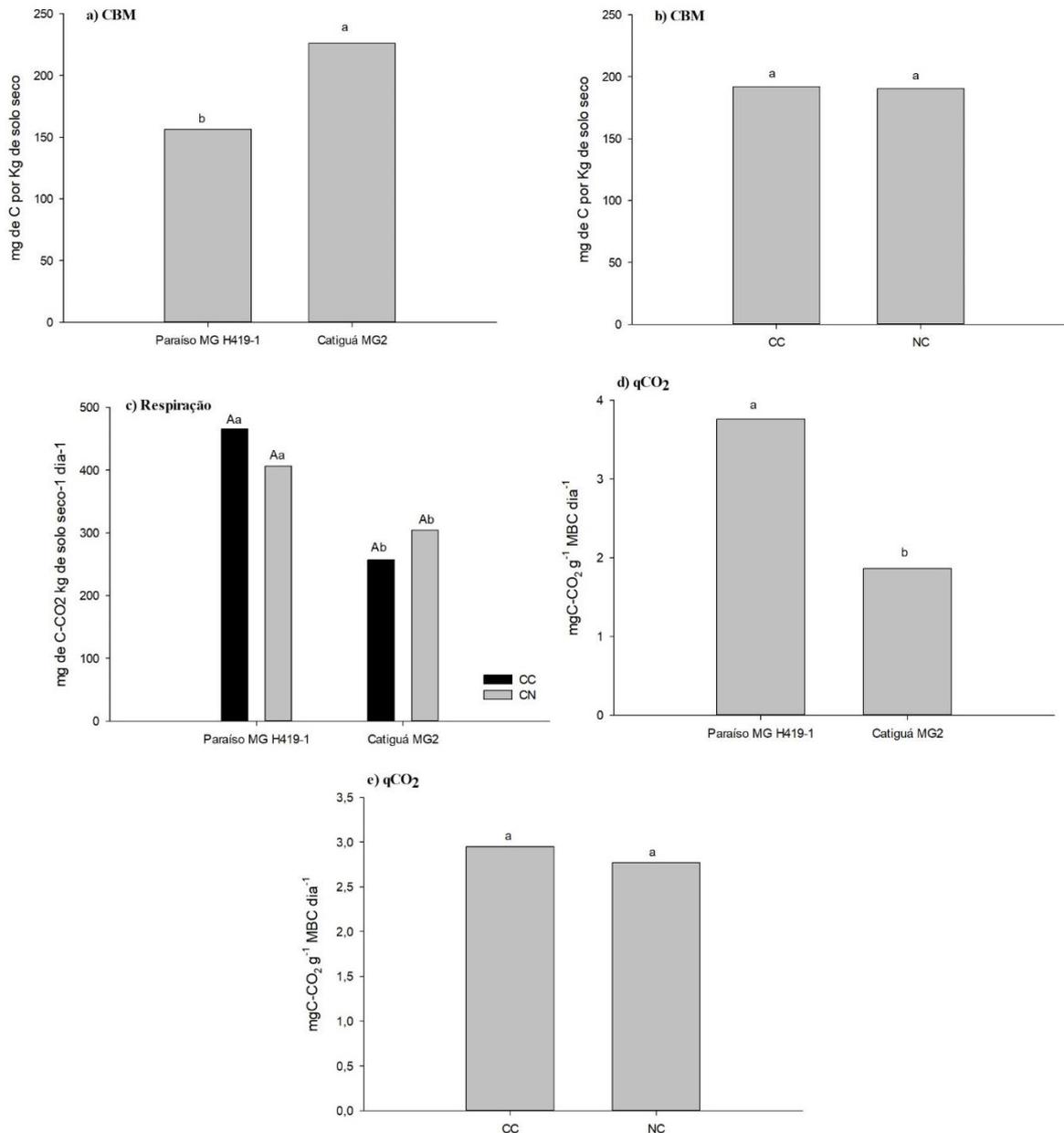
C1S1: cultivar Paraíso MG H419-1 em sistema convencional; C1S2: cultivar Paraíso MG H419-1 em sistema orgânico; C2S1: cultivar Catiguá MG2 em sistema convencional; C2S2: cultivar Catiguá MG2 em sistema orgânico; MBC: Carbono da biomassa microbiana; MBR: respiração microbiana basal; qCO_2 : quociente metabólico; OM: matéria orgânica; t: capacidade efetiva de troca catiônica; V: saturação de base e SCA: qualidade da bebida.

Fonte: Da autora (2022).

3.2 Cultivares x manejo

A cultivar Catiguá MG2 apresentou maior média de CBM quando comparada a cultivar Paraíso MG H419-1. Não foi observada diferença entre os manejos com relação a CBM (FIGURA 7a e 7b). Para a Respiração foi encontrada interação entre as cultivares e manejos, observa-se que na presença e ausência do plantio das plantas de cobertura a cultivar Paraíso MG H419-1 apresentou as maiores médias (FIGURA 7c) e as duas cultivares não diferiram com relação ao manejo adotado. O menor $q\text{CO}_2$ foi observado para a cultivar Catiguá MG2 (FIGURA 7d e 7e) e não houve diferença entre os manejos.

Figura 7 - a) e b) CBM, c) Respiração e d) e e) qCO_2 .



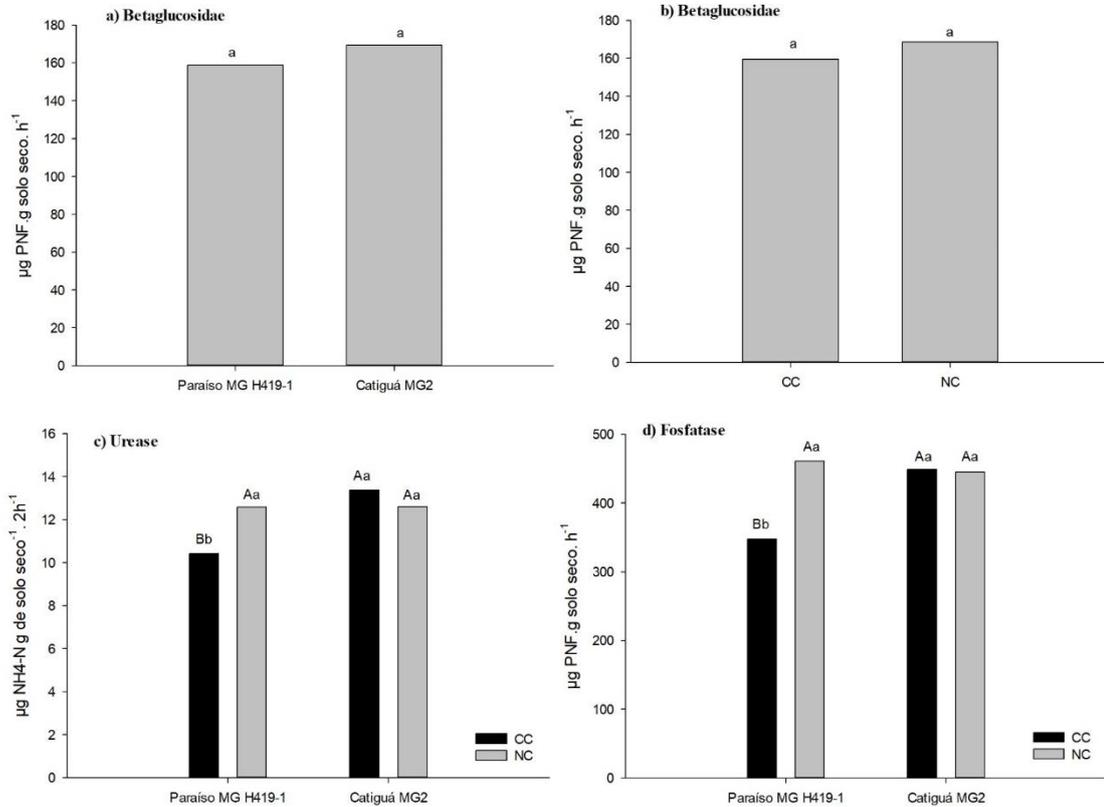
Letras minúsculas indicam a comparação entre cultivares dentro de um mesmo manejo e letras maiúsculas correspondem à comparação da mesma cultivar em diferentes manejos. Médias seguidas pela mesma letra minúscula pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$). CC: presença de plantas de cobertura e NC: ausência de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Com relação à atividade enzimática, o teste de agrupamento aplicado não foi capaz de diferenciar as médias entre cultivares e manejos para a enzima β -glucosidase (FIGURA 8a e 8b). Para as enzimas urease e fosfatase (FIGURA 8c e 8d) verificou-se que as cultivares Paraíso MG H419-1 em área sem o plantio de plantas de cobertura apresentou maior média, e Catiguá

MG2 não diferiu em áreas com e sem plantio de plantas de cobertura, apresentando médias superiores a cultivar Paraíso MG H419-1 em áreas com plantas de cobertura.

Figura 8 - Atividade enzimática. a) e b) β -glucosidase, c) urease e d) fosfatase.

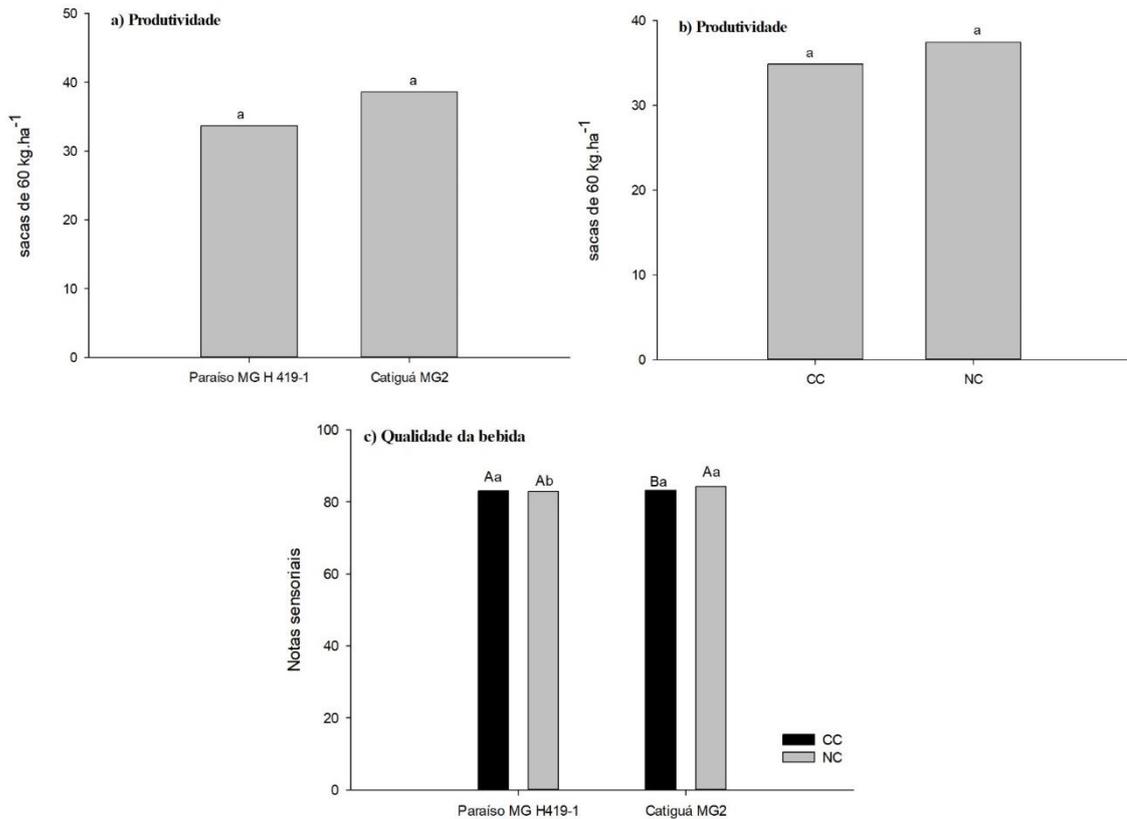


Letras minúsculas indicam a comparação entre cultivares dentro de um mesmo manejo e letras maiúsculas correspondem à comparação da mesma cultivar em diferentes manejos. Médias seguidas pela mesma letra minúscula pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$). CC: presença de plantas de cobertura e NC: ausência de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Para a produtividade, a diferença nas médias não foi detectada pelo teste de agrupamento utilizado (FIGURA 9a e 9b) para ambos os fatores avaliados (cultivares e manejos). Com relação à análise sensorial, presença do plantio de plantas de cobertura e Catiguá MG2 na ausência do plantio de plantas de cobertura apresentou as maiores notas frente a cultivar Paraíso MG H419-1 (FIGURA 9c).

Figura 9 - a) e b) Produtividade média (sacas de 60 kg.ha⁻¹) e c) qualidade da bebida em 2019-2020.



Letras minúsculas indicam a comparação entre cultivares dentro de um mesmo manejo e letras maiúsculas correspondem à comparação da mesma cultivar em diferentes manejos. Médias seguidas pela mesma letra minúscula pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$). CC: presença de plantas de cobertura e NC: ausência de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Os resultados dos atributos químicos foram comparados ao manual de recomendação para a cultura do café (MATIELLO *et al.*, 2020). Para os atributos químicos, observa-se que o teste de agrupamento utilizado não permitiu a diferenciação das variáveis P, K, Mg, S, Mn, Zn e MO (TABELA 2). Para o pH, Ca e SB as maiores médias foram obtidas para cultivar Paraíso MG H419-1 e na presença do plantio das plantas de cobertura. As maiores médias encontradas para Cu e Prem foram obtidas para cultivar Catiguá MG2. Para o B, Fe e T as maiores médias foram obtidas no tratamento Paraíso MG H419-1. Já a acidez potencial foi maior na ausência do plantio das plantas de cobertura (TABELA 2).

A saturação de base independente do tratamento é considerada alta ou muito alta, estando dentro das faixas consideradas adequadas para a cultura. Um fato interessante é que na presença do plantio das plantas de cobertura na entrelinha do cafeeiro foram encontradas as menores médias para H+Al. Para a saturação de bases (V%) a ausência do plantio das plantas

de cobertura acarretou em menor porcentagem, entretanto, ainda estando dentro da faixa adequada para a cultura.

Tabela 2 - Atributos químicos referente a solo coletado em lavouras cafeeiras sob manejo na presença e ausência do plantio de plantas de cobertura nas entrelinhas. Santo Antônio do Amparo, 2019-2020.

Tratamentos	pH ¹	P ²	K ³	Ca ⁴	Mg ⁵	S ⁶	Mn ⁷	Cu ⁸	
Paraíso MG H419-1	6,47 a	51,16 a	155,26 a	4,46 a	1,41 a	22,17 a	17,62 a	3,15 b	
Catiguá MG2	6,39 b	57,32 a	160,83 a	3,98 b	1,50 a	20,53 a	17,17 a	3,78 a	
Plantas de cobertura	6,48 a	51,67 a	156,47 a	4,35 a	1,51 a	22,08 a	17,73 a	3,49 a	
Sem plantas de cobertura	6,38 b	56,81 a	159,62 a	4,09 b	1,41 a	20,62 a	17,05 a	3,44 a	
CV (%)	0,77	19,33	7,19	4,68	6,45	8,56	11,02	7,54	
Tratamentos	Zn ⁹	B ¹⁰	Fe ¹¹	SB ¹²	H+AL ¹³	T ¹⁴	V% ¹⁵	MO ¹⁶	PREM ¹⁷
Paraíso MG H419-1	6,68 a	0,45 a	52,39 a	6,27 a	1,76 a	8,04 a	77,06 a	2,91 a	20,82 b
Catiguá MG2	6,63 a	0,41 b	48,16 b	5,89 b	1,70 a	7,63 b	76,42 a	2,98 a	23,16 a
Plantas de cobertura	6,53 a	0,44 a	51,33 a	6,26 a	1,63 b	7,90 a	78,53 a	2,97 a	22,24 a
Sem plantas de cobertura	6,77 a	0,42 a	49,25 a	5,90 b	1,87 a	7,77 a	74,95 b	2,92 a	21,73 a
CV (%)	10,47	6,37	6,26	4,34	8,05	3,46	2,35	6,60	4,30

¹Alto (6,1-7,0); ²Alto (>20,0 mg/dm³); ³Médio (100-160 mg/dm³); ⁴Bom (2,41-4,00 cmol₂/dm³); ⁵Bom (0,91-1,50 cmol₂/dm³); ⁶Adequado (>14,2 mg/dm³); ⁷Alto (>15,0 mg/dm³); ⁸Alto (>1,50 mg/dm³); ⁹Alto (>6,0 mg/dm³); ¹⁰Médio (0,30-0,70 mg/dm³); ¹¹Alta (>30,0 mg/dm³); ¹²Muito alto (>6,0 cmol₂/dm³); ¹³Baixo (1,01-2,50 cmol₂/dm³); ¹⁴Médio (4,31-8,60 cmol₂/dm³); ¹⁵Bom (60,1-80,0 %); ¹⁶Médio (2,01-4,00 dag/kg) e ¹⁷Adequado (>18,0 mg/L).

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, considerando cada fonte de variação, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott (p<0.05).

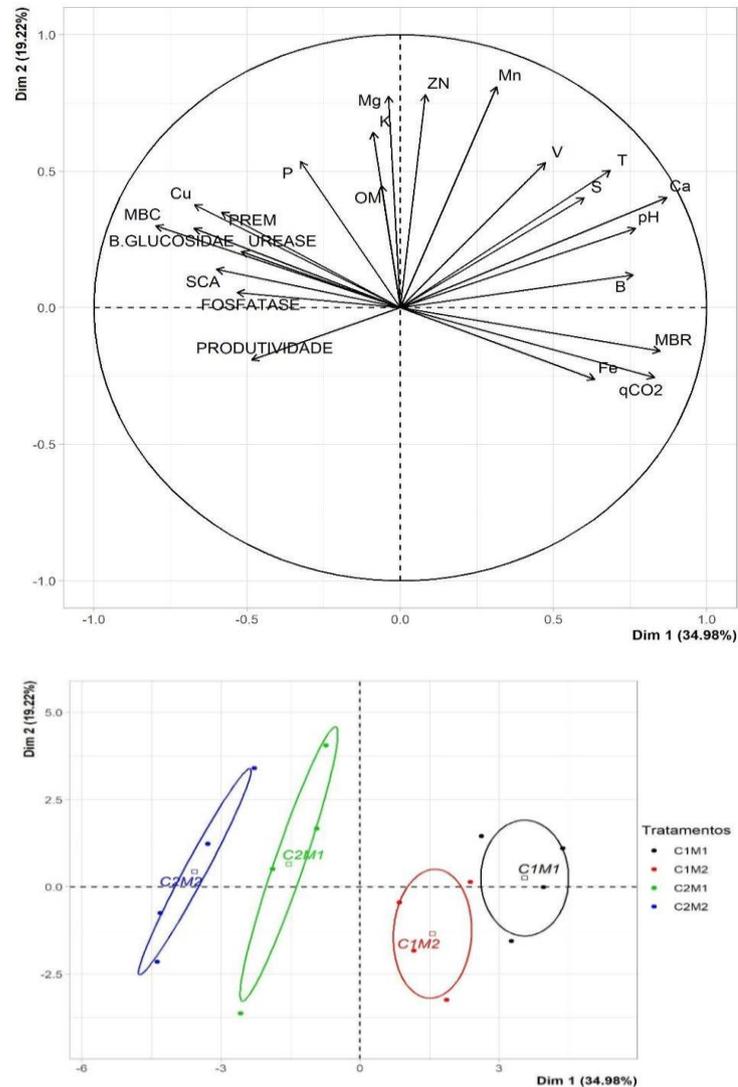
²Alto (>20,0 mg/dm³); ⁴Bom (2,41-4,00 cmol₂/dm³); ⁹Alto (>6,0 mg/dm³); ¹²Muito alto (>6,0 cmol₂/dm³); ¹³Baixo (1,01-2,50 cmol₂/dm³); ¹⁴Médio (4,31-8,60 cmol₂/dm³) e ¹⁵Bom (60,1-80,0 %).

** Letras minúsculas indicam a comparação entre cultivares dentro de um mesmo sistema de produção e letras maiúsculas correspondem à comparação da mesma cultivar em diferentes sistemas de produção. Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott (p<0.05).

Fonte: Da autora (2022).

O PCA diferenciou as duas cultivares avaliadas e manejos (FIGURA 10). Os dois primeiros componentes representam 54,2% da variabilidade dos dados. Os teores de Mn, Zn e Mg permitiram distinguir as duas cultivares independente do manejo adotado. Os atributos microbiológicos, por sua vez, foram bastante eficazes em distinguir as cultivares e os manejos. Por exemplo, a cultivar Paraíso MG H419-1 independente do plantio de plantas de cobertura na entrelinha do cafeeiro foi associada principalmente com teores de Ca e B, respiração e $q\text{CO}_2$. Vale destacar que foi observada correlação inversamente proporcional entre produtividade e Ca.

Figura 10 - Análise de componentes principais em lavouras cafeeiras compostas de diferentes cultivares e manejos, considerando os atributos químicos, microbiológicos, produtividade e qualidade da bebida.



C1M1: cultivar Paraíso MG H419-1 e presença de plantas de cobertura; C1M2: cultivar Paraíso MG H419-1 e ausência de plantas de cobertura; C2M1: cultivar Catiguá MG2 e presença de plantas de cobertura; C2M2: cultivar Catiguá MG2 e ausência de plantas de cobertura; MBC: Carbono da biomassa microbiana; MBR: respiração microbiana basal; qCO_2 : quociente metabólico; OM: matéria orgânica; t: capacidade efetiva de troca catiônica; V: saturação de base e SCA: qualidade da bebida.

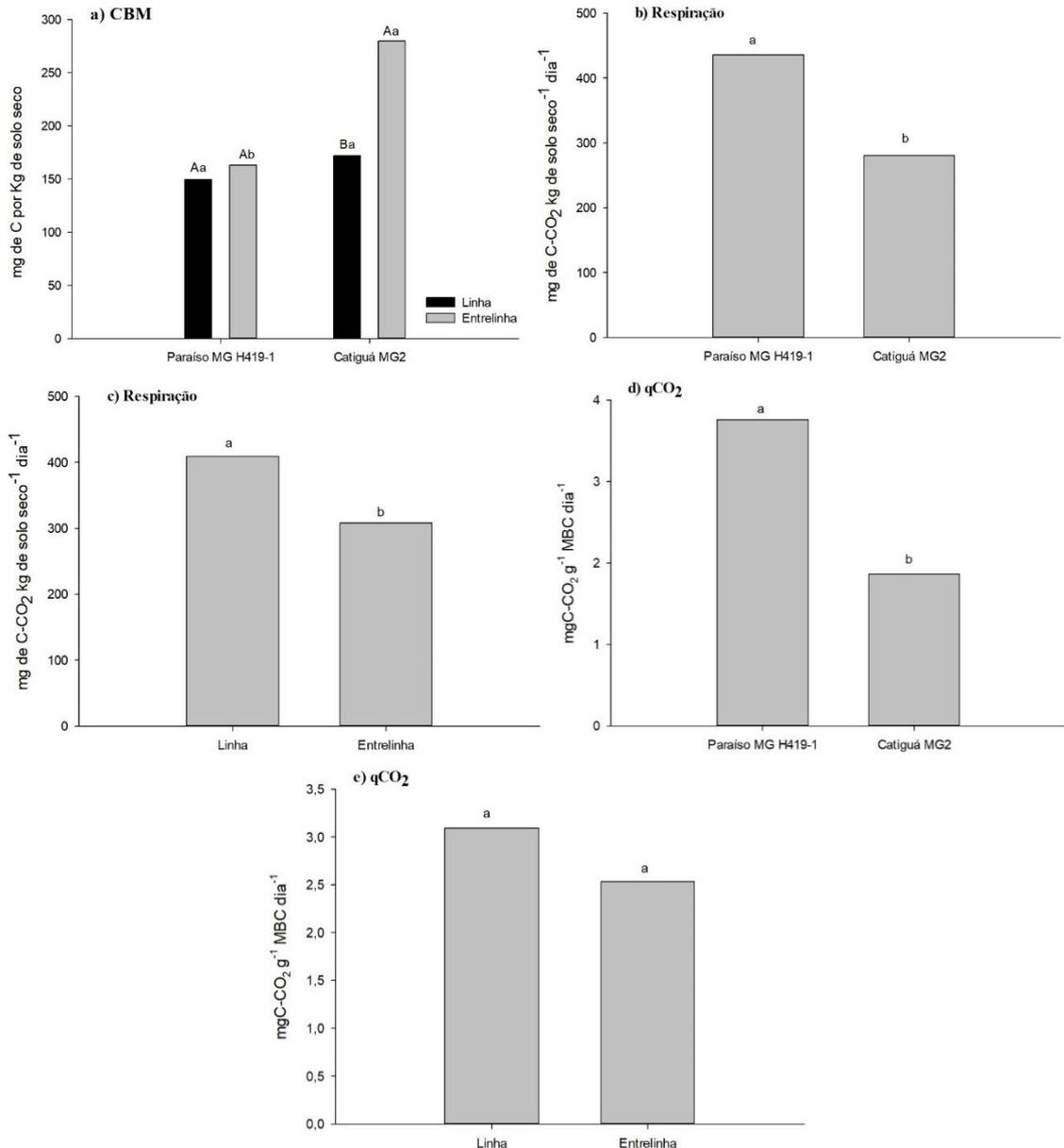
Fonte: Da autora (2022).

3.3 Cultivares x locais

Para o CBM houve interação significativa entre as cultivares e locais, a maior média foi observada no tratamento coletado na entrelinha do cafeeiro cultivado com a cultivar Catiguá MG2. Não houve diferença com relação ao local de coleta para a cultivar Paraíso MG H419-1 (FIGURA 11a) e a cultivar Catiguá MG2 teve maior CBM quando comparado à Paraíso MG

H419-1 na entrelinha do cafeeiro. A cultivar Paraíso MG H419-1 e a coleta de solo na linha de plantio do cafeeiro, possibilitaram maior respiração basal do solo (FIGURA 11b e 11c). Com relação ao atributo qCO_2 , observa-se que a cultivar Catiguá MG2 apresentou o menor valor (1,86) (FIGURA 11d e 11e).

Figura 11 - a) CBM, b) e c) Respiração e d) e e) qCO_2 .



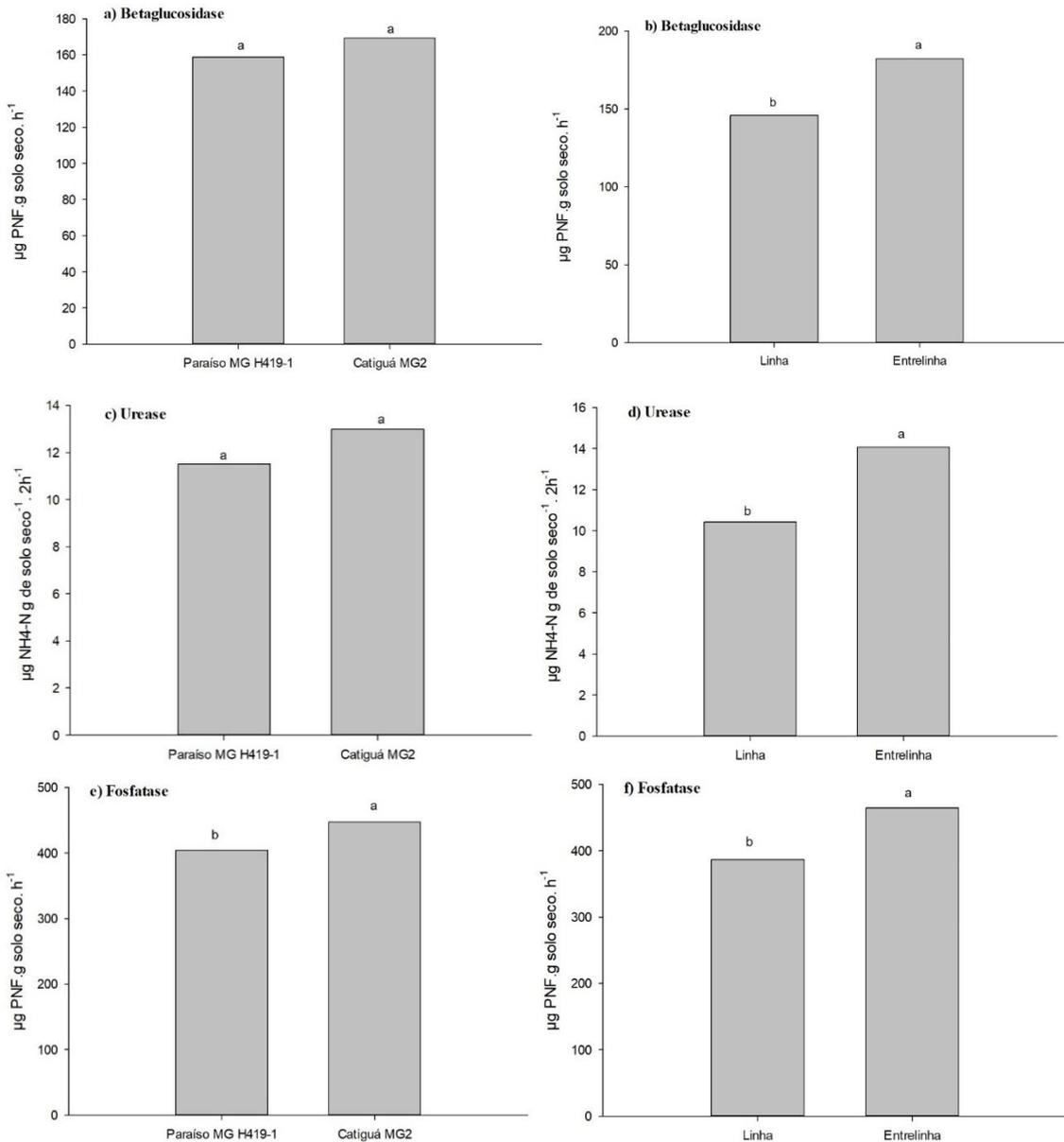
Letras minúsculas indicam a comparação entre cultivares dentro de um mesmo local de coleta e letras maiúsculas correspondem à comparação da mesma cultivar em diferentes locais de coleta. Médias seguidas pela mesma letra minúscula pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$).

Fonte: Da autora (2022).

No que se refere à atividade enzimática, observa-se que as maiores atividades das enzimas β -glucosidase e urease (FIGURA 12a e 12b) e urease (FIGURA 12c e 12d) foram

obtidas nos tratamentos entrelinha, não havendo diferença entre as cultivares Catiguá MG2 e Paraíso MG H419-1. Enquanto que a maior atividade da fosfatase foi obtida nos tratamentos cultivar Catiguá MG2 e na entrelinha (FIGURA 12e e 12f).

Figura 12 - Atividade enzimática. a) e b) β -glucosidase, c) e d) urease, e) e f) fosfatase.



Médias seguidas pela mesma letra minúscula pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$).

Fonte: Da autora (2022).

Os atributos pH, K e Mg não diferem entre as cultivares e entre os locais de coleta. Porém, os valores encontrados estão adequados para a cultura (MATIELLO *et al.*, 2020). As maiores médias encontradas para B e Mn foram obtidas na linha e não houve diferença entre as

cultivares Paraíso MG H419-1 e Catiguá MG2. Já para o Fe e MO foram obtidas na entrelinha e nas cultivares Paraíso MG H419-1 e Catiguá MG2. Para o Cu as maiores médias foram obtidas para a cultivar Catiguá MG2 e na entrelinha. Enquanto a cultivar Paraíso MG H419-1 e local de coleta linha, possibilitaram as maiores médias para o enxofre. Para o Prem, a cultivar Catiguá MG2 e não houve diferença entre as coletas na linha e entrelinha permitiram maior concentração (TABELA 3).

Houve interação entre as cultivares e os locais de coleta, linha e entrelinha (TABELA 3). As maiores médias encontradas para o P foram obtidas na área cultivada por Paraíso MG H419-1 na linha e na cultivar Catiguá MG2 na entrelinha. Para o Zn, Ca, T e SB o tratamento Paraíso MG H419-1 na linha apresentou maior média quando comparado à entrelinha e a cultivar Catiguá MG2 na linha do cafeeiro. Para a acidez potencial, a maior média foi observada no tratamento Paraíso MG H419-1 em relação a cultivar Catiguá MG2 na entrelinha. Enquanto que, para a saturação por bases, as maiores médias foram obtidas nos tratamentos Paraíso MG H419-1 foi maior na linha de plantio.

Tabela 3 - Atributos químicos referente a solo coletado em lavouras cafeeiras, na linha e entrelinhas. Santo Antônio do Amparo, 2019-2020. (continua)

Tratamentos	pH¹	K³	Mg⁵	S⁶	Mn⁷
Paraíso MG H419-1	6,47 a	155,26 a	1,41 a	22,17 a	17,62 a
Catiguá MG2	6,39 a	160,83 a	1,50 a	20,53 b	17,17 a
Linha	6,39 a	152,06 a	1,51 a	27,12 a	18,56 a
Entrelinha	6,47 a	164,03 a	1,41 a	15,58 b	16,22 b
CV (%)	1,19	9,16	6,45	5,92	8,13
Tratamentos	Cu⁸	B¹⁰	Fe¹¹	MO¹⁶	PREM¹⁷
Paraíso MG H419-1	3,15 b	0,45 a	52,39 a	2,91 a	20,82 b
Catiguá MG2	3,78 a	0,41 a	48,19 a	2,98 a	23,16 a
Linha	3,19 b	0,46 a	45,48 b	2,76 b	21,87 a
Entrelinha	3,74 a	0,41 b	55,09 a	3,13 a	22,11 a
CV (%)	6,61	9,11	8,14	5,12	4,19

Tabela 3 - Atributos químicos referente a solo coletado em lavouras cafeeiras, na linha e entrelinhas. Santo Antônio do Amparo, 2019-2020. (conclusão)

Tratamentos	P ²		Ca ⁴		Zn ⁹		SB ¹²	
	Linha	Entrelinha	Linha	Entrelinha	Linha	Entrelinha	Linha	Entrelinha
Paraíso MG H419-1	78,76 Aa	23,55 Bb	4,97 Aa	3,94 Ba	7,60 Aa	5,75 Ba	6,66 Aa	5,88 Ba
Catiguá MG2	65,34 Aa	49,31 Aa	3,92 Ab	4,03 Aa	6,77 Ab	6,50 Aa	5,71 Ab	6,07 Aa
CV (%)	23,24		4,77		7,6		4,49	

Tratamentos	H+AL ¹³		T ¹⁴		V% ¹⁵	
	Linha	Entrelinha	Linha	Entrelinha	Linha	Entrelinha
Paraíso MG H419-1	1,66 Aa	1,87 Aa	8,32 Aa	7,75 Ba	78,5 Aa	75,63 Aa
Catiguá MG2	1,84 Aa	1,64 Ab	7,56 Ab	7,70 Aa	74,13 Bb	78,71 Aa
CV (%)	7,43		2,96		2,89	

¹Alto (6,1-7,0); ³Médio (100-160 mg/dm³); ⁵Bom (0,91-1,50 cmol₂/dm³); ⁶Adequado (>14,2 mg/dm³); ⁷Alto (>15,0 mg/dm³); ⁸Alto (>1,50 mg/dm³); ¹⁰Médio (0,30-0,70 mg/dm³); ¹¹Alta (>30,0 mg/dm³); ¹⁶Médio (2,01-4,00 dag/kg) e ¹⁷Adequado (>18,0 mg/L).

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, considerando cada fonte de variação, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott (p<0.05).

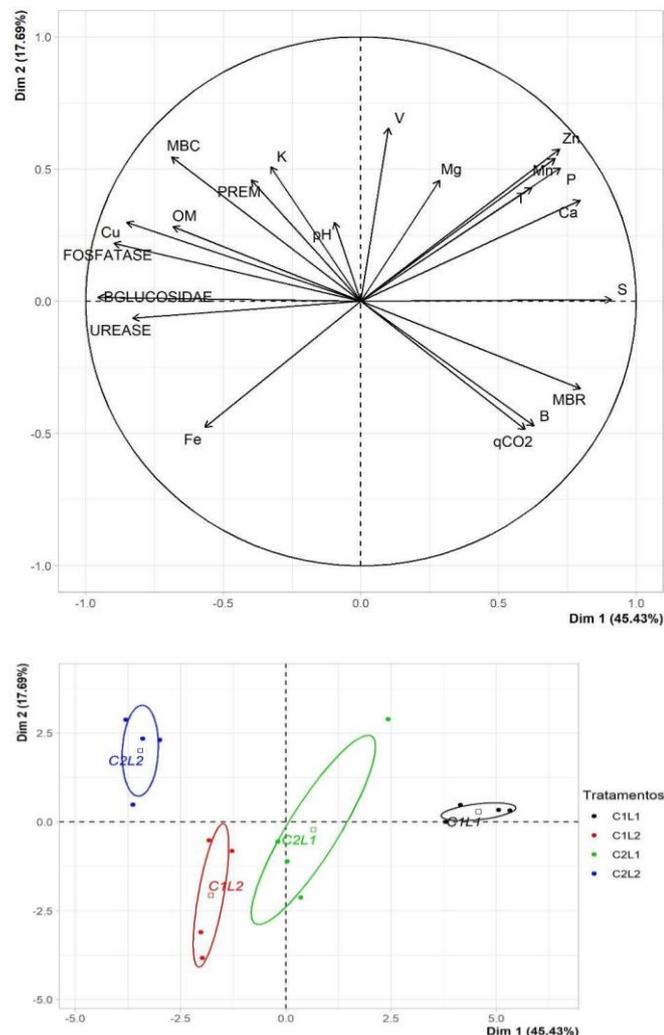
²Alto (>20,0 mg/dm³); ⁴Bom (2,41-4,00 cmol₂/dm³); ⁹Alto (>6,0 mg/dm³); ¹²Muito alto (>6,0 cmol₂/dm³); ¹³Baixo (1,01-2,50 cmol₂/dm³); ¹⁴Médio (4,31-8,60 cmol₂/dm³) e ¹⁵Bom (60,1-80,0 %).

** Letras minúsculas indicam a comparação entre cultivares dentro de um mesmo sistema de produção e letras maiúsculas correspondem à comparação da mesma cultivar em diferentes sistemas de produção. Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott (p<0.05).

Fonte: Da autora (2022).

Adicionalmente, foram realizadas análises dos componentes principais considerando os atributos químicos e microbiológicos (FIGURA 13). Os dois primeiros componentes principais explicaram 63,12% da variabilidade dos dados. Os atributos mais fortemente associados aos locais de coleta e cultivares foram (em ordem decrescente) S, respiração, Ca, P, Zn e Mn. A atividade da urease, fosfatase e β -glucosidase, juntamente com o Cu, apresentaram forte correlação negativa. Também foi possível observar uma relação inversamente proporcional entre MO e respiração e entre B e CBM.

Figura 13 - Análise de componentes principais em lavouras cafeeiras compostas diferentes cultivares e locais de coleta, considerando os atributos químicos e microbiológicos.



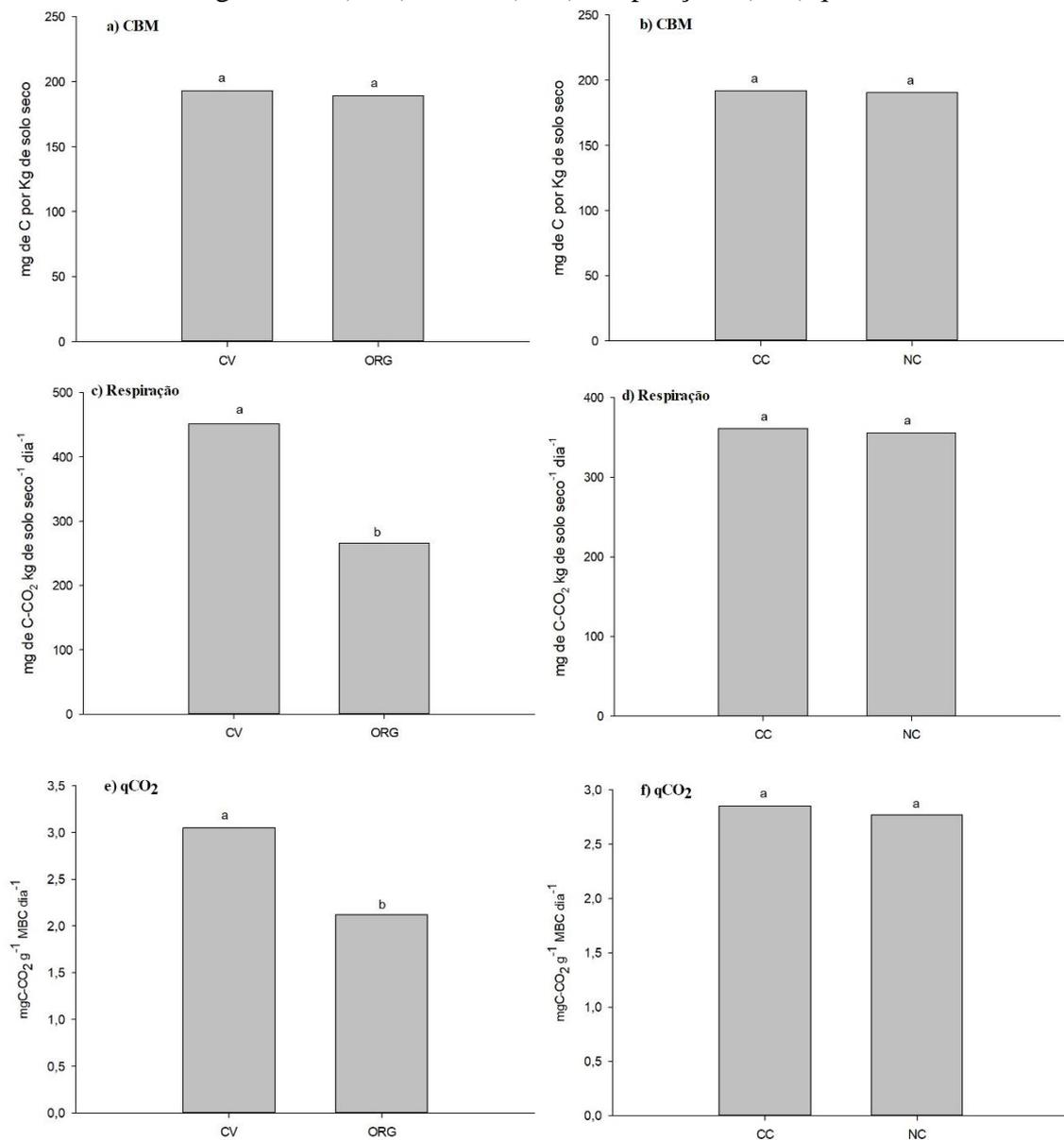
C1L1: cultivar Paraíso MG H419-1 e coleta na linha de plantio; C1L2: cultivar Paraíso MG H419-1 e coleta na entrelinha; C2L1: cultivar Catiguá MG2 e coleta na linha de plantio; C2L2: cultivar Catiguá MG2 e coleta na entrelinha; MBC: Carbono da biomassa microbiana; MBR: respiração microbiana basal; qCO_2 : quociente metabólico; OM: matéria orgânica; t: capacidade efetiva de troca catiônica e V: saturação de base.

Fonte: Da autora (2022).

3.4 Sistema x manejo

Não houve diferença significativa dos sistemas de produção e manejo para a CBM (FIGURA 14a e 14b). O sistema de produção orgânica apresentou a menor média para respiração (FIGURA 14c e 14d) e qCO_2 (FIGURA 14e e 14f).

Figura 14 - a) e b) CBM, c) e d) Respiração, e) e f) qCO_2 .

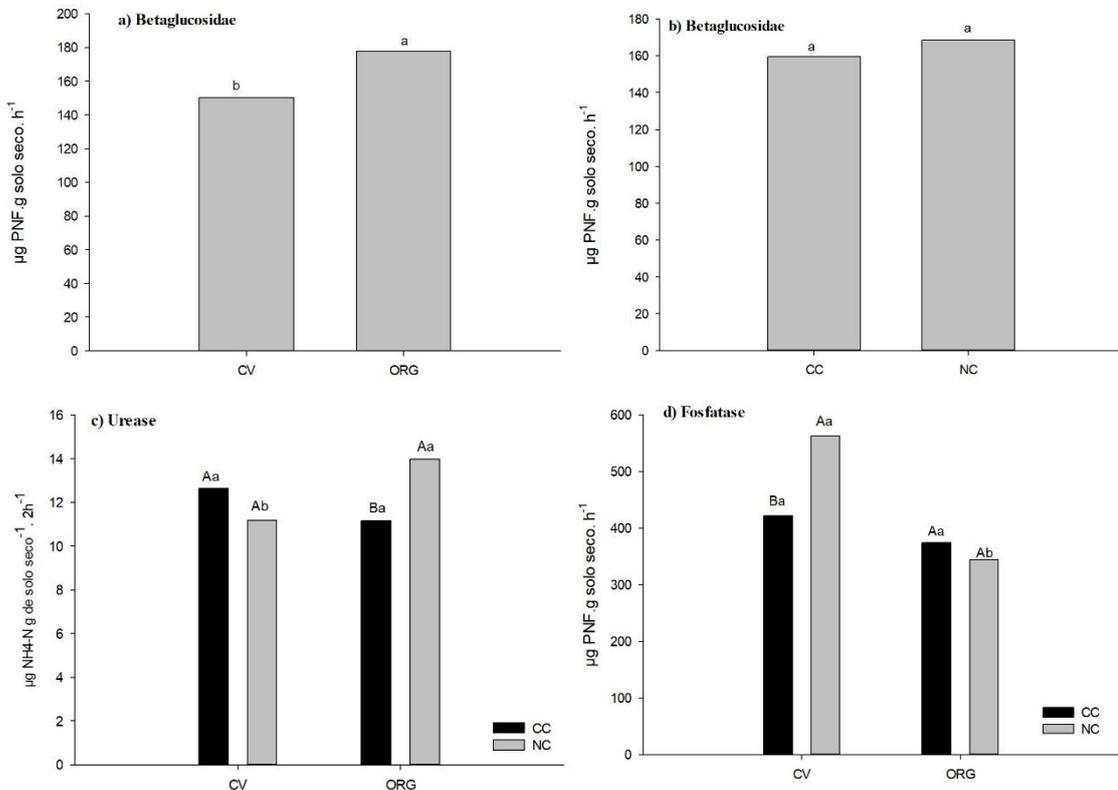


Médias seguidas pela mesma letra minúscula pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$). CV: sistema convencional, ORG: sistema orgânico, CC: presença de plantas de cobertura e NC: ausência de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Com relação à atividade enzimática, verifica-se pela análise de variância, efeito significativo dos sistemas de produção e manejos. Para a β -glucosidase, a maior atividade foi verificada sob sistema de produção orgânica, sem diferença entre a presença e ausência do plantio de plantas de cobertura (FIGURA 15a e 15b). Foi observada interação significativa para as enzimas urease e fosfatase. As maiores atividades da urease (FIGURA 15c) foram observadas no sistema de produção orgânico na ausência de plantas de cobertura e em relação ao sistema convencional. O inverso ocorreu para a enzima fosfatase (FIGURA 15d), onde o maior valor foi observado no tratamento sob plantio de plantas de cobertura e no convencional destacou-se a ausência do plantio de plantas de cobertura.

Figura 15 - Atividade enzimática. a) e b) β -glucosidase, c) urease e d) fosfatase.



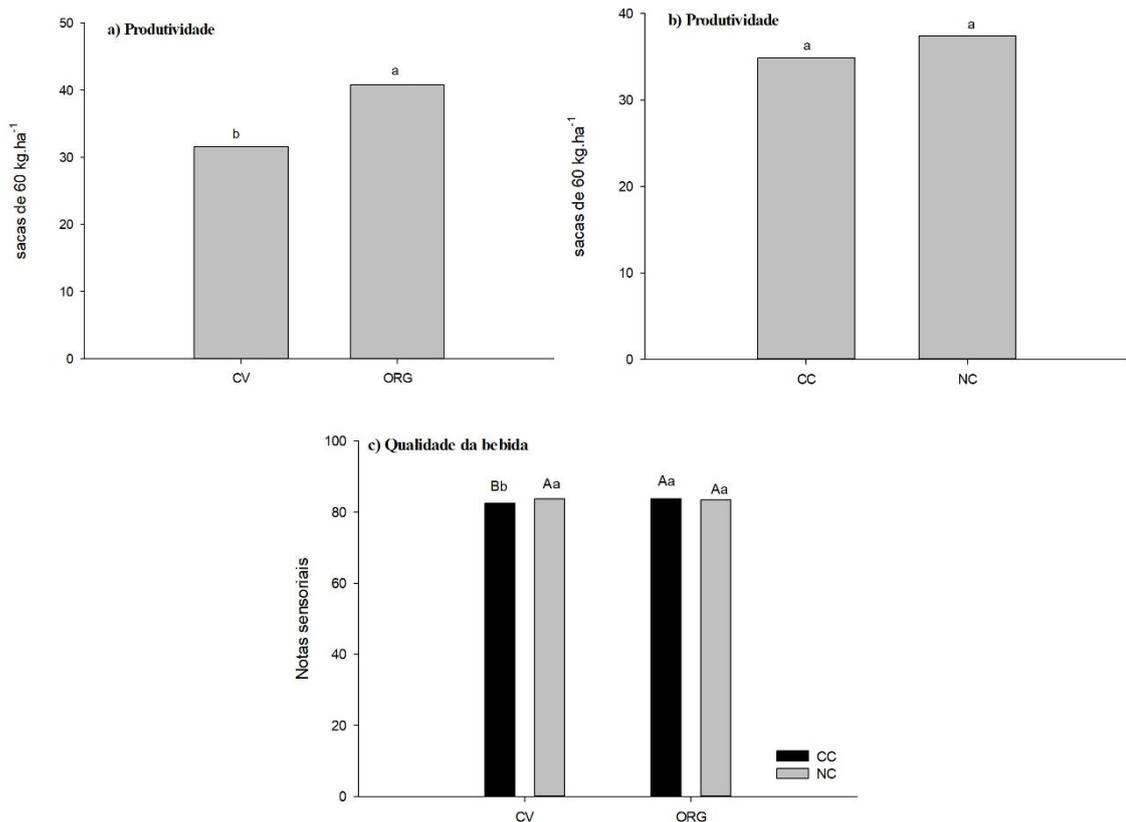
Letras minúsculas indicam a comparação entre sistemas de produção dentro de um mesmo manejo e letras maiúsculas correspondem à comparação do mesmo sistema de produção em diferentes manejos. Médias seguidas pela mesma letra minúscula pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$). CV: sistema convencional, ORG: sistema orgânico, CC: presença de plantas de cobertura e NC: ausência de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

O sistema de produção orgânico foi melhor quando comparado ao sistema convencional e não houve diferença entre os manejos na presença e ausência do plantio de plantas de cobertura para produtividade (FIGURA 16a e 16b), e os maiores valores na avaliação global

para a qualidade da bebida foram provenientes do sistema convencional na ausência do plantio das plantas de cobertura e não houve diferença no sistema orgânico tanto na ausência como presença do plantio das plantas de cobertura (FIGURA 16c).

Figura 16 - a) e b) Produtividade média (sacas de 60 kg.ha⁻¹) e c) qualidade da bebida em 2019-2020.



Letras minúsculas indicam a comparação entre sistemas de produção dentro de um mesmo manejo e letras maiúsculas correspondem à comparação do mesmo sistema de produção em diferentes manejos. Médias seguidas pela mesma letra minúscula pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$). CV: sistema convencional, ORG: sistema orgânico, CC: presença de plantas de cobertura e NC: ausência de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Na Tabela 4 são apresentados os resultados dos atributos químicos os quais foram comparados ao manual de recomendação para a cultura do café (MATIELLO *et al.*, 2020). observa-se que o sistema de produção orgânico apresentou as maiores médias para P, Ca, K, Mg, Mn, Zn, Fe e SB. Não houve diferença entre o plantio ou não para P, K, Mg, S, Mn, Cu, Zn, B, Fe, T, MO e Prem. Para o S, Cu e Prem, destaca-se o sistema convencional.

Para o pH e V%, o sistema orgânico na ausência de plantas de cobertura se destacou em relação ao convencional, apresentando a maior média. Com o plantio de plantas de cobertura no sistema de produção orgânico levou à ocorrência de maior média para H+AL (TABELA 4).

Tabela 4 - Atributos químicos referente a solo coletado em lavouras cafeeiras sob sistema de produção orgânica e convencional, na presença e ausência do plantio de plantas de cobertura. Santo Antônio do Amparo, 2019-2020.

Tratamentos	P ²	K ³	Ca ⁴	Mg ⁵	S ⁶	Mn ⁷	Zn ⁹	B ¹⁰	Fe ¹¹	SB ¹²	T ¹⁴	MO ¹⁶	PREM ¹⁷
Convencional	17,30 b	129,61 b	3,39 b	1,29 b	24,59 a	12,38 b	4,61 b	0,42 a	47,09 b	5,01 b	7,23 a	2,92 a	23,04 a
Orgânico	91,18 a	186,48 a	5,05 a	1,63 a	18,11 b	22,40 a	8,69 a	0,44 a	53,48 a	7,15 a	8,44 a	2,97 a	20,94 b
Plantas de cobertura- CC	51,67 a	156,47 a	4,35 a	1,51 a	22,08 a	17,73 a	6,53 a	0,44 a	51,33 a	6,26 a	7,90 a	2,97 a	22,24 a
Sem plantas de cobertura- NC	56,81 a	159,62 a	4,09 b	1,41 a	20,62 a	17,05 a	6,77 a	0,42 a	49,25 a	5,90 b	7,77 a	2,92 a	21,73 a
CV (%)	17,10	7,67	9,09	6,56	11,72	13,12	13,72	6,26	7,04	7,47	6,03	7,79	6,52

Tratamentos	pH ¹		H+AL ¹³		V% ¹⁵	
	CC	NC	CC	NC	CC	NC
Convencional	6,29 Ab	6,15 Bb	2 Ba	2,43 Aa	72,52 Ab	65,98 Bb
Orgânico	6,66 Aa	6,62 Aa	1,27 Ab	1,31 Ab	84,54 Aa	83,93 Aa
CV (%)	0,67		6,82		2,37	

²Alto (>20,0 mg/dm³); ³Médio (100-160 mg/dm³); ⁴Bom (2,41-4,00 cmol₂/dm³); ⁵Bom (0,91-1,50 cmol₂/dm³); ⁶Adequado (>14,2 mg/dm³); ⁷Alto (>15,0 mg/dm³); ⁸Alto (>1,50 mg/dm³); ⁹Alto (>6,0 mg/dm³); ¹⁰Médio (0,30-0,70 mg/dm³); ¹¹Alta (>30,0 mg/dm³); ¹²Muito alto (>6,0 cmol₂/dm³); ¹⁴Médio (4,31-8,60 cmol₂/dm³); ¹⁶Médio (2,01-4,00 dag/kg) e ¹⁷Adequado (>18,0 mg/L).

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, considerando cada fonte de variação, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott (p<0.05).

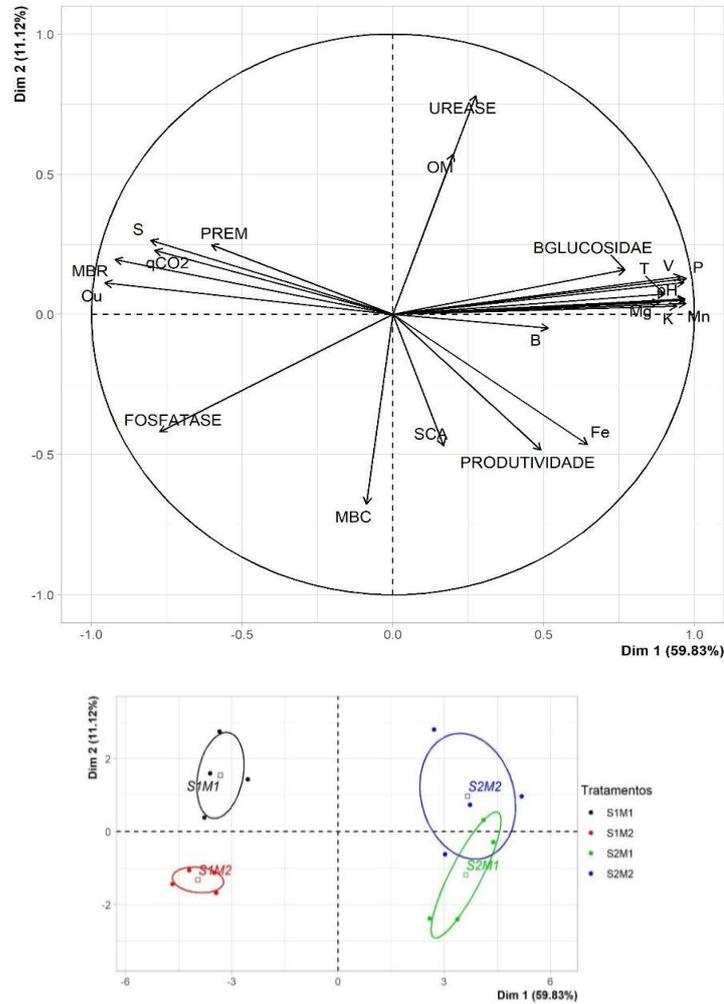
¹Alto (6,1-7,0); ¹³Baixo (1,01-2,50 cmol₂/dm³) e ¹⁵Bom (60,1-80,0 %).

** Letras minúsculas indicam a comparação entre cultivares dentro de um mesmo sistema de produção e letras maiúsculas correspondem à comparação da mesma cultivar em diferentes sistemas de produção. Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott (p<0.05).

Fonte: Da autora (2022).

Visando verificar se existe relação entre os sistemas de produção orgânica e convencional, na presença e ausência do plantio de plantas de cobertura, além das análises de variância, foram obtidas as estimativas de correlação entre os atributos químicos, produtividade e qualidade da bebida (FIGURA 17). Observa-se que os dois primeiros componentes principais representam 70,95% e possibilitaram a separação dos sistemas de produção e manejos. No sistema de produção convencional na presença e ausência das plantas de cobertura, apresentaram as maiores estimativas considerando o PC1 para as variáveis P, Mn, Zn, Ca, V, K, CTC, Mg, β -glucosidase e pH. Em contraste, as variáveis Cu, S, Prem, fosfatase, respiração e qCO_2 apresentaram correlação negativa com o PC1. Considerando o PC2, o atributo mais fortemente associado às áreas convencional na presença das plantas de cobertura, e orgânica na ausência, foi a urease. Enquanto, o CBM apresentou correlação negativa. Além disso, verificou-se sobreposição, principalmente dos atributos químicos.

Figura 17 - Análise de componentes principais em lavouras cafeeiras sob sistema de produção orgânica e convencional, na presença e ausência do plantio de plantas de cobertura, considerando os atributos químicos, microbiológicos, produtividade e qualidade da bebida.



S1M1: sistema convencional na presença do plantio de plantas de cobertura; S1M2: sistema convencional na ausência do plantio de plantas de cobertura; S2M1: sistema orgânico na presença do plantio de plantas de cobertura; S2M2: sistema orgânico na ausência do plantio de plantas de cobertura; MBC: Carbono da biomassa microbiana; MBR: respiração microbiana basal; qCO_2 : quociente metabólico; PREM: fósforo remanescente; OM: matéria orgânica; t: capacidade efetiva de troca catiônica; V: saturação de base; SCA: qualidade da bebida.

Fonte: Da autora (2022).

4 DISCUSSÃO

Os maiores valores para Ca e Ph, e menores para S e MO, sob sistema de produção orgânico, podem estar associados à aplicação de calcário nesse ambiente. Contudo, o aumento do pH pode resultar em maior decomposição dos materiais orgânicos reduzindo o teor de

matéria orgânica no solo e, conseqüentemente, a disponibilidade de enxofre (MESQUITA, 2016).

Com relação ao sistema de produção convencional, a alta disponibilidade de cobre e baixa de cálcio pode ser em parte explicada pelo antagonismo existente entre esses nutrientes (SILVA; TREVIZAM, 2015). Além disso, a alta disponibilidade de cobre é esperada em lavouras cujo controle de cercosporiose é realizado mediante uso de produtos cúpricos, como é realizado na área experimental, entretanto, foi observado valores superiores ao recomendado para a cultura (MESQUITA, 2016).

Quanto aos atributos microbiológicos, a β -glucosidase, fosfatase, CBM e $q\text{CO}_2$ foram bons indicadores para distinguir os sistemas de produção. Resultado semelhante ao constatado por Aragão e De Oliveira-Longatti (2020) em lavouras cafeeiras no cerrado mineiro, no qual observaram que o CBM, $q\text{CO}_2$ e atividades de β -glucosidase e urease foram relacionadas positivamente com altas produtividades e melhor discriminaram o potencial de produção do solo.

A relação negativa observada entre o $q\text{CO}_2$ e a atividade da enzima urease e CBM (FIGURA 4), indica que, quanto maior a atividade da biomassa microbiana do solo e da urease, maior é a eficiência dos microrganismos no aproveitamento de C e N. De acordo com Anderson e Domsch (1993), à medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente na utilização dos recursos, menos CO_2 é perdido e maior proporção de carbono é incorporado, isso é mostrado nesse estudo pelos menores valores de $q\text{CO}_2$.

Observou-se ainda, que os maiores valores dos atributos, Ca, Mn, Zn, Mg, pH, B, respiração e $q\text{CO}_2$ podem estar associados com a presença das plantas de cobertura. É relatado na literatura (ORNELAS; THAPA; TULLY, 2021), efeitos benéficos de plantas de cobertura. Esses autores avaliaram o impacto das plantas de cobertura juntamente com o sistema de produção orgânico em diferentes culturas agrícolas, e observaram que a adoção a longo prazo das plantas de cobertura resulta em um aumento significativo nas concentrações de CBM em profundidade, especialmente na camada de 0-15 cm. Além disso, outros autores (SCHMIDT; MITCHELL; SCOW, 2018) observaram aumento de 20,7% do CBM quando realizado o plantio de plantas de cobertura, com aumentos significativos nos teores de C e N.

Considerando a adoção ou não do plantio das plantas de cobertura, não foi observado efeito significativo na atividade da β -glucosidase e produtividade. Esse resultado pode ser decorrente das condições climáticas predominantes e espécies de plantas utilizadas em cobertura. Existem estudos realizados com outras culturas. Como por exemplo, soja e milho (DOZIER *et al.*, 2017), que demonstraram que os efeitos das plantas de cobertura sobre a

produtividade das culturas, o maior aporte de nutrientes e, conseqüentemente, da atividade enzimática, são dependentes das condições climáticas, preparo do solo, espécies utilizadas e duração do tempo de exposição do solo à cobertura viva ou morta. Soma-se a essa explicação a influência do manejo, da adubação e o estado nutricional da planta. Essas variáveis podem influenciar tanto na produção quanto na composição do grão e, conseqüentemente, na qualidade da bebida (MARTINEZ *et al.*, 2014).

A correlação negativa observada neste estudo, entre a produtividade e cálcio, indica que quanto maior a produtividade, menor é a disponibilidade de Ca no solo. Esse resultado é apoiado por relatos de outros trabalhos (HERNANDEZ; SILVEIRA, 1998), que demonstraram que altas concentrações de cálcio resultaram em diminuição na produção de milho.

Quando se contrastou os locais de coleta e cultivares, os atributos químicos que possibilitaram melhor distinção entre esses componentes experimentais foram S, Ca, P, Zn e Mn e os microbiológicos. Esses resultados são particularmente importantes para os atributos microbiológicos, pois a atividade de enzimas do solo tem sido amplamente utilizada como indicadores confiáveis para medir a qualidade do solo (MOSCATELLI *et al.*, 2012; LUPWAYI *et al.*, 2017), uma vez que são sensíveis a estresses ambientais e mudanças nas práticas de manejo. As menores taxas respiratórias observadas para o contraste entre locais de coleta e cultivares pode ser justificada pela não ocorrência de condições de estresse. Em outras palavras, na entrelinha, devido ao plantio das plantas de cobertura, aumentou-se o aporte de resíduos vegetais e, conseqüentemente, maior atividade microbiana, demonstrada pela maior atividade da urease, fosfatase e β -glucosidase.

No contraste entre sistema de produção e plantio de plantas de cobertura, os atributos P, Mn, Zn, pH, Ca, V, K, CTC, Mg, urease e β -glucosidase foram os mais eficazes na separação e distinção desses ambientes. Esses resultados indicam que a diversidade das espécies cultivadas na entrelinha do cafeeiro, implica em maior diversidade de substratos orgânicos depositados na rizosfera, os quais podem ser utilizados por diferentes guildas ecológicas. Desta forma, é possível obter maior atividade das enzimas β -glucosidase, fosfatase e urease, assim como menor respiração do solo.

Segundo Zhalnina *et al.* (2018), a diversidade e tempo de duração da cobertura desempenham papel importante no suprimento de grande variedade de substratos orgânicos, os quais são fornecidos por meio de exsudatos e resíduos à microbiota do solo. É possível que a entrada de resíduos oriundos das plantas de cobertura, o aporte de carbono e o processo de decomposição, tenham influenciado positivamente a comunidade microbiana e, conseqüentemente, aumentando a atividade das enzimas. O aumento da atividade enzimática

em resposta ao aumento da diversidade de plantas de cobertura foi também observado em trabalhos realizados com outras culturas e sob outras condições climáticas (MOSCATELLI *et al.*, 2012; LUPWAYI *et al.*, 2017; MAN *et al.*, 2021), ratificando os resultados observados neste estudo.

Um fato que já foi bem elucidado diz respeito à diferença dos sistemas de produção quanto ao teor de matéria orgânica. Nos sistemas convencionais tem sido constatada redução dos teores de matéria orgânica devido à baixa entrada e diversidade de resíduos orgânicos e a curto prazo, ocorre redução na disponibilidade de nutrientes, menor biomassa e atividade microbiana (BATISTA *et al.*, 2018). Entretanto, no presente estudo, não foi observada diferença entre o sistema orgânico e convencional quanto ao teor de matéria orgânica.

No sistema orgânico, independente da presença das plantas de cobertura, nossos resultados demonstram que a redução na respiração basal foi acompanhada do aumento da eficiência de incorporação de C pela comunidade microbiana do solo, tal comportamento difere de outro trabalho (SÁ *et al.*, 2018), onde foi observado que a maior diversidade de vegetação e manutenção de cobertura do solo promovem maior incorporação de C no sistema.

Os altos teores de P ($91,18 \text{ mg dm}^{-3}$) observados nesse estudo, são muito acima do recomendado para a cultura do café (MATIELLO *et al.*, 2020). No entanto, é oportuno destacar, que do total de P presente no ambiente, apenas 22,96% estão prontamente disponíveis para as plantas na forma de fósforo remanescente. O fósforo remanescente é descrito como a quantidade do P adicionado que fica na solução de equilíbrio após definido tempo de contato com o solo, e é comumente utilizado para estimar o nível crítico de P disponível e a declividade do P disponível como função do P adicionado ao solo (RAMPIM; LANA; FRANDOLOSO, 2013). Em adição, quanto maior é o Prem, maior a eficiência do uso do P e menor adsorção de fósforo ao solo. Portanto, em sistemas de produção orgânico independente do plantio de plantas de cobertura ou não, houve uma maior adsorção do P, o que refletiu em uma menor disponibilidade deste elemento.

Os menores valores de atividade da β -glucosidase e os menores teores de P, K, Ca, Mg, Mn, Zn e Fe observados no sistema de produção convencional, podem estar associados a composição química dos resíduos. Sabe-se que a atividade enzimática é facilmente afetada pelo uso e manejo do solo devido a sua sensibilidade às alterações neste ecossistema (BATISTA *et al.*, 2018). Dessa forma, a deficiência de nutrientes e a composição química dos resíduos químicos podem levar a uma diminuição da atividade da β -glucosidase (BITTAR; FERREIRA; CORRÊA, 2013), uma vez que esta atua na etapa final do processo de decomposição da celulose.

O pH mais alto em sistema orgânico na presença do plantio de plantas de cobertura pode ser decorrente da decomposição microbiana dos resíduos depositados na cobertura do solo (PELTONIEMI *et al.*, 2021) e pelo constante aporte de P via aplicação de fosfato de rocha e também pela ausência do uso de fertilizantes minerais solúveis (VON ARB *et al.*, 2020).

5 CONCLUSÕES

Os atributos químicos Mn, Zn, P, V, pH, K, Ca, CTC Mg, Cu e S foram os mais importantes na discriminação das cultivares frente aos sistemas de produção, manejo e locais de coleta. A atividade da β -glucosidase, urease, e a respiração, CBM e qCO_2 , foram os atributos microbiológicos mais importantes na discriminação dos sistemas avaliados.

A qualidade da bebida foi afetada pelo sistema de produção e adoção do plantio de plantas de cobertura.

REFERÊNCIAS

- ALEF, K. **Estimation of soil respiration**. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. [S.l.]: Academic Press, 1995. p. 214-219.
- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ ($q\text{CO}_2$) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biol. Biochem.**, [S.l.], v. 25, pp. 393-395, 1993.
- ARAGÃO, O. O. da S.; DE OLIVEIRA-LONGATTI, S. M.; CAPUTO, P. S. de C.; RUFINI, M.; CARVALHO, G. R.; CARVALHO, T. S. de; CARVALHO, T. S. de, MOREIRA, F. M. de S. Microbiological indicators of soil quality are related to greater coffee yield in the Brazilian Cerrado region. **Ecological indicators**, v.113, p. 106-205, 2020.
- BATISTA, E. R. *et al.* Atributos biológicos do solo em sistema integrado de produção agropecuária. In: SOUZA, E. D. de *et al* (Org.). **Sistemas Integrados de Produção Agropecuária no Brasil**. Tubarão: Copiart, 2018. v. 1, p. 71-90.
- BIRGÉ, H.E.; BEVANS, R.A.; ALLEN, C.R.; ANGELER, D.G.; BAER, S.G.; WALL, D.H.; Adaptive management for soil ecosystem services. **J. Environ. Manag.**, [S.l.], v. 183, p. 371–378, 2016.
- BITTAR, I.M.B.; FERREIRA, A.S.; CORRÊA, G.F. Influência da textura do solo na atividade microbiana, decomposição e mineralização do carbono de serapilheira de sítios do bioma cerrado sob condições de incubação. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1952-1960, 2013.
- BORÉM, F. M.; ISQUIERDO, E. P.; TAVEIRA, J. H. S. Coffee drying. In: Handbook of coffee post-harvest technology; BORÉM, F. M. (Eds.). Norcross: Gin Press, 2014. p. 49-68.
- CARDOSO, R. G. S.; PEDROSA, A. W.; RODRIGUES, M. C.; SANTOS, R. H. S.; MARTINEZ, H. E. P.; CECON, P. R. Intercropping period between species of green manures and organically-fertilized coffee plantation. *Coffee Science*, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 9–22, 2018.
- CORREIA, R. M.; ANDRADE, R.; TOSATO, F.; NASCIMENTO, M. T.; PEREIRA, L. L.; ARAÚJO, J. B. S.; ROMÃO, W. Analysis of robusta coffee cultivated in agroforestry systems (afs) by esi-ft-icr ms and portable nir associated with sensory analysis. **Journal of Food Composition and Analysis**, [S.l.], v. 103, n. 637, p. 10, 2020.
- CUNHA, A. J. da; MELO, B. de; SANTOS, J. C. F. Intercropping perennial legume interference on growth and yield coffee. **Coffee Science**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 24–33, 2014.
- DICK, R.P.; BREAKWELL, D.P., TURCO, R.F. 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, 1996, p. 247-272.
- DOMINATI, E., PATTERSON, M., MACKAY, A., A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. **Ecol. Econ.**, [S.l.], v. 69, p. 1858–1868, 2010.

- DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. *In*: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. p.3-21.
- DOZIER, I. A.; BEHNKE, G. D.; DAVIS, A. S.; NAFZIGER, E. D.; VILLAMIL, M. B. Tillage and Cover Cropping Effects on Soil Properties and Crop Production in Illinois. **Agronomy Journal**, [S.l.], v. 109, n. 4, p. 1261, 2017.
- DUCHENE, O.; VIAN, J.F.; CELETTE, F. Intercropping with legume for agroecological cropping systems: complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. **A review. Agric. Ecosyst. Environ.**, [S.l.], v. 240, p. 148–161, 2017.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997, 212 p.
- FERRARINI, A.; BINI, C.; AMADUCCI, S. Soil and ecosystem services: current knowledge and evidences from Italian case studies. **Appl. Soil Ecol.**, [S.l.], v. 10, p. 1016, 2017.
- FINE, A.K.; VAN ES, H.M.; SCHINDELBECK, R.R. Statistic, scoring functions, and regional analysis of a comprehensive soil health database. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, [S.l.], v. 83, p. 589-601, 2017.
- GUIMARÃES, G.P.; DE LIMA, P.C.; DE MELO MOURA, W.; VALENTE, R.F.; ANDRÉ GUARÇONI, M.; DE SÁ MENDONÇA, E. Productivity of coffee and legumes intercropped under different sun exposure face. **Australian Journal of Crop Science**, [S.l.], v. 10, n. 4, p. 513-519, 2016.
- HARVEY, C. A.; MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, M. R.; CÁRDENAS, J. M.; AVELINO, J.; RAPIDEL, B.; VIGNOLA, R.; DONATTI, C. I.; VILCHEZ-MENDOZA, S. The use of ecosystem-based adaptation practices by smallholder farmers in Central America. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [S.l.], v. 246, p. 279-290, 2017.
- HERNANDEZ, R.J. M.; SILVEIRA, R.I. Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 1, p. 79-85, 1998.
- HIMMELSTEIN, J.; ARES, A.; GALLAGHER, D.; MYERS, J. A meta-analysis of intercropping in Africa: impacts on crop yield, farmer income, and integrated pest management effects. **Int. J. Agric. Sustain**, [S.l.], v. 15, p. 1–10. 2017.
- HOEFT, R.G.; WALSH, L.M.; KENNEY, D.R. Evaluation of various extractants for available soil sulfur. **Soil Sci Soc Am J.**, [S.l.], v. 37, p. 401– 411, 1973.
- HUSSON, F.; VAISSIE, P.; MONGE, A. **Perform Factorial Analysis from 'FactoMineR' with a Shiny Application**. Package 'Factoshiny', 2018.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil. **Normas Climatológicas (1991/2020)**. Brasília, DF, 2022.

- LINGLE, T. R. **The Coffee Cupper's Handbook: A Systematic Guide to the Sensory Evaluation of Coffee's Flavor**, 4th.ed.; Handbook series; Speciality Coffee Association of America: Long Beach, Calif, 2011.
- LUPWAYI, N.Z.; LARNEY, F.J.; BLACKSHAW, R.E.; KANASHIRO, D.A.; PEARSON, D.C. Phospholipid fatty acid biomarkers show positive soil microbial community responses to conservation soil management of irrigated crop rotations. **Soil Tillage Res.**, [S.l.], v. 168, p. 1-10, 2017.
- MAN, M.; WAGNER-RIDDLE, C.; DUNFIELD, K.E.; DEEN, B.; SIMPSON, M. J. Long-term crop rotation and different tillage practices alter soil organic matter composition and degradation. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 209, n. 104, p. 960, 2021.
- MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J. M.; LACERDA, J. S. de; NEVES, Y. P.; PEDROSA, A. W. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. **Revista Ceres**, [S.l.], v. 61(suppl), p. 838–848, 2014.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R., ALMEIDA, S. R., GARCIA, A. W. R. **Cultura de café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro: Fundação Procafé, 2020. 728 p.
- McLEAN; E.O.; HEDLESON, M.R.; BARTLETT, R.J.; HOLOWAYCHUK, D.R. Aluminum in soils: I. extraction methods and magnitudes in Ohio claysand soils 1. **Soil Sci Soc Am J.**, [S.l.], v. 22, p. 382–387, 1958.
- MEENA, R.S.; MEENA. P.D.; YADAV, G. S, YADAV, S. S Phosphate solubilizing microorganisms, principles and application of MicrophosTechnology. **J Clean Prod.**, [S.l.], v. 145, p. 157–158, 2017.
- MEENA, R. S.; LAL, R. Legumes and Sustainable Use of Soils. **Legumes for Soil Health and Sustainable Management**, [S.l.], p.1–31, 2018.
- MEHLICH, A. **Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH₄**. North Carolina Soil Testing Division, Raleigh, 1953.
- MENDONÇA, E. de S.; LIMA, P. C. de; GUIMARÃES, G. P.; MOURA, W. de M.; ANDRADE, F. V. Biological Nitrogen Fixation by Legumes and N Uptake by Coffee Plants. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 41, 2017.
- MESQUITA, C. M. de *et al.* **Manual do café: manejo de cafezais em produção**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 72 p. il.
- MOSCATELLI, M. C.; LAGOMARSINO, A.; GARZILLO, A. M. V.; PIGNATARO, A.; GREGO, S. β -Glucosidase kinetic parameters as indicators of soil quality under conventional and organic cropping systems applying two analytical approaches. **Ecological Indicators**, [S.l.], v.13, n. 1, p. 322–327, 2012.
- NIE, Z.; MCLEAN, T.; CLOUGH, A.; TOCKER, J.; CHRISTY, B.; HARRIS, R.; RIFFKIN, P.; CLARK, S.; McCASKILL, M. Benefits, challenges and opportunities of integrated crop-livestock systems and their potential application in the high rainfall zone of southern Australia: a review. **Agric. Ecosyst. Environ.** [S.l.], v. 235, p. 17–31. 2016.

- ORNELAS, R.C.; THAPA, R.; TULLY, K. L. Soil organic carbon is affected by organic amendments, conservation tillage, and cover cropping in organic farming systems: A meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, [S.l.], v. 312, p. 107356, 2021.
- PELTONIEMI, K.; VELMALA, S.; FRITZE, H.; LEMOLA, R.; PENNANEN, T. Long-term impacts of organic and conventional farming on the soil microbiome in boreal arable soil, **European Journal of Soil Biology**, [S.l.], v. 104, 2021.
- RAMPIM, L.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J. F. Fósforo e enxofre disponível, alumínio trocável e fósforo remanescente em latossolo vermelho submetido ao gesso cultivado com trigo e soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1623-1638, 2013.
- RINOT, O.; LEVY, G.J.; STEINBERGER, Y.; SVORAY, T.; ESHEL, G. Soil health assessment: A critical review of current methodologies and a proposed new approach. **Science of The Total Environment**, [S.l.], v. 648, p. 1484-1491, 2018.
- ROSADO, M. da C.; ARAUJO, G. J.; PALLINI, A.; VENZON, M. Cover crop intercropping increases biological control in coffee crops. *Biological Control*, [S.l.], v. 160, 2021.
- ROSA-SCHLEICH, J.; LOOS, J.; MUBHOFF, O.; TSCHARNTKE, T. Ecological-economic trade-offs of Diversified Farming Systems – A review. **Ecological Economics**, [S.l.], v. 160, p. 251–263, 2019.
- SÁ, J.C. M.; GONÇALVES, D. R.P.; FERREIRA, L. A.; MISHRA, U.; INAGAKI, T. M.; FERREIRA FURLAN, F. J.; OLIVEIRA FERREIRA, A. Soil carbon fractions and biological activity based indices can be used to study the impact of land management and ecological successions. **Ecological Indicators**, [S.l.], v. 84, p. 96–105, 2018.
- SCA. Specialty Coffee Association of America. **Protocols & Best Practices**. Disponível em: <https://sca.coffee/research/protocols-best-practices/>. Acesso em: 28 May, 2021.
- SCHMIDT, R.; MITCHELL, J.; SCOW, K. Cover cropping and no-till increase diversity and symbiotroph: saprotroph ratios of soil fungal communities. **Soil Biology and Biochemistry**, [S.l.], [S.v.], [S.n.], nov. 2018.
- SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações Agronômicas**, [S.l.], n. 149, p.7, 2015.
- TABATABAI, M.A., BREMNER, J.M. Assay of urease activity in soil. **Soil Biol. Biochem.**, [S.l.], v 4, p. 479-487, 1972.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Biol. Biochem.**, [S.l.], v. 19, p. 703-707, 1987.
- VON ARB, C.; BÜNEMANN, E. K.; SCHMALZ, H.; PORTMANN, M.; ADAMTEY, N.; MUSYOKA, M. W.; FROSSARD, E.; FLIESSBACH, A. Soil quality and phosphorus status after nine years of organic and conventional farming at two input levels in the Central Highlands of Kenya. **Geoderma**, [S.l.], v. 362, p. 112-114, 2020.

VUKICEVICH, E.; LOWERY, T.; BOWEN, P.; ÚRBEZ-TORRES, J.R.; HART, M. Cover crops to increase soil microbial diversity and mitigate decline in perennial agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, [S.l.], v. 36, p. 1–14, 2016.

WEI, M.; HU, G.; WANG, H.; BAI, E.; LOU, Y.; ZHANG, A.; ZHUGE, Y. 35 years of manure and chemical fertilizer application alters soil microbial community composition in a Fluvo-aquic soil in Northern China. **Eur. J. Soil Biol.**, [S.l.], v. 82, p. 27-34, 2017.

YADAV, G.S.; LAL, R.; MEENA, R.S.; BABU, S.; DAS, A.; BHOMIK, S.N.; DATTA, M.; LAYAK, J.; SAHA, P. Conservation tillage and nutrient management effects on productivity and soil carbon sequestration under double cropping of rice in north eastern region of India. **Ecological Indicators**, [S.l.], [S.v.], [S.n.], 2017.

ZHALNINAK, K.B.; LOUIE, Z.; HAO, N.; MANSOORI, U.N.; ROCHA, S.; SHI, H.; CHO, U.; KARAOZ, D.; LOQUÉ, B.P.; BOWEN, M.K.; FIRESTONE, T.R.; NORTHERN, E.L.; B RODIE. Dynamic root exudate chemistry and microbial substrate preferences drive patterns in rhizosphere microbial community assembly. **Nature Microbiology**, [S.l.], v. 3, p. 470-480, 2018.

ARTIGO 2 ABUNDÂNCIA E DIVERSIDADE DE MACRO E MESOFAUNA DO SOLO EM LAVOURAS CAFEIRAS ORGÂNICA E CONVENCIONAL COM OU SEM PLANTAS DE COBERTURA

RESUMO

A macro e mesofauna do solo são responsáveis pela maior parte da biomassa total e contribuem de forma direta para o funcionamento da cadeia trófica do solo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito dos sistemas de produção (convencional e orgânico) e da semeadura de plantas de cobertura sobre a diversidade taxonômica e de grupos funcionais da macro e mesofauna que ocorrem em lavouras cafeeiras. O estudo foi conduzido no município de Santo Antônio do Amparo, MG, Brasil. A macro e mesofauna foi coletada durante duas campanhas conduzidas em março de 2019 e de 2020, através de armadilhas de solo do tipo *pitfall*. Os indivíduos coletados foram triados, identificados e classificados em grupos funcionais segundo o hábito alimentar. Foram coletados um total de 27.168 indivíduos pertencentes a três filos (Annelida, Arthropoda e Mollusca), duas classes (Chilopoda e Diplopoda) e 14 ordens. As ordens mais abundantes foram Collembola, Hemiptera e Coleoptera. Quanto aos grupos funcionais, os mais frequentes foram detritívoros/decompositores, fitófagos/herbívoros e fitófagos. O sistema de produção orgânico apresentou efeito positivo sobre a abundância e riqueza. Já a semeadura de plantas de cobertura influenciou positivamente a ordem Orthoptera e houve interação do manejo e sistemas de produção sobre Blattaria. Desta forma, o sistema de produção orgânica favorece a diversidade de macro e mesofauna do solo e sua adoção tem o potencial de beneficiar a biodiversidade dos ecossistemas agrícolas, assim como os processos que podem garantir sua sustentabilidade.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L. Bioindicadores. Ecologia do solo. Fauna do solo.

1 INTRODUÇÃO

A meso e a macrofauna do solo é representada por invertebrados com dimensões variando entre 0,1-2 mm e 2-30 mm, respectivamente, que ocorrem principalmente nos 30 cm superiores do solo (PANT *et al.*, 2017). Estes organismos compõem proporcionalmente a maior parte da biomassa total e contribuem de forma direta para o funcionamento da cadeia alimentar do solo, por ocuparem diferentes níveis tróficos (BOTTINELLI *et al.*, 2015; GONGALSKY *et al.*, 2021). Modificações ou perturbações no ambiente ocasionadas por práticas agrícolas, por exemplo, podem afetar rapidamente a diversidade da meso e macrofauna (GUIMARÃES *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2018). Desta forma, podem ser utilizadas como indicadores da qualidade do solo, de manejo rápido, fácil e econômico (VELASQUEZ; LAVELLE, 2019).

Uma das formas de manejo para aumentar a abundância e a biomassa da macrofauna bioindicadora do solo é através do plantio de plantas de cobertura. Os efeitos do plantio de

plantas de cobertura nas propriedades biológicas, físicas e químicas do solo têm sido amplamente estudados (HARVEY *et al.*, 2017; MENDONÇA *et al.*, 2017; CARDOSO *et al.*, 2018). Sabe-se que a diversidade da macrofauna bioindicadora é maior em sistemas com uso de plantas de cobertura quando comparada ao sistema convencional (TANTACHASATID *et al.*, 2017). Além disso, a composição química das espécies utilizadas para cobertura do solo também pode afetar a distribuição dos grupos de macrofauna (SILESHI; MAFONGOYA, 2007).

No Brasil são poucos os estudos que avaliaram e compararam o impacto dos sistemas de produção em populações de macro e mesofauna do solo sob lavouras cafeeiras. Já foi constatado que os grupos de macrofauna Araneae, Chilopoda, Coleoptera, Gastropoda, Isoptera, Oligochaeta e Orthoptera proporcionam a distinção de lavouras orgânicas e convencionais de café no estado do Espírito Santo (SANTOS *et al.*, 2018). A estação chuvosa e os diferentes sistemas de cultivo de café associados a características químicas e físicas do solo permitem uma maior diversidade e abundância destes grupos taxonômicos (PIMENTEL *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2012; KARUNGI *et al.*, 2018).

No entanto, não há evidências de como os sistemas de produção orgânico e convencional, em conjunto com o plantio de plantas de cobertura, afetam a diversidade e abundância da macro e da mesofauna do solo. Sabatté *et al.* (2021) reforçam que o estudo dos padrões e mudanças ocasionadas pelas práticas de manejo e sua relação com os processos ecológicos do solo são de fundamental importância para o entendimento da diversidade e serviços ecossistêmicos.

Portanto, objetivou-se avaliar a influência do sistema de produção orgânico e convencional, na presença e ausência do plantio de plantas de cobertura nas entrelinhas do cafeeiro, sobre a abundância e diversidade da macro e mesofauna do solo, e determinar a dinâmica dos níveis tróficos alimentares em lavouras cafeeiras.

2 MATERIAL E MÉTODOS

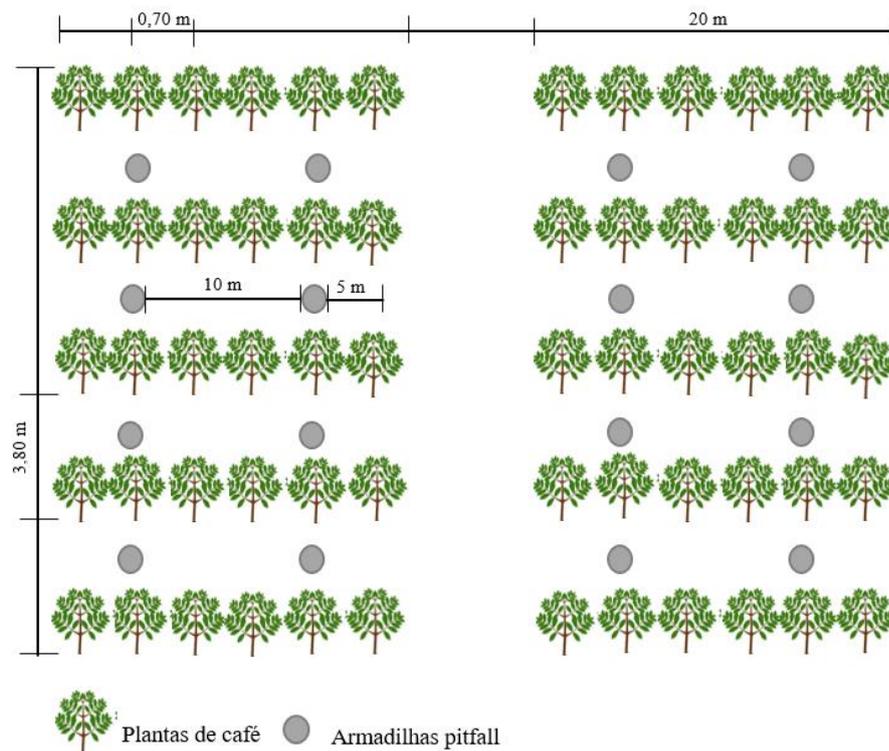
2.1 Caracterização da área e delineamento

O estudo foi realizado na Fazenda Cachoeira, localizada no município de Santo Antônio do Amparo-MG, em duas áreas de café arábica, sendo uma com adoção do manejo orgânico (latitude 20°88'78,35'' S e longitude 44°95'12,36'' W e altitude média de 1.018,5 metros) e outra com manejo convencional (latitude 20°90'42,20'' S e longitude 44°94'59,51'' W e

altitude média de 1.008 metros). O clima predominante é do tipo “Cwa” (subtropical úmido), com estação seca no inverno. De acordo com a classificação de Köppen, a temperatura anual média da localidade é de 19,4 °C e a precipitação anual média de 1.530 mm. O solo é classificado como Latossolo vermelho distrófico e os dados referentes aos atributos químicos e físicos estão descritas na Tabela 1.

O ensaio foi realizado em um delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial (2x2) (FIGURA 1), 2 tipos de sistema de produção (orgânico e convencional) e 2 diferentes manejos referentes a presença e ausência de plantas de cobertura, com quatro repetições, num total de 128 armadilhas pitfalls (sendo 64 em cada uma de 2 cultivares (Catiguá MG2 e Paraíso MG H419-1)).

Figura 1 - Representação dos procedimentos de amostragem nas áreas experimentais e as distâncias adotadas entre armadilhas, inseridas na entrelinha do cafeeiro.



Fonte: Da autora (2022).

As lavouras convencionais de café arábica foram implantadas em 2016/2017 e as orgânicas em 2015/2016, ambas com o espaçamento de 3,80 m (entre linhas) x 0,70 m (entre plantas), conferindo um estande de 3.759 plantas ha⁻¹.

O experimento foi implantado em novembro de 2018, quando foi realizada a semeadura do coquetel de plantas de cobertura composto por girassol (*Helianthus annuus* L.), milho

(*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), trigo-sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench) e as crotalárias (*Crotalaria ochroleuca* G. Don, *C. breviflora* DC. e *C. juncea* L.).

O primeiro corte das plantas de cobertura foi realizado posteriormente, em fevereiro de 2019. O segundo plantio foi realizado em novembro de 2019 e o corte realizado em fevereiro de 2020. Nos dois anos, as plantas de cobertura não foram incorporadas ao solo, sendo usadas apenas como cobertura morta.

2.2 Amostragem e identificação dos grupos de macro e mesofauna do solo

Foram utilizadas quatro armadilhas de solo do tipo *pitfall*, em cada parcela no mês de março de 2019 e março de 2020. As armadilhas foram confeccionadas a partir de potes plásticos com capacidade de 1.000 mL, contendo 200 mL de solução hipersalina (15g de NaCl e 4 gotas de detergente). Após 48 horas, os invertebrados foram extraídos com pinça/pincéis, e então, armazenados em potes contendo álcool 70%, exceto as minhocas (Haplotaxida), armazenadas em álcool absoluto.

Para a determinação foi utilizada lupa binocular, quando necessário, procedeu-se a contagem de indivíduos de cada amostra, e a identificação até o menor nível taxonômico possível com as descrições de Reichardt (1977), Brescovit *et al.* (2002), Fujihara *et al.* (2011), Vaz-de-Mello *et al.* (2011), Rafael *et al.* (2012) e Baccaro *et al.* (2015).

Após o processo de triagem e identificação taxonômica, os indivíduos foram classificados em grupos funcionais segundo o hábito alimentar em: fitófagos, fitófagos/herbívoros, predadores/parasitas, detritívoros/decompositores, predadores, predadores/fitófagos, generalistas, fungívoras e onívoras (BECK; GASPAROTTO, 2000; FUJIHARA *et al.*, 2011; TARRÁ *et al.*, 2012; MOREIRA *et al.*, 2013; BROWN *et al.*, 2015; SUGUITURU *et al.*, 2015).

Os espécimes de Arachnida foram depositados na coleção de Arachnida e de Myriapoda do Laboratório de Coleções Zoológicas do Instituto Butantan (Curador: A.D. Brescovit). Os besouros (Coleoptera) foram depositados na Coleção Entomológica da UFLA (CEUFLA, Curador: M.G. Hermes).

2.3 Análise estatística

Os dados referentes a diversidade (riqueza) e abundância (absoluta e relativa) foram apresentados como médias dos dois anos de coleta (2019 e 2020) nas áreas estudadas. Para cada

amostra coletada, medimos a abundância de cada espécie identificada. A partir destes dados, calculou-se a abundância e riqueza por amostra, comparando os sistemas de produção e manejos. A riqueza total de espécies foi obtida a partir do número de morfoespécies coletadas, agrupando todas as amostras, gerando curvas de rarefação de Coleman (GOTELLI; COLWELL, 2001).

A escala multidimensional não métrica (NMDS) foi utilizada para ordenação da estrutura das comunidades através do índice de similaridade de Bray-Curtis. Exclusivamente para família Formicidae, ordenou-se a composição das espécies e índice utilizado foi de Jaccard (CLARKE, 1993). A análise multivariada de variância permutacional – PERMANOVA, foi realizada para testar as diferenças entre os sistemas de produção e manejos adotados no que se refere a estrutura ou composição das espécies. Para avaliar a significância, utilizou-se 9999 permutações em todos os testes, conduzidas no software Primer 7 (PRIMER-E, © 2015).

3 RESULTADOS

3.1 Macro e mesofauna geral

Coleou-se um total de 27.168 indivíduos pertencentes a três filos (Annelida, Arthropoda e Mollusca) (TABELA 2). Dentre estes filos, identificamos organismos pertencentes a duas classes Chilopoda e Diplopoda e 14 ordens. Sistemas de produção influenciaram significativamente na composição (abundância absoluta de cada espécie) da comunidade da meso e macrofauna de solo (TABELA 3, FIGURA 2b). Não foi observada diferença estatística quando avaliado o parâmetro grupos funcionais (TABELA 5). Entretanto, observa-se na Tabela 4, que independentemente do manejo adotado, o sistema orgânico apresenta maior ocorrência. Quanto aos grupos funcionais, as mais frequentes foram: detritívoros/decompositores (95,79%), fitófagos/herbívoros (1,53%) e fitófagos (1,16%) (TABELA 2).

No sistema de produção convencional na presença da sementeira (691) de plantas de cobertura, a classe mais abundante foi Collembola (415), seguida pelas ordens Hemiptera (121) e Coleoptera (70). Na ausência da sementeira (646), Collembola (368), Hemiptera (145) e Coleoptera (68) (TABELA 2). No que se refere a riqueza (TABELA 2), observamos que as ordens Araneae (19 e 14), Coleoptera (18 e 20), Hemiptera (16) e Orthoptera (11 e 8), na presença e ausência da sementeira das plantas de cobertura sob sistema convencional.

Já em sistema orgânico na presença da sementeira (12793) e na ausência das plantas de cobertura (12224), a classe mais frequente e abundante foi Collembola (TABELA 2), seguida

respectivamente por Hemiptera (128 e 122), Coleoptera (121 e 93) e Orthoptera (69 e 80). Além disso, as ordens Opilioacarida, Stylommatophora, Neuroptera, Acari, Pulmonata, Haplotaxida, Chilopoda e Diplopoda foram mais abundantes em sistema orgânico independentemente da sementeira ou não das plantas de cobertura (TABELA 2). No que se refere a riqueza (TABELA 2), observou-se que as ordens Coleoptera, Hemiptera, Orthoptera e Araneae, independentemente do plantio ou não das plantas de cobertura, apresentaram as maiores riquezas.

O sistema orgânico na presença da sementeira das plantas de cobertura apresentou maior riqueza de morfoespécies (94 com cobertura e 88 sem cobertura) (FIGURA 2a). O sistema de produção convencional na presença da sementeira de plantas de cobertura acumulou 78 morfoespécies e na ausência de cobertura, 74 morfoespécies (FIGURA 2a). Entretanto, as curvas nos dois sistemas e manejos não se estabilizaram, indicando que coletas adicionais seriam necessárias.

3.1.1 Araneae

As curvas de rarefação não se estabilizaram (FIGURA 3a) e não houve efeito significativo dos sistemas de produção ou do manejo sobre a composição das comunidades de aranhas presentes nos cultivos de café (TABELA 7 e FIGURA 3b).

A família Lycosidae foi a mais abundante (TABELA 6), representando 48,15% e 35,74% no sistema convencional e 73,36% e 81,82% no sistema orgânico, na presença e ausência da sementeira de plantas de cobertura, respectivamente. Todas as aranhas identificadas foram classificadas quanto ao seu hábito alimentar como predadoras.

3.1.2 Blattaria

As curvas de rarefação não se estabilizaram para os tratamentos (FIGURA 4a) e houve efeito significativo dos sistemas de produção (TABELA 9 e FIGURA 4b), sugerindo dissimilaridade na composição de morfoespécies identificadas.

Coletou-se cinco morfoespécies de Blattellidae e exemplares na fase jovem, classificadas como onívoras (TABELA 8). Blattellidae sp.4 e sp.5 foram as espécies mais frequentes na presença e ausência da sementeira de plantas de cobertura, respectivamente. Já no sistema orgânico, independente do manejo, a fase juvenil foi a mais frequente (TABELA 8).

3.1.3 Coleoptera

Não houve estabilização das curvas de rarefação (FIGURA 5a). A composição das comunidades de besouros é significativamente distinta entre os sistemas de produção (TABELA 11 e FIGURA 5b).

Foram identificadas 12 famílias e as fases larval e juvenil. Carabidae, Aphodiidae, juntamente com a fase larval e juvenil foram as mais frequentes no sistema convencional representando 84,27% na presença e 73,53% na ausência da semeadura de plantas de cobertura. Já no sistema orgânico, destacaram-se Carabidae, Aphodiidae e Scarabaeidae, juntamente com a fase larval e juvenil, e representaram um total de 82,58% na presença e 86,77% na ausência da semeadura de plantas de cobertura. Detritívoros/decompositores e predadores/parasitas foram os grupos mais frequentes, com destaque para fase larval e juvenil e Carabidae que apresentaram maior importância e influência sobre esses grupos funcionais (TABELA 10).

3.1.4 Collembola

As curvas de rarefação de Coleman (FIGURA 6a) se estabilizaram e ambos os tratamentos apresentaram a mesma riqueza, apenas dois indivíduos. A composição das comunidades de colêmbolas é significativamente distinta entre os sistemas de produção (TABELA 13 e FIGURA 6b).

Foram identificadas apenas uma espécie de Entomobryidae e exemplares em fase juvenil (TABELA 12), ambas classificadas como detritívoros/decompositores. A espécie Entomobryidae sp. foi mais frequente no sistema convencional e a fase juvenil no sistema orgânico, independente do manejo.

3.1.5 Dermaptera

As curvas de rarefação não se estabilizaram (FIGURA 7a). Não houve efeito significativo dos sistemas de produção ou do manejo sobre a composição das comunidades de dermapteras presentes nos cultivos de café (TABELA 15 e FIGURA 7b).

Foram identificadas duas famílias e exemplares na fase juvenil, e quanto ao grupo funcional são classificados como predadores (TABELA 14). A fase juvenil ocorreu e foi a mais frequente no sistema convencional na presença da semeadura de plantas de cobertura, e na ausência, as famílias Spongiphoridae e Forficulidae foram as mais frequentes. Já no sistema

orgânico, Spongiphoridae e Forficulidae, foram as mais frequentes na presença e ausência da semeadura de plantas de cobertura, respectivamente (TABELA 14).

3.1.6 Hemiptera

Não houve estabilização das curvas (FIGURA 8a) e não houve efeito significativo dos sistemas de produção ou do manejo sobre a composição das comunidades de hemipteras presentes nos cultivos de café (TABELA 17 e FIGURA 8b).

Foram identificadas 14 famílias e exemplares na fase juvenil. A família Cicadellidae e a fase juvenil foram as mais frequentes, representando 88,41% e 85,54% no sistema convencional e 82,58% e 86,77% no sistema orgânico, na presença e ausência da semeadura de plantas de cobertura, respectivamente. O grupo funcional de maior frequência foi fitófagos (64,28%) (TABELA 16).

3.1.7 Hymenoptera

Não houve estabilização das curvas (FIGURA 9a) e não houve efeito significativo dos sistemas de produção ou do manejo sobre a composição das comunidades de hymenopteras presentes nos cultivos de café (TABELA 19 e FIGURA 9b). O mesmo foi observado para a família Formicidae (TABELA 20 e FIGURA 9c).

A família mais frequente no sistema convencional sob plantio de plantas de cobertura foi Braconidae (40%). Já no sistema orgânico na presença das plantas de cobertura foram Scoliidae (40%) e Vespidae (40%), e na ausência da semeadura, foi Scoliidae, representando 71,42% da frequência (TABELA 18).

Quanto aos grupos funcionais, foi observado que os grupos de maior importância foram (em ordem decrescente): onívoras, predadores/fitófagos, generalistas e predadores (TABELA 18). Vale destacar, que os grupos onívoros e fungívoros pertenceram apenas à família Formicidae.

3.1.8 Orthoptera

Não houve estabilização das curvas (FIGURA 10a) e não houve distinção dos sistemas de produção ou do manejo sobre a composição das comunidades de orthopteras presentes nos cultivos de café, sugerindo similaridade na composição das famílias de Orthoptera (FIGURA

10b). Entretanto, na análise de variância multivariada, foi observada diferença significativa entre os manejos adotados (TABELA 22).

Foram identificadas cinco famílias e exemplares na fase juvenil. A família Acrididae ocorreu exclusivamente no tratamento sistema convencional na presença da semeadura de plantas de cobertura (TABELA 21). As famílias Romaleidae, Tettigonidae e a fase juvenil foram as mais frequentes em todos os tratamentos (TABELA 21), representando 94,74% e 88,24% no sistema convencional e 87,23% e 94,12% no sistema orgânico, na presença e ausência da semeadura de plantas de cobertura, respectivamente. O grupo funcional das famílias de Orthoptera identificadas são classificadas como fitófagos.

3.1.9 Outras ordens

As curvas de rarefação de Coleman (FIGURA 11a) para o sistema orgânico na presença e ausência da semeadura de plantas de cobertura, apresentou a maior riqueza, e apenas o tratamento sistema convencional na presença da semeadura de plantas de cobertura apresentou estabilização. Houve efeito significativo dos sistemas de produção sobre a composição das comunidades de hymenopteras presentes nos cultivos de café (TABELA 24 e FIGURA 11b).

Foram identificadas outras oito ordens pertencentes ao filo Arthropoda e filo Mollusca. As ordens Diplopoda, Stylommatophora, Haplotaxida e Acari ocorreram apenas no sistema orgânico e a ordem Neuroptera apenas no sistema convencional (TABELA 23). A ordem Stylommatophora foi a mais frequente no sistema orgânico, independente do manejo. Já no sistema convencional destacaram-se Gastropoda, na presença, e Opilioacarida e Gastropoda, na ausência da semeadura de plantas de cobertura. Os grupos funcionais predominantes foram fitófagos e predadores (TABELA 23).

4 DISCUSSÃO

Uma maior diversidade e riqueza da comunidade de fauna do solo foi observada no sistema de produção orgânico para as ordens Coleoptera, Collembola e outras ordens. Quanto ao manejo, observou-se efeito direto do plantio de plantas de cobertura apenas para a ordem Orthoptera. De acordo com Menta e Remelli (2020), uma comunidade mais desenvolvida e diversificada é geralmente encontrada em solos de boa qualidade, com altos teores de matéria orgânica, os quais apresenta o mínimo de perturbações e que adote técnicas de manejo mais sustentáveis.

No que se refere à mesofauna do solo, Collembola foi o grupo de maior importância em termos de abundância e diversidade, especialmente sob sistema de produção orgânica. Os colêmbolas são importantes detritívoros/decompositores principalmente de matéria orgânica em decomposição, fungos, nematoides e protozoários (BROWN *et al.*, 2015). Apresentam maiores abundâncias em solos com uso de fertilizantes orgânicos (CLUZEAU *et al.*, 2012) e com menor intensidade do uso do solo (TSIAFOULI *et al.*, 2015). O que corrobora com os resultados encontrados no presente estudo, a abundância permitiu a distinção dos sistemas de produção.

Considerando que o manejo adotado na lavoura orgânica permite maior complexidade da estrutura do solo e da vegetação, criando maior diversidade de microhabitats que podem ser colonizados por um número maior de espécies, algumas práticas adotadas no sistema orgânico favorecem a presença de colêmbolas. Como exemplo dessas práticas pode-se citar realizada fertilização orgânica, roçadas das plantas daninhas e o mínimo revolvimento do solo. O aporte constante de material de origem orgânica e de resíduos vegetais aumentam a atividade de colêmbolas, isso porque estes atuam na fragmentação e decomposição de resíduos vegetais (BROWN *et al.*, 2015).

A maioria das espécies de Hemiptera coletadas no presente estudo são fitófagos, ou seja, se alimentam do floema, xilema ou perfuram células vegetais (PAIVA *et al.*, 2020). Estes podem causar perdas na produtividade e qualidade dos grãos de café (AHMED; MURUNGI; BABIN, 2016) e ocorrem em diferentes altitudes e variação de temperatura (MACHADO-CUELLAR *et al.*, 2021). As famílias Gerridae, Platygastriidae, Locaediae, Aphididae, Cercopidae e Miridae ocorreram exclusivamente no sistema de produção convencional, e Largidae, no sistema de produção orgânico. No entanto, a família Cicadellidae foi a mais abundante independentemente do sistema de produção ou manejo adotado. Sabe-se que a cafeicultura brasileira é afetada pelas cigarras da família Cercopidae e Cicadellidae, que podem atuar como vetores de fitopatógenos, em especial da bactéria *Xylella fastidiosa* (agente causal do amarelinho do cafeeiro) (GIUSTOLIN *et al.*, 2009; CORNARA *et al.*, 2019).

Outros artrópodes do solo são relatados como importantes bioindicadores da qualidade do solo, dentre eles destaca-se as ordens Coleoptera, Hymenoptera (especialmente formigas), Diptera, Araneae e Isopoda (MENTA; REMELLI, 2020).

Os coleópteros foram a terceira ordem mais abundante, e a maior riqueza de espécies foi observada no sistema orgânico na ausência da semeadura das plantas de cobertura. A distribuição e riqueza de coleópteros da família Scarabaeidae é altamente sensível a mudanças e perturbações no meio ao qual estão inseridos, devido a relação estreita que apresentam com o

meio e os recursos disponíveis (HERNÁNDEZ; VAZ-DE MELLO, 2009). Besouros se alimentam de excremento animais, frutos e carcaças em estado de decomposição. Este comportamento é de fundamental importância, principalmente na ciclagem de nutrientes, crescimento de plantas, dispersão de sementes e bioturbação (BROWN *et al.*, 2015). Os carabídeos são fortemente sensíveis às perturbações no ambiente e podem apresentar mudanças na composição e abundância de espécies a depender do nível de perturbação (MENTA; REMELLI, 2020). Desta forma, ecossistemas mais estáveis propiciam condições mais favoráveis a este grupo. Já os besouros pertencentes à família Aphodiidae possuem o hábito de se alimentarem e procriarem nos excrementos (DELLACASA *et al.*, 2002). Este são de porte pequeno e logo consomem uma menor quantidade de massa fecal quando comparados aos escarabeídeos. Entretanto, são importantes no controle natural de parasitas e por abrirem galerias que facilitam a entrada e atividade de inimigos naturais (KOLLER *et al.*, 2007). Além disso, o sistema orgânico permitiu a ocorrência das famílias Curculionidae e Scyrtidae.

A ordem Hymenoptera apresenta grande abundância e é considerada importante indicador, por apresentar uma variedade de grupos funcionais e papéis ecológicos (MENTA; REMELLI, 2020). Incluem formigas, abelhas, vespas, parasitoides e dípteras (JOHNSON, 2013). Não houve efeito significativo dos sistemas de produção e manejos adotados. Entretanto, observou-se que a ocorrência de Scoliidae se restringiu ao sistema orgânico e Braconidae e Figitidae ao sistema convencional. Além destas, outra família que apresentou grande importância foi a Vespidae. Estas famílias são importantes parasitoides e atuam controlando populações de diversos outros organismos (RIBEIRO *et al.*, 2019). No que se refere a cultura do café, sabe-se que os Braconidae e Vespidae atuam como endoparasitoides larvais e emergem como adultos após a formação de pupa do bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*) (NUNES *et al.*, 2019; MILANI *et al.*, 2020).

As formigas são importantes insetos sociais que auxiliam no monitoramento ambiental e em alguns casos na dispersão de sementes (BROWN *et al.*, 2015; MACHADO-CUELLAR *et al.*, 2021). A presença e distribuição destas em diferentes habitats, permitem que a reposta frente às mudanças nos ambientes seja avaliada. Observou-se através da análise do NMDS que a comunidade de formigas foi semelhante em ambos os sistemas de produção e manejo, sugerindo assim, que ambos fornecem condições de habitat semelhantes. Embora não tenha sido observada diferença estatística, observou-se uma maior ocorrência e diversidade de grupos funcionais sob sistema de produção orgânica, independentemente do manejo adotado. Algumas espécies ocorreram exclusivamente sob sistema de produção convencional, como por exemplo: *Acromyrmex*, *Mycocepurus*, *Procryptocerus* e *Pseudomyrmex*. Já sob sistema orgânico cita-se

as espécies *Chyphomyrmex*, *Ectatomma*, *Labidus praedator*, *Linepithema humile*, *Mycetosoritis*, *Neivamyrmex*, *Odontomachus* e *Wasmannia*. Algumas espécies ocorreram em ambos os sistemas de produção como: *Atta sexdens*, *Brachymyrmex*, *Camponotus*, *Dorymyrmex*, *Pachycondyla striata*, *Pheidole* e *Solenopsis*. A presença e alta diversidade em lavouras cafeeiras já foi relatado por Santos *et al.* (2018), Karungi *et al.* (2018), Rodriguez, Cuaran e Suarez (2019), Jauharlina *et al.* (2021) e Machado-Cuellar *et al.* (2021). Destas, destacou-se a ocorrência das espécies fungívoras como *Acromyrmex*, *Mycocepurus*, *Mycetosoritis*, *Chyphomyrmex* e *Atta sexdens*. Estas espécies de formigas cultivam fungos, realizando uma simbiose positiva, onde os fungos são protegidos contra o ataque de patógenos, e em troca, são a principal fonte de alimento das formigas (KELLNER *et al.*, 2017). Esta associação promove grande diversidade genética (BIZARRIA; NAGAMOTO; RODRIGUES, 2020), uma vez que melhora a defesa das colônias contra patógenos especializados (KELLNER *et al.*, 2017).

As formigas, assim como os besouros, ocupam diferentes substratos e conseqüentemente apresentam uma grande diversidade de grupos funcionais. Observou-se a ocorrência das guildas predador, predador/fitófago, fitófago, fungívoras, onívoras e generalistas. De acordo com Arenas-Clavijo e Armbrecht (2019) a grande diversidade, aliada à variedade de guildas tróficas, favorece interações importantes entre as formigas e demais espécies. De acordo com Karungi *et al.* (2018), as formigas desempenham papel importante na aeração, drenagem, decomposição e dinâmica dos nutrientes, assim como no controle biológico em lavouras cafeeiras. As espécies *Pheidole megacephala* apresenta potencial como predadora da broca do café (OGOGOL *et al.*, 2017; ESCOBAR-RAMÍREZ *et al.*, 2019) e *Solenopsis invicta* e *Wasmannia auropunctata* atacam este inseto nos frutos de café externamente e internamente, respectivamente (NEWSON *et al.*, 2021; PERFECTO *et al.*, 2021).

A ordem Dermaptera apresenta como característica principal a presença de um par de cercos em forma de pinça no ápice do abdome, que auxiliam na defesa (HAAS, 2018). Além disso, são conhecidos como tesourinhas, e classificados como onívoros e predadores de ovos. Observou-se a ocorrência das famílias Spongiphoridae e Forficulidae em ambos os sistemas de produção e manejo. De acordo com Haas (2018), estas duas famílias são as mais abundantes, especialmente em regiões de clima quente, e são associadas à fragmentação e decomposição de serapilheira, assim como outras ordens encontradas no presente estudo, como Blattaria e Gastropoda. Em áreas com temperaturas mais elevadas, a taxa de decomposição tende a ser acelerada especialmente devido a atividade destas ordens, como observado em lavouras cafeeiras na Colômbia (MACHADO-CUELLAR *et al.*, 2021).

A abundância de indivíduos pertencentes à ordem Orthoptera é influenciada por fatores como a vegetação, microclima e o uso da terra (FARTMANN *et al.*, 2012). As famílias Romaleidae e Tettigoniidae foram as mais frequentes e a presença e ausência da sementeira de plantas de cobertura influenciou na riqueza e frequência dos indivíduos. As famílias Romaleidae e Tettigoniidae são cosmopolitas e de grande importância no Brasil (RAFAEL *et al.*, 2012). Além disso, observou-se a ocorrência de Acrididae apenas sob sistema de produção convencional. Acrididae é a família mais diversa dentro da ordem Orthoptera, classificados como fitófagos e apresentam ampla distribuição em toda região Neotropical (SONG *et al.*, 2018). Esta ordem apresenta as principais espécies-praga de gafanhotos descritas no Brasil (MAGALHÃES; LECOQ, 2006). No que se refere à cultura do café, a espécie *Poecilocloeus coffeaphilus*, quando ocorrem em larga escala, causam danos à produtividade da cultura (CONSTANTINO *et al.*, 2018), como observado na Colômbia. Entretanto, os gafanhotos apresentam importante papel na ciclagem de nutrientes e são uma importante fonte alimentar para outros indivíduos presentes no ecossistema (SONG *et al.*, 2018).

As aranhas apresentam-se como um dos grupos mais diversos e abundantes de artrópodes predadores em sistema de cultivo (MICHALKO *et al.*, 2019). São sensíveis a mudanças nas condições ambientais e sua diversidade é influenciada negativamente pelo uso da terra (PLATH *et al.*, 2021). Assim como pela complexidade da paisagem e nível de perturbação existentes no local de estudo (WERSEBECKMANN *et al.*, 2021). São consideradas ainda importantes para o controle de pragas (MICHALKO *et al.*, 2018), uma vez que são predadoras entomófagas naturais, apresentam alta capacidade predatória e de busca (SAMIYYAN, 2014). Marín *et al.* (2016) observaram a influência do manejo e características locais em lavouras cafeeiras no México sob a diversidade de aranhas. No presente estudo, não foi constatado efeito significativo dos sistemas e manejos adotados pela análise NMDS e Permanova. Destaca-se, no entanto, maior riqueza de espécies em sistema convencional na presença do plantio das plantas de cobertura. A diversificação obtida através do uso de plantas de cobertura já demonstrou efeito positivo no aumento da presença de espécies predadoras, como as aranhas (SAMIYYAN, 2014).

As famílias Araneidae, Nesticidae, Pholcidae, Sparassidae, Theridiidae e Titanocidae ocorreram apenas em sistema convencional, e Amaurobiidae, Salticidae e Miturgidae, em sistema orgânico. Lycosidae foi a mais frequente em ambos os sistemas de produção e são eficazes predadoras de insetos, como por exemplo cigarrinhas, e por se moverem sobre a vegetação rasteira se tornam alvos fáceis de captura (SAMIYYAN, 2014), o que justifica sua maior ocorrência. Salticidae é relatada como predadora de ovos de lepidópteros

(PFANNENSTIEL, 2008). Araneidae e Theridiidae predam suas presas através de emboscada via ação de suas teias (DIAZ-FLEISCHER, 2005; VITKAUSKAITE *et al.*, 2021).

As ordens Acari, Chelicerata, Stylommatophora e Diplopoda, ocorreram exclusivamente sob sistema de produção orgânica. Enquanto, Neuroptera, sob sistema de produção convencional. Dentre as famílias que compõem esta ordem, Coniopterygidae, Chrysopidae e Hemerobiidae são as mais importantes em ecossistemas agrícolas. Entretanto, no presente estudo foi observada a ocorrência apenas da Hemerobiidae. A família Hemerobiidae é classificada como onívoros e a maior parte de suas presas são os pulgões, o que torna sua ocorrência de especial interesse para o controle biológico, como já relatado para a cultura cafeeira (LARA; PERIOTO; FREITAS, 2010; CARVALHO; CARVALHO; SOUZA, 2019).

Observou-se uma maior frequência do grupo Diplopoda na presença de plantas de cobertura, isso pode ter ocorrido devido a maior diversidade e deposição de matéria vegetal na superfície do solo, o que favoreceu a ocorrência destes indivíduos detritívoros/decompositores, assim como dos moluscos, ácaros e cheliceratas. Dauger *et al.* (2005) relatam a preferência dos diplópodes por microhabitats mais sombreados e úmidos, uma vez que são dependentes de elevada umidade.

5 CONCLUSÕES

O sistema orgânico contribuiu para a abundância e riqueza de indivíduos da macro e mesofauna do solo.

Em ambos os sistemas de produção orgânico e convencional, as ordens mais abundantes foram Collembola, Hemiptera e Coleoptera.

Os grupos funcionais mais frequentes foram detritívoros/decompositores, fitófagos/herbívoros e fitófagos.

O plantio de plantas de cobertura favoreceu apenas a ordem Orthoptera.

As ordens Blattaria, Coleoptera, Collembola e outras ordens, permitiram a distinção dos sistemas de produção avaliados.

REFERÊNCIAS

- AHMED, A. G.; MURUNGI, L. K.; BABIN, R. Developmental biology and demographic parameters of antestia bug *Antestiopsis thunbergii* (Hemiptera: Pentatomidae), on *Coffea arabica* (Rubiaceae) at different constant temperatures. **International Journal of Tropical Insect Science**, [S.l.], v. 36, n. 3, p. 119-127, 2016.
- 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 Syst.**, [S.l.], v. 93, p. 1781–1792, 2019.
- 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**, 1st edn. [S.l.]: INPA, 2015. 388 p.
- BECK, L.; GASPAROTTO, L. **Soil fauna and litter decomposition in primary and secondary forests and a mixed culture system in Amazonia**. Shift Project ENV 052, Final Report 1996-1999. Manaus: Karlsruhe/EMBRAPA/CPAA-Manaus, 2000. p. 291.
- BIZARRIA, R.; NAGAMOTO, N. S.; RODRIGUES, A. Lack of fungal cultivar fidelity and low virulence of *Escovopsis trichodermoides*. **Fungal Ecology**, [S.l.], v. 45, 2020.
- BOTTINELLI, N.; JOUQUET, P.; CAPOWIEZ, Y.; PODWOJEWSKI, P.; GRIMALDI, M.; PENG, X. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 146, p. 118–124, 2015.
- BRESCOVIT, A. D.; BONALDO, A. B.; BERTANI, R.; RHEIMS, C. A. Araneae. *In: Amazonian Arachnida and Myriapoda*. ADIS. J. (Ed.). Sofia-Moscow: Pensoft Publishers, 2002. p. 303-343.
- BROWN, G. G. *et al.* Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. *In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Eds.). Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica*. Brasília: EPAMIG, 2015. p. 122-154.
- CARDOSO, R. G. S.; PEDROSA, A. W.; RODRIGUES, M. C.; SANTOS, R. H. S.; MARTINEZ, H. E. P.; CECON, P. R. Intercropping period between species of green manures and organically-fertilized coffee plantation. **Coffee Science**, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 9–22, 1984-3909, 2018.
- CARVALHO, C. F.; CARVALHO, S. M.; SOUZA, B. Coffee. *In: Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems*. Cham: Springer, 2019. p. 277-291.
- CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Aust. J. Ecol.**, [S.l.], v. 18, p. 117–143. 1993.
- CLUZEAU, D. *et al.* Integration of biodiversity in soil quality monitoring: baselines for microbial and soil fauna parameters for different land-use types. **European Journal of Soil Biology**, [S.l.], v. 49, p. 63-72, 2012.

CONSTANTINO, L.M.; CADENA-CASTAÑEDA, O.J.; GRANDA, J.C.M.; MACHADO, P.B.; BOTERO, C.G. A new Colombian pest species of the genus *Poecilocloeus Bruner* (Orthoptera: Acrididae: Proctolabinae) on coffee, with a key to the Neotropical species. **Insecta Mundi.**, [S.l.], n. 621, p. 1–25, 2018.

CORNARA, D *et al.* An overview on the worldwide vectors of *Xylella fastidiosa*. **Entomologia Generalis**, [S.l.], [S.v.], [S.n], p. 157-181, 2019.

DAUGER, J.; T. PURTAUF, A.; ALLSPACH, J.; FRISCH, K.; VOIGTLÄNDER, V. WOLTERS. Local vs. Landscape controls on diversity: a test using surface-dwelling soil macroinvertebrates of differing mobility. **Global Ecology and Biogeography**, [S.l.], v. 14, p. 213-221, 2005.

DELLACASA, M.; GORDON, R. D.; DELLACASA, G. Aphodiinae described or recorded by Bates in biologia centraliamericana (Coleoptera Scarabaeodea: Aphodiidae). **Acta Zoologica Mexicana**, México, v. 86, p. 155-223, 2002.

DIAZ-FLEISCHER, F. Predatory behaviour and prey-capture decision-make by the web-weaving spider *Micrathena sagittata*. **Canadian Journal of Zoology**, [S.l.], v. 83, p. 268-273, 2005.

ESCOBAR-RAMÍREZ, S.; GRASS, I.; ARMBRECHT, I.; TSCHARNTKE, T. Biological control of the coffee berry borer: main natural enemies, control success, and landscape influence. **Biological Control**, [S.l.], v. 136, p.103-992, 2019.

FARTMANN, T.; KRÄMER, B.; STELZNER, F.; PONIATOWSKI, D. Orthoptera as ecological indicators for succession in steppe grassland. **Ecol. Indic.**, [S.l.], v. 20, p. 337-344, 2012.

FUJIHARA, R. T.; FORTI, L. C.; ALMEIDA, M. C.; BALDIN, E. L. L. (Org.). **Insetos de importância econômica: guia ilustrado para identificação de famílias**. 1. ed. Botucatu: FEPAF, 2011. V. 1, p. 103-120.

GIUSTOLIN, T.A.; LOPES, J.R.S.; QUERINO, R.B.; CAVICHIOLI, R.R.; ZANOL, K.; AZEVEDO-FILHO, W.S.; MENDES, M.A. Diversidade de Hemiptera Auchenorrhyncha em Citros, Café e Framento de Floresta Nativa do Estado de São Paulo. **Neotropical Entomology**, [S.l.], v. 38, n. 6, p. 834-841, 2009.

GONGALSKY, K. B. Soil macrofauna: Study problems and perspectives. **Soil Biology and Biochemistry**, [S.l.], v. 159, p. 108-281, 2021.

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecol. Lett.**, [S.l.], v. 4, p. 379–391, 2021.

GUIMARÃES, N.F.; GALLO, A.S.; SOUZA, M.D.B.; AGOSTINHO, P.R.; GOMES, M.S.; SILVA, R.F. Influência de sistemas de produção de café orgânico sobre a diversidade da fauna invertebrada epigéica. **Coffee Science**, [S.l.], v. 10, p. 280-288, 2015.

HAAS, F. Biodiversity of Dermaptera. **Insect Biodiversity**, [S.l.], [S.v.], [S.n.], p. 315–334, 23. maio. 2018.

HARVEY, C. A.; MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, M. R.; CÁRDENAS, J. M.; AVELINO, J.; RAPIDEL, B.; VIGNOLA, R.; DONATTI, C. I.; VILCHEZ-MENDOZA, S. The use of ecosystem-based adaptation practices by smallholder farmers in Central America. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [S.l.], v. 246, p. 279-290, 2017.

HERNÁNDEZ, M.I.M.; VAZ-DE-MELLO, F. Seasonal and spatial variation of coprophagous Scarabaeidae s. str. (Coleoptera) species richness in areas of Atlantic Forest of the state of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v.53, n.4, p.498-505, 2009.

JAUHARLINA, J.; HUSNI, H.; HALIMURSYADAH, H.; RIZALI, A.; FEBRIAN, A. Diversity of ants (Hymenoptera: Formicidae) in organic and conventional Arabica coffee plantations in Aceh Tengah Regency, Sumatra, Indonesia. IOP Conf. Series. **Earth and Environmental Science**, [S.l.], v. 667, 2021.

JOHNSON, N. F. Hymenoptera. **Encyclopedia of Biodiversity**, [S.l.], [S.v.], [S.n.], p. 177–184, 2013.

KARUNGI, J.; CHERUKUT, S.; IJALA, A. R.; TUMUHAIRWE, J. B.; BONABANA-WABBI, J.; NUPPENAU, E. A.; OTTE, A. Elevation and cropping system as drivers of microclimate and abundance of soil macrofauna in coffee farmlands in mountainous ecologies. **Applied Soil Ecology**, [S.l.], v. 132, p. 126-134, 2018.

KELLNER, K.; KARDISH, M. R.; SEAL, J. N.; LINKSVAYER, T. A.; MUELLER, U. G. Symbiont-Mediated Host-Parasite Dynamics in a Fungus-Gardening Ant. **Microbial Ecology**, [S.l.], v. 76, n. 2, p. 530–543, 2017.

KOLLER, W.W.; GOMES, A.; RODRIGUES, S.R.; GOIOZO, P.F.I. Scarabaeidae e Aphodiidae coprófagos em pastagens cultivadas em área do cerrado sul-mato-grossense. **Rev. Bras. Zooc.**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 81-93, 2007.

LARA, R.I.R.; PERIOTO, N.W.; FREITAS, S. Diversidade de hemerobiídeos (Neuroptera) e suas associações com presas em cafeeiros. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 45, n. 2, p. 115-123, 2010.

MACHADO-CUELLAR, L. *et al.* Soil macrofauna and edaphoclimatic conditions in an altitude gradient of coffee growing regions, Huila, Colombia. **Rev. Biol. Trop.**, [S.l.], v. 69, n. 1, p. 102-112, 2021.

MAGALHÃES, B.P.; M. LECOQ. **Bioinseticida e gafanhotos praga**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 264 p.

MARÍN, L.; PHILPOTT, S. M.; DE LA MORA, A.; IBARRA NÚÑEZ, G.; TRYBAN, S.; PERFECTO, I. Response of ground spiders to local and landscape factors in a Mexican coffee landscape. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.l.], v.222, p. 80–92, 2016.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S. R.; GARCIA, A. W. R. **Cultura de café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro: Fundação Procafé, 2020. 728 p.

- MENDONÇA, E. de S.; LIMA, P. C. de; GUIMARÃES, G. P.; MOURA, W. de M.; ANDRADE, F. V. Biological Nitrogen Fixation by Legumes and N Uptake by Coffee Plants. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 41, 2017.
- MENTA, C.; REMELLI, S. Soil Health and Arthropods: From Complex System to Worthwhile Investigation. **Insects**, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 54, 2020.
- MICHALKO, R.; PEK'AR, S.; DUL'A, M.; ENTLING, M.H. Global patterns in the biocontrol efficacy of spiders: a meta-analysis. **Glob. Ecol. Biogeogr.** [S.l.], v. 28, p. 1366–1378, 2018.
- MILANI, L. R.; JACQUES, G.C.; CLEMENTE, M.A.; COELHO, E. L.; SOUZA, M.M. Influência de fragmentos florestais sobre a nidificação de vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae) em cafeeiro. **Rev. Bras. Zoociências**, [S.l.], v. 21, n. 1, p. 1–12, 2020.
- MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STURMER, S. O ecossistema solo: Componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Eds.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, 2013.768 p.
- NEWSON, J.; VANDERMEER, J.; PERFECTO, I. Differential effects of ants as biological control of the coffee berry borer in Puerto Rico. **Biological Control**, [S.l.], v. 160, p. 104-666, 2021.
- NUNES, J. F.; MARTINS, F. K.; FRANKLIN, A. de M.; COSTA, E. S. Inimigos naturais da Broca-do-Café e do Bicho-Mineiro do Cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Passos, MG. **Ciência ET Praxis**, [S.l.], v. 11, n. 21, p. 115–120, 2019.
- OGOGOL, R.; EGONYU, J. P.; BWOGI, G., KYAMANYWA, S.; ERBAUGH, M. Interaction of the predatory ant *Pheidole megacephala* (Hymenoptera: Formicidae) with the polyphagus pest *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidea). **Biological Control**, [S.l.], v. 104, p. 66–70, 2017.
- PAIVA, I.G. *et al.* Differences in the insect fauna associated to a monocultural pasture and a silvopasture in Southeastern Brazil. **Sci Rep.**, [S.l.], v. 10, 2020.
- PANT, M.; NEGI, G. C. S.; KUMAR, P. Macrofauna contributes to organic matter decomposition and soil quality in Himalayan agroecosystems, India. **Applied Soil Ecology**, 120, [S.l.], [S.v.], [S.n.], p. 20–29, 2017.
- PERFECTO, I.; HAJIAN-FOROOSHANI, Z.; WHITE, A.; VANDERMEER, J. Ecological complexity and contingency: Ants and lizards affect biological control of the coffee leaf miner in Puerto Rico. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.l.], v. 305, 2021.
- PFANNENSTIEL, R. S. Spider predators of lepidopteran eggs in south Texas field crops. **Biological Control**, [S.l.], v. 46, n. 2, p. 202–208, 2008.
- PIMENTEL, M.S.; DE-POLLI, H.; AQUINO, A.M.; CORREIA, M.E.F.; ROUWS, J.R.C. Bioindicators of soil quality in coffee organic cultivation systems. **Pesq. Agropec. Bras.**, [S.l.], v. 46, p. 545-552, 2011.

- PLATH, E.; RISCHEN, T.; MOHR, T.; FISCHER, K. Biodiversity in agricultural landscapes: Grassy field margins and semi-natural fragments both foster spider diversity and body size. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.l.], v. 316, p. 107-457, 2021.
- RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. DE; CASARI, S.A.; CONSTANTINO, R. (Ed.). **Insetos do Brasil: Diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, 2012. 796 p.
- REICHARDT, H. A synopsis of the genera of Neotropical Carabidae (Insecta: Coleoptera). **Quaestiones Entomologicae**, [S.l.], v. 13, n. 4, p. 346-493, 1977.
- RIBEIRO, D. G.; SILVESTRE, R.; GARCETE-BARRETT, B. R. Diversity of wasps (Hymenoptera: Aculeata: Vespidae) along an altitudinal gradient of Atlantic Forest in Itatiaia National Park, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, [S.l.], v. 63, n. 1, jan./mar. 2019.
- RODRIGUEZ, L.S.; CUARAN, S.P.; SUAREZ, J.C.S. Soil Macrofauna and Edaphic Properties in Coffee Production Systems in Southern Colombia. **Floresta e Ambiente**, [S.l.], v. 26, n. 3, p. 1-8, 2019.
- SABATTÉ, M. L.; MASSOBRIO, M. J.; CASSANI, M. T.; MOMO, F. R. Macro and mesofauna soil food webs in two temperate grasslands: responses to forestation with Eucalyptus. **Heliyon**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. e05869, 2021.
- SAMIAYYAN, K. Spider the Generalist Super Predators in Agro-Ecosystems. **Integrated Pest Management**, [S.l.], p. 283–310, 2014.
- SANTOS, J. B. dos; RAMOS, A. C.; AZEVEDO JÚNIOR, R.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I. de; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Soil macrofauna in organic and conventional coffee plantations in Brazil. **Biota Neotropica**, [S.l.], v. 18, n. 2, 2018.
- SILESHI, G.; MAFONGOYA, P.L. Quantity and quality of organic inputs from coppicing leguminous trees influence abundance of soil macrofauna in maize crops in eastern Zambia. **Biol. Fertil. Soils**, [S.l.], v. 43, p. 333-340, 2007.
- SILVA, J.; JUCKSCH, I.; TAVARES, R.C. Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Rev. Bras. Agroecol.**, [S.l.], v. 7, p. 112-125, 2012.
- SONG, H.; MARIÑO-PÉREZ, R.; WOLLER, D. R.; CIGLIANO, M. M. Evolution, Diversification, and Biogeography of Grasshoppers (Orthoptera: Acrididae), **Insect Systematics and Diversity**, [S.l.], n. 2, 2018.
- SUGUITURU, S.S.; MORINI, M. S. de C.; FEITOSA, R.M.; SILVA, R.R. da. (Eds.). Bauru, SP: Canal 6, 2015. 456 p.; 24 cm.
- TANTACHASATID, P.; BOYER, J.; THANISAWANYANKURA, S.; SÉGUY, L.; SAJJAPHAN, K. Soil macrofauna communities under plant cover in a no-till system in Thailand. **Agriculture and Natural Resources**, [S.l.], v. 51, n. 1, p. 1–6, 2017.

TARRÁ, I. L. C.; LUIZÃO, F. J.; WANDELLI, E. V.; TEIXEIRA, W. G.; MORAIS, W. J.; FERNANDES, E. C. M.; BROCHEL, K. V.; PÉREZ, N. V. Grupos funcionais da macrofauna e macroporos do solo em sistemas agroflorestais da Amazônia central. **Prospectiva**, [S.l.], v. 10, n.1, p. 6-17, 2012.

TSIAFOULI, M. A. *et al.* Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. **Global Change Biology**, [S.l.], v. 21, p. 973-985, 2015.

VAZ-DE-MELLO, F.Z.; EDMONDS, W.D.; O CAMPO, F.C.; SCHOOLMEESTERS, P. A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). **Zootaxa**, [S.l.], v. 2854, n. 1–73, 2011.

VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P. Soil macrofauna as an indicator for evaluating soil based ecosystem services in agricultural landscapes. **Acta Oecologica**, [S.l.], v. 100, n. 03, p. 446, 2019.

VITKAUSKAITE, A.; DUNBAR, J. P.; LAWTON, C.; DALAGIORGOS, P.; ALLEN, M. M.; DUGON, M. M. Vertebrate prey capture by *Latrodectus mactans* (Walckenaer, 1805) and *Steatoda triangulosa* (Walckenaer, 1802) (Araneae, Theridiidae) provide further insights into the immobilization and hoisting mechanisms of large prey. **Food Webs**, [S.l.], v. 29, p. e00210, 2021.

WERSEBECKMANN, V.; KOLB, S.; ENTLING, M. H.; LEYER, I. Maintaining steep slope viticulture for spider diversity. **Global Ecology and Conservation**, [S.l.], v. 29, p. e01727, 2021.

ANEXOS

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos dos ambientes estudados. Santo Antônio do Amparo, 2019-2020.

Tratamentos	pH ¹	P ²	K ³	Ca ⁴	Mg ⁵	S ⁶	Mn ⁷	Cu ⁸	Zn ⁹	B ¹⁰	Fe ¹¹	SB ¹²	H+AL ¹³	T ¹⁴	V% ¹⁵	MO ¹⁶	PREM ¹⁷
Convencional- Linha de plantio	6,01	24,08	80,22	3,38	0,93	32,53	11,11	4,31	4,22	0,47	47,09	4,52	2,60	7,22	63,22	2,43	23,03
Convencional- Entrelinha	6,43	10,52	179,00	3,39	1,65	16,66	13,66	2,62	5,01	0,36	53,48	5,50	1,83	8,44	75,27	3,19	20,93
Orgânico- Linha de plantio	6,77	120,03	223,91	5,51	1,77	21,72	26,02	3,19	10,15	0,44	45,48	7,85	0,91	7,94	89,41	3,26	21,87
Orgânico- Entrelinha	6,51	62,34	149,06	4,59	1,48	14,50	18,78	3,74	7,24	0,45	55,09	6,46	1,67	7,73	79,06	3,41	22,11

¹Alto (6,1-7,0); ²Alto (>20,0 mg/dm³); ³Médio (100-160 mg/dm³); ⁴Bom (2,41-4,00 cmol₂/dm³); ⁵Bom (0,91-1,50 cmol₂/dm³); ⁶Adequado (>14,2 mg/dm³); ⁷Alto (>15,0 mg/dm³); ⁸Alto (>1,50 mg/dm³); ⁹Alto (>6,0 mg/dm³); ¹⁰Médio (0,30-0,70 mg/dm³); ¹¹Alta (>30,0 mg/dm³); ¹²Muito alto (>6,0 cmol₂/dm³); ¹³Baixo (1,01-2,50 cmol₂/dm³); ¹⁴Médio (4,31-8,60 cmol₂/dm³); ¹⁵Bom (60,1-80,0 %); ¹⁶Médio (2,01-4,00 dag/kg) e ¹⁷Adequado (>18,0 mg/L)

Fonte: Matiello *et al.* (2020).

Tabela 2 - Abundância, abundância relativa (%) e riqueza da macro e mesofauna do solo coletada em lavouras sob sistema de produção convencional e orgânico na presença e ausência da sementeira de plantas de cobertura. Médias de 32 repetições (*pitfall traps*).

Ordem	Sistema de produção											
	Convencional						Orgânico					
	Com plantas de cobertura			Sem plantas de cobertura			Com plantas de cobertura			Sem plantas de cobertura		
	Abundância	Abundância relativa (%)	Riqueza									
Araneae	29	4,20	19	26	4,02	14	45	0,34	15	33	0,26	11
Blattaria	3	0,43	2	5	0,77	3	13	0,10	3	12	0,10	2
Coleoptera	70	10,13	18	68	10,53	20	121	0,92	23	93	0,74	26
Collembola	415	60,06	2	368	56,97	2	12793	96,74	2	12224	96,96	2
Dermaptera	4	0,58	3	2	0,31	2	3	0,02	2	2	0,02	2
Hemiptera	121	17,51	16	145	22,45	16	128	0,97	22	122	0,97	17
Hymenoptera*	5	0,72	5	5	0,77	5	5	0,04	4	7	0,06	4
Orthoptera	38	5,50	11	17	2,63	8	47	0,36	17	34	0,27	12
Outras**	6	0,87	2	10	1,55	4	69	0,52	6	80	0,63	6
Total	691	100	78	646	100	74	13224	100	94	12607	100	82

* Com exceção da família Formicidae.

** Outras: composto por Opilioacarida, Stylommatophora, Neuroptera, Acari, Pulmonata, Haplotaxida, Chilopoda e Diplopoda.

Fonte: Da autora (2022).

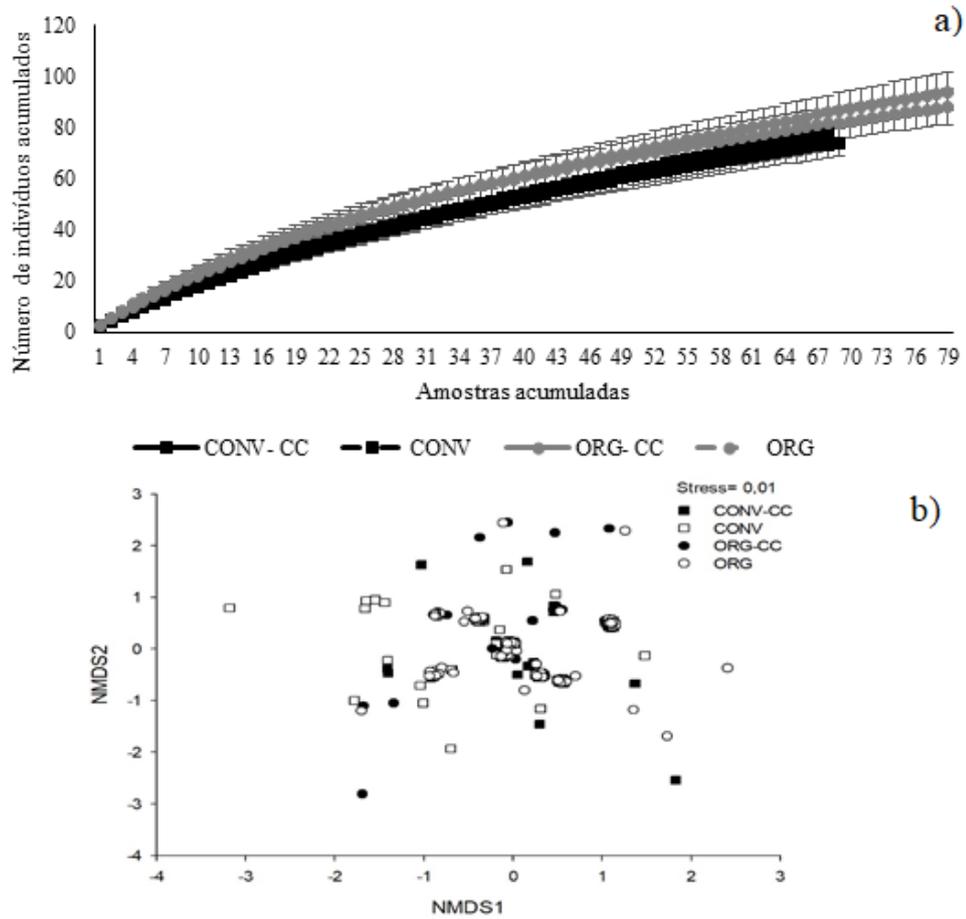
Tabela 3 - Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) ($p < 0,05$) com base na abundância absoluta de cada espécie.

Tratamentos	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Sistemas (S)	1	12229	12229	2,5683	0,0002	9870
Manejo (M)	1	3992,3	3992,3	0,8325	0,7115	9873
SxM	1	2177	2177	0,45724	0,9992	9886
Resíduo	285	1,357E+06	4761,3			
Total	288	1,3753E+06				

Df: grau de liberdade, SS: soma de quadrados, MS: quadrado médio.

Fonte: Da autora (2022).

Figura 1 - a) Curvas de rarefação de Coleman e b) Representação gráfica da escala dimensional não-métrica (NMDS) com similaridade de Bray-Curtis para os sistemas de produção convencional e orgânica, na presença e ausência da semeadura de plantas de cobertura.



CONV-CC: sistema convencional na presença de plantas de cobertura, CONV: sistema convencional na ausência de plantas de cobertura, ORG-CC: sistema orgânico na presença de plantas de cobertura e ORG: sistema orgânico na ausência de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 4 - Grupos funcionais da macro e mesofauna do solo em lavouras sob sistema de produção convencional e orgânico na presença e ausência da sementeira de plantas de cobertura. Médias de 32 repetições (*pitfall traps*).

Tratamento	Fitófagos	Fitófagos/herbívoros	Predadores/parasitas	Detritívoros/decompositores
Convencional com plantas de cobertura	48	95	35	451
Convencional sem plantas de cobertura	34	106	20	412
Orgânico com plantas de cobertura	117	112	43	12880
Orgânico sem plantas de cobertura	116	104	36	12281
Total	315	417	134	26024

Tratamentos	Predadores	Predadores/ fitófagos	Generalistas	Não identificada
Convencional com plantas de cobertura	31	4	1	26
Convencional sem plantas de cobertura	32	5	1	36
Orgânico com plantas de cobertura	50	5	2	15
Orgânico sem plantas de cobertura	39	8	3	20
Total	152	22	7	97

* Com exceção da família Formicidae.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 5- Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) para o parâmetro “Grupos funcionais” (p<0,05).

Tratamentos	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Sistemas (S)	1	1468,1	12229	1,0311	0,3637	9965
Manejo (M)	1	984,03	3992,3	0,6911	0,5202	9953
SxM	1	135,73	2177	9,5328E-2	0,9349	9952
Resíduo	76	1,0821E5	4761,3			
Total	79	1,1082E5				

Df: grau de liberdade, SS: soma de quadrados, MS: quadrado médio.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 6 - Frequência relativa e grupo funcional das espécies pertencentes a ordem Araneae em lavouras sob sistema de produção convencional e orgânico na presença e ausência de plantio de plantas de cobertura. Médias de 32 repetições (*pitfall traps*). (continua)

Família	Espécie	Grupo funcional	Sistemas de produção			
			Convencional		Orgânico	
			Presença	Ausência	Presença	Ausência
Amaurobiidae	Jovem	-	-	-	2,22	3,03
	<i>Ciniflrella</i> sp.	Predadores	-	-	2,22	-
Araneidae	<i>Alpaida leucogramma</i>	Predadores	3,7	-	-	-
Corinnidae	<i>Meriola cetiformis</i>	Predadores	-	7,14	2,22	-
	Jovem	-	-	7,14	4,44	3,03
	<i>Castianeira</i> sp.	Predadores	3,7	-	-	-
	<i>Corinna</i> grupo capito	Predadores	3,7	3,57	2,22	-
Dipluridae	<i>Falconina gracilis</i>	Predadores	3,7	7,14	-	-
	<i>Diplura</i> sp.	Predadores	-	3,57	2,22	-
Gnaphosidae	Jovem	-	-	3,57	-	-
	<i>Camillina</i> sp.	Predadores	-	-	4,44	-
Linyphiidae	<i>Meioneta</i> sp.	Predadores	3,7	7,14	-	-
	<i>Tutaibo</i> sp.	Predadores	3,7	3,57	-	-
	<i>Sphecozone</i> sp.	Predadores	3,7	3,57	-	-
	Jovem	-	-	-	2,22	-
Lycosidae	<i>Lycosa sericovittata</i>	Predadores	11,11	10,72	17,78	18,18
	Jovem	-	14,82	21,45	26,7	45,46
	<i>Trochosa</i> sp.1	Predadores	14,82	-	20	12,12
	<i>Trochosa</i> sp.2	Predadores	3,7	3,57	4,44	3,03
	<i>Diapontia</i> sp.	Predadores	-	-	4,44	3,03
	<i>Lobizon</i> sp.	Predadores	3,7	-	-	-
Miturgidae	<i>Miturgidae</i> sp.	Predadores	-	-	-	3,03
Nesticidae	Jovem	-	7,45	-	-	-
	<i>Nesticus</i> sp.	Predadores	-	3,57	-	-
Oxyopidae	<i>Oxyopes salticus</i>	Predadores	3,7	-	2,22	-

Tabela 6 - Frequência relativa e grupo funcional das espécies pertencentes a ordem Araneae em lavouras sob sistema de produção convencional e orgânico na presença e ausência de plantio de plantas de cobertura. Médias de 32 repetições (*pitfall traps*). (conclusão)

Família	Espécie	Grupo funcional	Sistemas de produção			
			Convencional		Orgânico	
			Presença	Ausência	Presença	Ausência
Pholcidae	Jovem	-	3,7	-	-	-
Salticidae	<i>Salticidae</i> sp.1	Predadores	-	-	-	3,03
	<i>Salticidae</i> sp.2	Predadores	-	-	-	3,03
Sparassidae	<i>Polybetes</i> sp.	Predadores	3,7	-	-	-
Theridiidae	<i>Thymoites</i> sp.	Predadores	3,7	-	-	-
	<i>Coleosoma floridana</i>	Predadores	-	7,14	-	-
	Jovem	-	3,7	-	-	-
Titanoecidae	<i>Goeldia patellaris</i>	Predadores	-	7,14	-	-

Fonte: Da autora (2022).

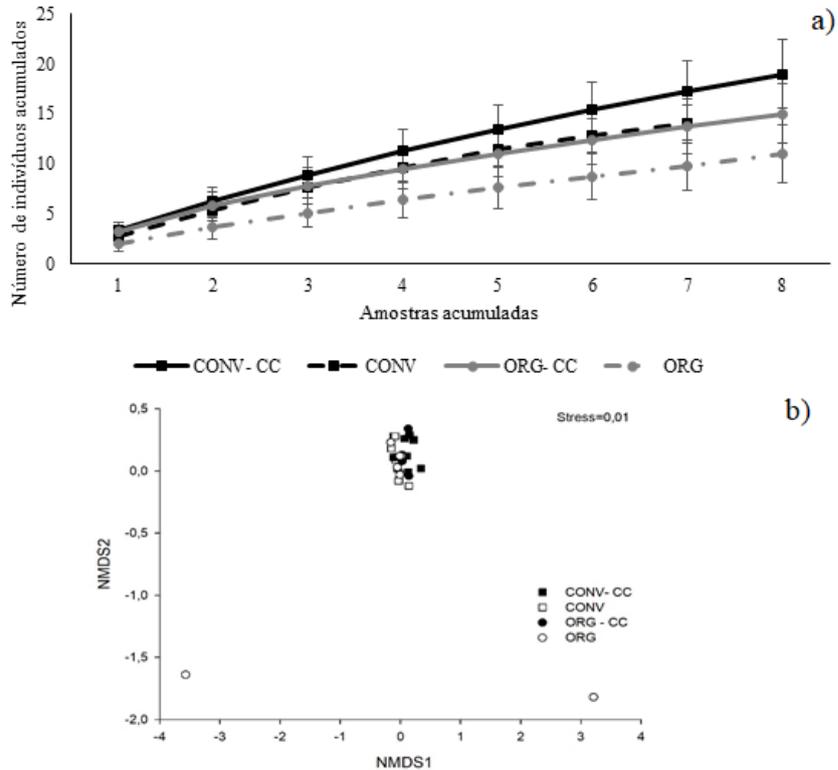
Tabela 7 - Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) para o parâmetro “Araneae” ($p < 0,05$).

Tratamentos	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Sistemas (S)	1	4728,3	4728,3	1,1996	0,2862	9940
Manejo (M)	1	4117,4	4117,4	1,0446	0,3832	9914
SxM	1	2082,8	2082,8	0,5284	0,8577	9932
Resíduo	27	1,06E+05	3941,7			
Total	30	1,18E+05				

Df: grau de liberdade, SS: soma de quadrados, MS: quadrado médio.

Fonte: Da autora (2022).

Figura 3 - a) Curvas de rarefação de Coleman e b) Representação gráfica da escala dimensional não-métrica (NMDS) com similaridade de Bray-Curtis para a ordem Araneae coletados em sistemas de produção convencional e orgânica, na presença e ausência da semeadura de plantas de cobertura.



CONV-CC: sistema convencional na presença de plantas de cobertura, CONV: sistema convencional na ausência de plantas de cobertura, ORG-CC: sistema orgânico na presença de plantas de cobertura e ORG: sistema orgânico na ausência de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 8 - Frequência relativa e grupo funcional das espécies pertencentes a ordem Blattaria em lavouras sob sistema de produção convencional e orgânico na presença e ausência de plantio de plantas de cobertura. Médias de 32 repetições (*pitfall traps*).

Família	Espécie	Grupo funcional	Sistemas de produção			
			Convencional		Orgânico	
			Presença	Ausência	Presença	Ausência
Blattellidae	<i>Blattellidae</i> sp.1	Onívoras			7,69	16,67
	<i>Blattellidae</i> sp.2	Onívoras	33,3			
	<i>Blattellidae</i> sp.3	Onívoras		20	7,69	
	<i>Blattellidae</i> sp.4	Onívoras	66,67	20		
	<i>Blattellidae</i> sp.5	Onívoras		60		
	Jovem	-			84,62	83,33

Fonte: Da autora (2022).

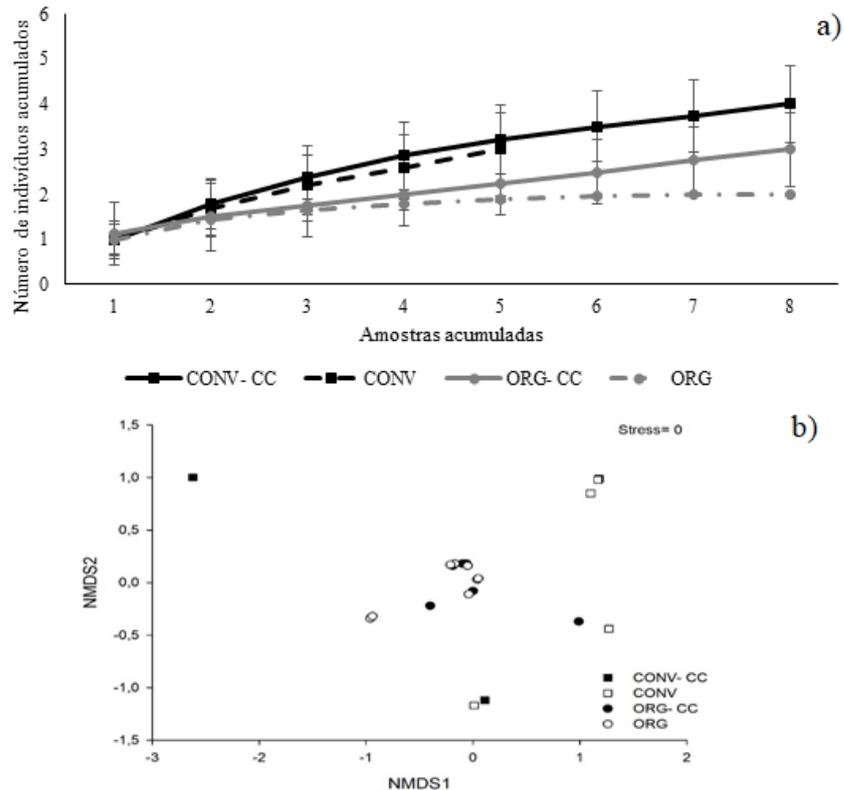
Tabela 9 - Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) para o parâmetro “Blattaria” ($p < 0,05$).

Tratamentos	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Sistemas (S)	1	25185	25185	11,205	0,0001	9936
Manejo (M)	1	4665,8	4665,8	2,0757	0,0823	9926
SxM	1	5304,1	5304,1	2,3597	0,0511	9932
Resíduo	20	44955	2247,8			
Total	23	78970				

Df: grau de liberdade, SS: soma de quadrados, MS: quadrado médio.

Fonte: Da autora (2022).

Figura 4 - a) Curvas de rarefação de Coleman e b) Representação gráfica da escala dimensional não-métrica (NMDS) com similaridade de Bray-Curtis para a ordem Blattaria coletados em sistemas de produção convencional e orgânica, na presença e ausência da semeadura de plantas de cobertura.



CONV-CC: sistema convencional na presença de plantas de cobertura, CONV: sistema convencional na ausência de plantas de cobertura, ORG-CC: sistema orgânico na presença de plantas de cobertura e ORG: sistema orgânico na ausência de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 10 - Frequência relativa e grupo funcional das espécies pertencentes a ordem Coleoptera coletados em lavouras cafeeiras sob sistema de produção convencional e orgânico na presença e ausência de plantio de plantas de cobertura. Médias de 32 repetições (*pitfall traps*). (continua)

Família	Espécie	Grupo funcional	Sistemas de produção			
			Convencional		Orgânico	
			Presença	Ausência	Presença	Ausência
Aphodiidae	<i>Aphodiidae</i> sp.	Detritívoros/decompositores	17,14	32,35	12,8	15,56
Carabidae	<i>Harpalini</i> sp.1	Predadores/parasitas	-	1,47	0,8	3,33
	<i>Harpalini</i> sp.2	Predadores/parasitas	-	1,47	-	-
	<i>Trichopselaphus</i> sp.	Predadores/parasitas	17,14	8,82	0,8	-
	<i>Selenophorus</i> sp.1	Predadores/parasitas	7,14	4,42	14,4	17,78
	<i>Selenophorus</i> sp.2	Predadores/parasitas	-	-	-	2,22
	<i>Notiobia</i> sp.	Predadores/parasitas	15,71	4,42	6,4	5,56
	<i>Polpochila</i> sp.	Predadores	1,43	-	0,8	-
	<i>Lebiini</i> sp.1	Predadores/parasitas	-	-	0,8	-
	<i>Lebiini</i> sp.2	Predadores/parasitas	-	-	-	1,11
	<i>Galerita</i> sp.	Predadores	-	-	0,8	-
Cerambycidae	Larva cerambiciforme	Detritívoros/decompositores	5,71	2,94	0,8	-
Chrysomelidae	<i>Chrysomelidae</i> sp.	Fitófagos	1,43	2,94	0,8	1,11
Coccinellidae	<i>Coccinellidae</i> sp.1	Predadores	-	2,94	-	-
	<i>Coccinellidae</i> sp.2	Predadores	-	-	0,8	-
Curculionidae	<i>Curculionidae</i> sp.	Fitófagos	-	-	-	2,11
	Larva curculioniforme	Fitófagos	-	-	0,8	-
Elateridae	<i>Elateridae</i> sp.1	Predadores/fitófagos	1,43	-	2,4	3,33
	<i>Elateridae</i> sp.2	Predadores/fitófagos	-	-	0,8	4,44
	<i>Elateridae</i> sp.3	Predadores/fitófagos	-	2,94	-	1,11
	Larva elateriforme	Detritívoros/decompositores	1,43	1,47	1,6	1,11

Tabela 10 - Frequência relativa e grupo funcional das espécies pertencentes a ordem Coleoptera coletados em lavouras cafeeiras sob sistema de produção convencional e orgânico na presença e ausência de plantio de plantas de cobertura. Médias de 32 repetições (*pitfall traps*). (conclusão)

Família	Espécie	Grupo funcional	Sistemas de produção			
			Convencional		Orgânico	
			Presença	Ausência	Presença	Ausência
Lagriidae	<i>Lagria villosa</i>	Fitófagos	1,43	4,41	0,8	1,11
Melyridae	<i>Astylus atromaculatus</i>	Detritívoros/decompositores	-	-	3,2	5,56
	<i>Melyridae</i> sp.	Detritívoros/decompositores	-	1,47	-	-
Scarabaeidae	<i>Canthon</i> sp.	Detritívoros/decompositores	1,43	-	28,8	12,23
	<i>Coprophanaeus</i> sp.	Detritívoros/decompositores	1,43	-	-	-
	<i>Isocopris</i> sp.	Detritívoros/decompositores	-	-	-	2,22
	Larva escarabeiforme	Detritívoros/decompositores	1,43	-	-	-
	<i>Scyrtidae</i> sp.1	Detritívoros/decompositores	-	-	3,2	3,33
Scyrtidae	<i>Scyrtidae</i> sp.2	Detritívoros/decompositores	-	-	-	1,11
Staphylinidae	<i>Staphylinidae</i> sp.1	Predadores/parasitas	-	-	-	2,22
	<i>Staphylinidae</i> sp.2	Predadores/parasitas	-	-	2,4	-
	<i>Staphylinidae</i> sp.3	Predadores/parasitas	2,86	-	-	-
	<i>Staphylinidae</i> sp.4	Predadores/parasitas	-	-	-	1,11
	Jovem	-	-	1,47	2,4	-
Tenebrionidae	<i>Tenebrionidae</i> sp.1	Detritívoros/decompositores	2,86	4,42	1,6	1,11
Tenebrionidae	<i>Tenebrionidae</i> sp.2	Detritívoros/decompositores	1,43	2,94	1,6	3,33
Tenebrionidae	<i>Tenebrionidae</i> sp.3	Detritívoros/decompositores	1,43	2,94	-	-
	<i>Larva</i> sp.1	-	17,14	13,23	9,6	5,68
	Jovem	-	-	2,94	0,8	2,22

Fonte: Da autora (2022).

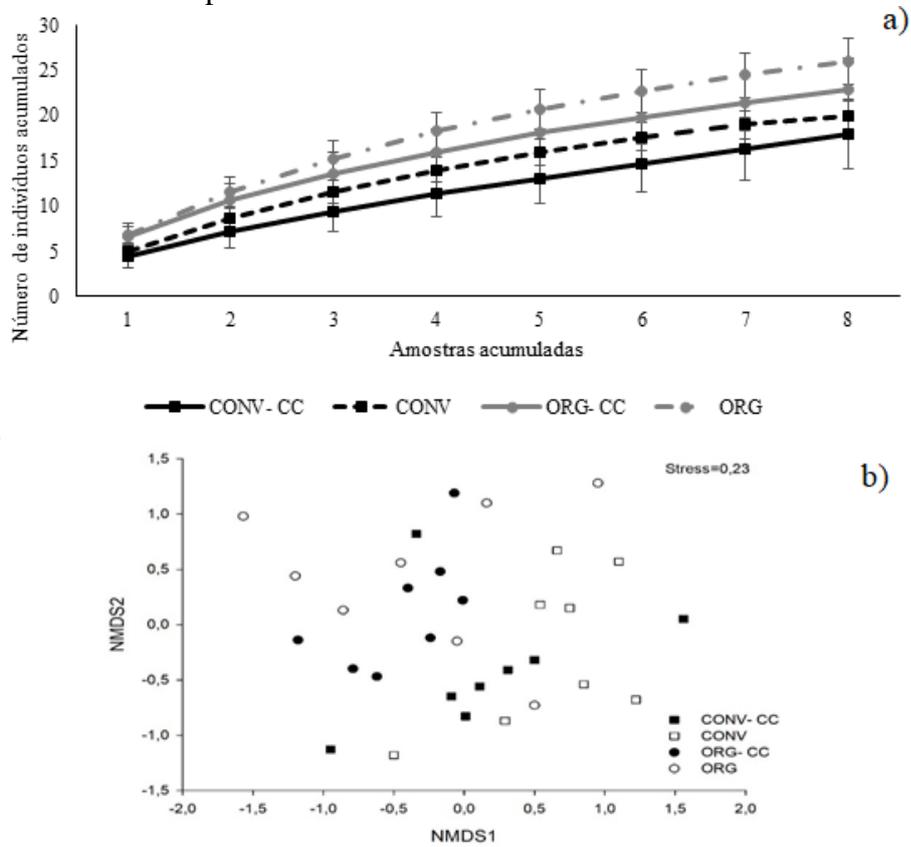
Tabela 11 - Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) para o parâmetro “Coleoptera” (p<0,05).

Tratamentos	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perm:
Sistemas (S)	1	11794	11794	4,6808	0,0001	9947
Manejo (M)	1	2678,5	2678,5	1,0631	0,3975	9952
SxM	1	335,02	335,02	0,13297	0,9883	9939
Resíduo	28	70549	2519,6			
Total	31	85356				

Df: grau de liberdade, SS: soma de quadrados, MS: quadrado médio.

Fonte: Da autora (2022).

Figura 5 - a) Curvas de rarefação de Coleman e b) Representação gráfica da escala dimensional não-métrica (NMDS) com similaridade de Bray-Curtis para a ordem Coleoptera coletados em sistemas de produção convencional e orgânica, na presença e ausência da semeadura de plantas de cobertura.



CONV-CC: sistema convencional na presença de plantas de cobertura, CONV: sistema convencional na ausência de plantas de cobertura, ORG-CC: sistema orgânico na presença de plantas de cobertura e ORG: sistema orgânico na ausência de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 12 - Frequência relativa (%) e grupo funcional das espécies pertencentes a ordem Collembola coletados em lavouras cafeeiras sob sistema de produção convencional e orgânico na presença e ausência de plantio de plantas de cobertura. Médias de 32 repetições (*pitfall traps*).

Classe	Espécie	Grupo funcional	Sistemas de produção			
			Convencional		Orgânico	
			<i>Presença</i>	<i>Ausência</i>	<i>Presença</i>	<i>Ausência</i>
Collembola	<i>Entomobryidae</i> sp.	Detritívoros/decompositores	87,02	84,75	5,74	5,76
Collembola	Jovem	Detritívoros/decompositores	12,98	15,25	94,56	94,24

Fonte: Da autora (2022).

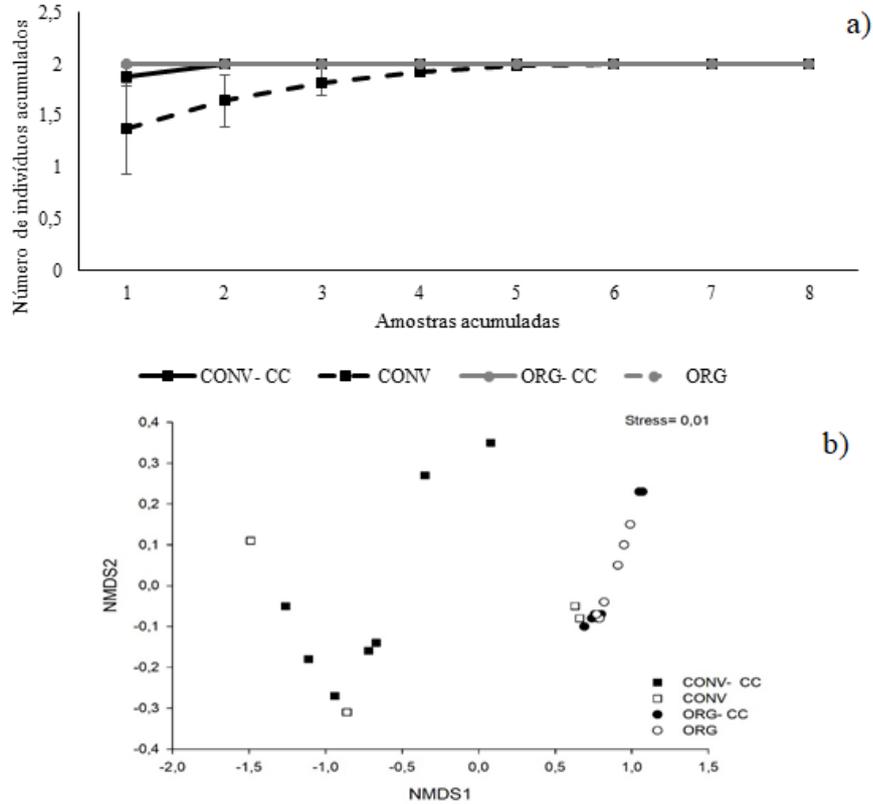
Tabela 13 - Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) para o parâmetro “Collembola” ($p < 0,05$).

Tratamentos	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Sistemas (S)	1	25852	25852	80,753	0,0001	9935
Manejo (M)	1	-136,66	-136,66	Negative		
SxM	1	-157,32	-157,32	Negative		
Resíduo	28	8963,8	320,13			
Total	31	34522				

Df: grau de liberdade, SS: soma de quadrados, MS: quadrado médio.

Fonte: Da autora (2022).

Figura 6 - a) Curvas de rarefação de Coleman e b) Representação gráfica da escala dimensional não-métrica (NMDS) com similaridade de Bray-Curtis para a ordem Collembola coletados em sistemas de produção convencional e orgânica, na presença e ausência da semeadura de plantas de cobertura.



CONV-CC: sistema convencional na presença de plantas de cobertura, CONV: sistema convencional na ausência de plantas de cobertura, ORG-CC: sistema orgânico na presença de plantas de cobertura e ORG: sistema orgânico na ausência de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 14 - Frequência relativa e grupo funcional das espécies pertencentes a ordem Dermaptera coletados em lavouras cafeeiras sob sistema de produção convencional e orgânico na presença e ausência de plantio de plantas de cobertura. Médias de 32 repetições (pitfall traps).

Família	Espécie	Grupo funcional	Sistemas de produção			
			Convencional		Orgânico	
			Presença	Ausência	Presença	Ausência
Forficulidae	<i>Forficulidae</i> sp.1	Predadores	33,33	-	-	50
	<i>Forficulidae</i> sp.2	Predadores	-	-	-	50
	<i>Forficulidae</i> sp.3	Predadores	-	50	-	-
	<i>Forficulidae</i> sp.4	Predadores	-	-	33,33	-
Spongiphoridae	<i>Forficulidae</i> sp.1	Predadores	33,33	50	-	-
	<i>Forficulidae</i> sp.2	Predadores	-	-	66,67	-
	Jovem	-	66,67	-	-	-

Fonte: Da autora (2022).

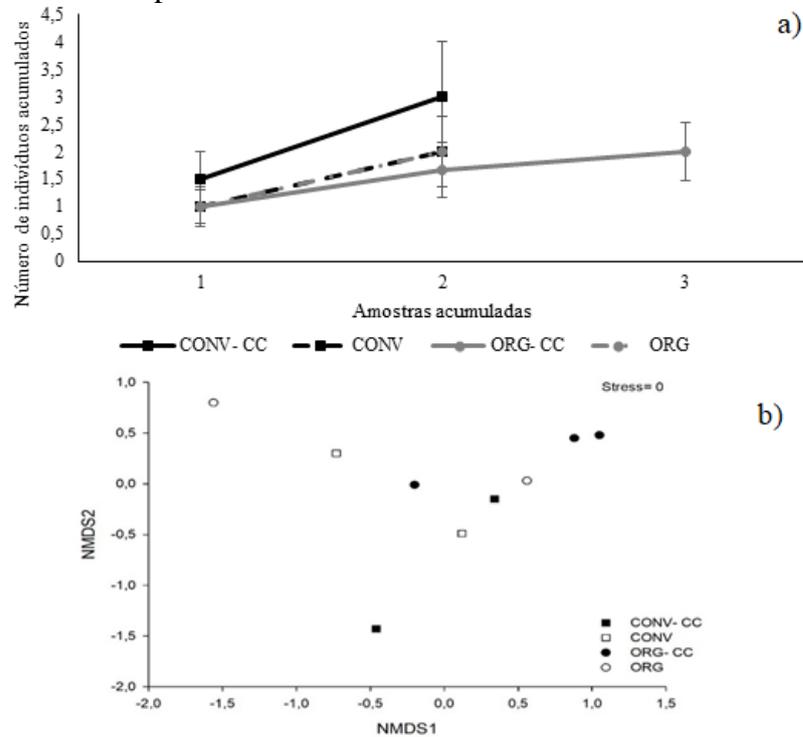
Tabela 15 - Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) para o parâmetro “Dermaptera” ($p < 0,05$).

Tratamentos	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Sistemas (S)	1	5606,1	5606,1	1,2937	0,2651	1866
Manejo (M)	1	3346,7	3346,7	0,77232	0,6426	1059
SxM	1	5606,1	5606,1	1,2937	0,2715	1863
Resíduo	5	21667	4333,3			
Total	8	37048				

Df: grau de liberdade, SS: soma de quadrados, MS: quadrado médio.

Fonte: Da autora (2022).

Figura 7 - a) Curvas de rarefação de Coleman e b) Representação gráfica da escala dimensional não-métrica (NMDS) com similaridade de Bray-Curtis para a ordem Dermaptera coletados em sistemas de produção convencional e orgânica, na presença e ausência da sementeira de plantas de cobertura.



CONV-CC: sistema convencional na presença de plantas de cobertura, CONV: sistema convencional na ausência de plantas de cobertura, ORG-CC: sistema orgânico na presença de plantas de cobertura e ORG: sistema orgânico na ausência de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 16 - Frequência relativa e grupo funcional das espécies pertencentes a ordem Hemiptera coletados em lavouras cafeeiras sob sistema de produção convencional e orgânico na presença e ausência de plantio de plantas de cobertura. Médias de 32 repetições (*pitfall traps*). (continua)

Família	Espécie	Grupo funcional	Sistemas de produção			
			Convencional		Orgânico	
			Presença	Ausência	Presença	Ausência
Alydidae	<i>Alydidae</i> sp.1	Fitófagos	-	-	-	2,48
	<i>Alydidae</i> sp.2	Fitófagos	-	1,31	-	-
	<i>Alydidae</i> ae sp.3	Fitófagos	-	5,26	3,79	1,65
	<i>Alydidae</i> sp.4	Fitófagos	-	1,31	-	0,83
	<i>Alydidae</i> sp.5	Fitófagos	-	-	2,27	-
	<i>Alydidae</i> sp.6	Fitófagos	-	-	-	1,65
Aphididae	<i>Aphididae</i> sp.	Fitófagos	0,83	0,66	-	-
Cercopidae	<i>Cercopidae</i> sp.	Fitófagos	0,83	-	-	-
Cidadellidae	<i>Cidadellidae</i> sp.1	Fitófagos/herbívoros	48,76	35,53	28,03	39,66
	<i>Cidadellidae</i> sp.2	Fitófagos/herbívoros	7,43	16,46	15,15	21,49
	<i>Cidadellidae</i> sp.3	Fitófagos/herbívoros	9,09	5,92	14,39	5,78
	<i>Cidadellidae</i> sp.4	Fitófagos/herbívoros	-	0,66	0,76	0,83
	<i>Cidadellidae</i> sp.5	Fitófagos/herbívoros	3,3	-	0,76	0,83
	<i>Cidadellidae</i> sp.6	Fitófagos/herbívoros	-	1,31	6,06	1,65
	<i>Cidadellidae</i> sp.7	Fitófagos/herbívoros	-	0,66	-	-
	<i>Cidadellidae</i> sp.8	Fitófagos/herbívoros	-	1,31	3,03	-
	<i>Cidadellidae</i> sp.9	Fitófagos/herbívoros	-	-	0,76	-
	<i>Cidadellidae</i> sp.10	Fitófagos/herbívoros	0,83	-	-	-
	<i>Cidadellidae</i> sp.11	Fitófagos/herbívoros	-	-	0,76	-
	<i>Cidadellidae</i> sp.12	Fitófagos/herbívoros	-	-	0,76	-
	<i>Cidadellidae</i> sp.13	Fitófagos/herbívoros	-	-	0,76	-

Tabela 16 - Frequência relativa e grupo funcional das espécies pertencentes a ordem Hemiptera coletados em lavouras cafeeiras sob sistema de produção convencional e orgânico na presença e ausência de plantio de plantas de cobertura. Médias de 32 repetições (*pitfall traps*). (conclusão)

Família	Espécie	Grupo funcional	Sistemas de produção			
			Convencional		Orgânico	
			Presença	Ausência	Presença	Ausência
Coreidae	<i>Coreidae</i> sp.1	Fitófagos	-	-	-	0,83
	<i>Coreidae</i> sp.2	Fitófagos	-	-	-	0,83
	<i>Coreidae</i> sp.3	Fitófagos	-	-	1,51	-
	<i>Coreidae</i> sp.4	Fitófagos	-	-	0,76	-
Delphacidae	<i>Delphacidae</i> sp.1	Fitófagos/herbívoros	3,3	1,97	0,76	1,65
	<i>Delphacidae</i> sp.2	Fitófagos/herbívoros	-	2,63	1,51	0,83
	<i>Delphacidae</i> sp.3	Fitófagos/herbívoros	-	-	3,03	2,48
	<i>Delphacidae</i> sp.4	Fitófagos/herbívoros	0,83	-	0,76	-
	<i>Delphacidae</i> sp.5	Fitófagos/herbívoros	0,83	-	-	-
Dictypharidae	<i>Dictypharidae</i> sp.	Fitófagos	-	0,66	-	-
Gerridae	<i>Gerridae</i> sp.	Fitófagos	0,83	-	-	-
Largidae	<i>Largidae</i> sp.	Fitófagos	-	-	0,76	-
Locaediae	<i>Locaediae</i> sp.	ND	0,83	-	-	-
Lygaeidae	<i>Lygaeidae</i> sp.	Predadores/parasitas	0,83	-	1,51	-
Miridae	<i>Miridae</i> sp.	Fitófagos/herbívoros	1,65	-	-	-
Platygastridae	<i>Platygastridae</i> sp.	Fitófagos	0,83	-	-	-
Rhopalidae	<i>Rhopalidae</i> sp.1	Fitófagos	-	-	0,76	-
	<i>Rhopalidae</i> sp.2	Fitófagos	-	0,66	-	-
	Jovem	-	19,00	23,69	11,36	16,53

Fonte: Da autora (2022).

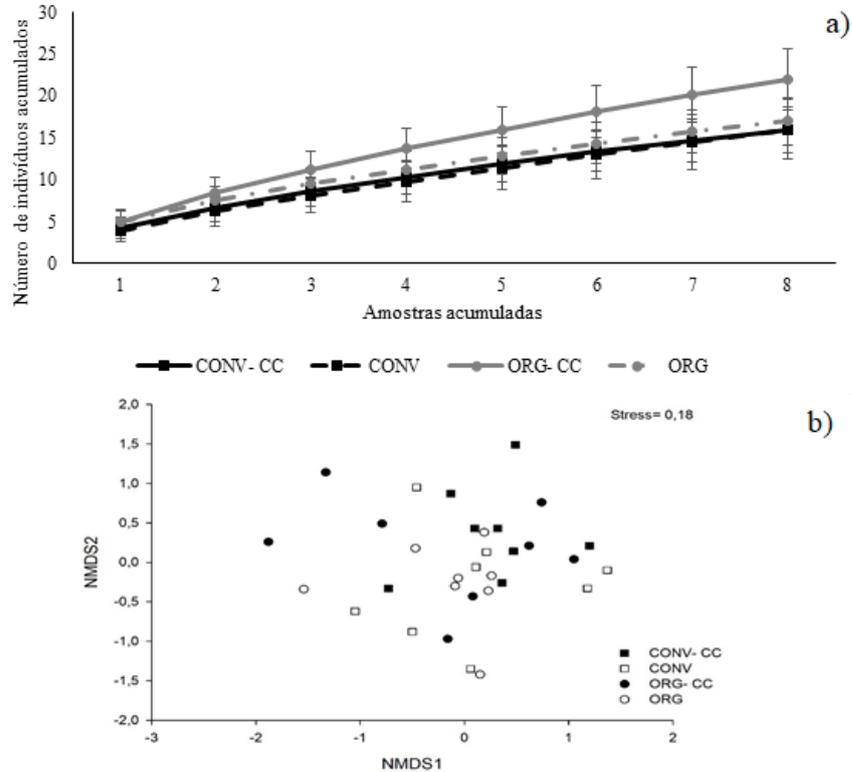
Tabela 17 - Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) para o parâmetro “Hemiptera” ($p < 0,05$).

Tratamentos	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Sistemas (S)	1	1520,1	1520,1	0,76852	0,6147	9933
Manejo (M)	1	2661,7	2661,7	1,3457	0,2092	9937
SxM	1	1185,4	1185,4	0,59932	0,7784	9938
Resíduo	28	55383	1978			
Total	31	60751				

Df: grau de liberdade, SS: soma de quadrados, MS: quadrado médio.

Fonte: Da autora (2022).

Figura 8 - a) Curvas de rarefação de Coleman e b) Representação gráfica da escala dimensional não-métrica (NMDS) com similaridade de Bray-Curtis para a ordem Hemiptera coletados em sistemas de produção convencional e orgânica, na presença e ausência da semeadura de plantas de cobertura.



CONV-CC: sistema convencional na presença de plantas de cobertura, CONV: sistema convencional na ausência de plantas de cobertura, ORG-CC: sistema orgânico na presença de plantas de cobertura e ORG: sistema orgânico na ausência de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 18 - Frequência relativa e grupo funcional das espécies pertencentes a ordem Hymenoptera coletados em lavouras cafeeiras sob sistema de produção convencional e orgânico na presença e ausência de plantio de plantas de cobertura. Médias de 32 repetições (*pitfall traps*). (continua)

Família	Espécie	Grupo funcional	Sistemas de produção			
			Convencional		Orgânico	
			<i>Presença</i>	<i>Ausência</i>	<i>Presença</i>	<i>Ausência</i>
Apidae	<i>Apidae</i> sp.1	Generalistas	20	-	-	14,28
	<i>Apidae</i> sp.2	Generalistas	-	20	-	-
Braconidae	<i>Braconidae</i> sp.1	Predadores/ fitófagos	20	20	-	-
	<i>Braconidae</i> sp.2	Predadores/ fitófagos	20	-	-	-
Figithidae	<i>Figithidae</i> sp.	Predadores/ fitófagos	-	20	-	-
Ichneumonidae	<i>Ichneumonidae</i> sp.1	Predadores/ fitófagos	-	20	-	-
	<i>Ichneumonidae</i> sp.2	Predadores/ fitófagos	20	-	-	-
	<i>Ichneumonidae</i> sp.3	Predadores/ fitófagos	-	-	20	-
Scoliidae	<i>Scoliidae</i> sp.1	Predadores	-	-	40	14,28
	<i>Scoliidae</i> sp.2	Predadores	-	-	-	57,14
Vespidae	<i>Vespidae</i> sp.1	Predadores	20	-	-	-
	<i>Vespidae</i> sp.2	Predadores	-	-	20	-
	<i>Vespidae</i> sp.3	Predadores	-	20	20	14,28

Tabela 18 - Frequência relativa e grupo funcional das espécies pertencentes a ordem Hymenoptera coletados em lavouras cafeeiras sob sistema de produção convencional e orgânico na presença e ausência de plantio de plantas de cobertura. Médias de 32 repetições (*pitfall traps*). (continua)

Família	Espécie	Grupo funcional	Sistemas de produção			
			Convencional		Orgânico	
			Presença	Ausência	Presença	Ausência
Formicidae	<i>Acromyrmex</i> sp.1	Fungívoras	Presente	Presente	-	-
	<i>Acromyrmex</i> sp.2	Fungívoras	Presente	-	-	-
	<i>Apterostigma</i> sp.	Fitófagos	-	Presente	Presente	
	<i>Atta sexdens</i>	Fungívoras	Presente	Presente	Presente	Presente
	<i>Brachymyrmex</i> sp.	Generalistas	Presente	Presente	Presente	Presente
	<i>Camponotus rufipes</i>	Onívoras	Presente	-	-	-
	<i>Camponotus</i> sp.1	Onívoras	Presente	Presente	Presente	Presente
	<i>Camponotus</i> sp.2	Onívoras	Presente	-	Presente	Presente
	<i>Camponotus</i> sp.3	Onívoras	-	-	Presente	Presente
	<i>Camponotus</i> sp.4	Onívoras	-	-	Presente	Presente
	<i>Chyphomyrmex</i> sp.	Fungívoras	-	-	-	Presente
	<i>Crematogaster</i> sp.	Predadores	-	Presente	Presente	Presente
	<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	Fungívoras	-	-	Presente	Presente
	<i>Dorymyrmex</i> sp.1	Generalistas	Presente	Presente	Presente	Presente
	<i>Dorymyrmex</i> sp.2	Generalistas	Presente	Presente	Presente	Presente
	<i>Ectatomma</i> sp.	Predadores/ fitófagos	-	-	Presente	-
	<i>Formicidae</i> sp.	-	Presente	-	-	-
	<i>Gnamptogenys</i> sp.1	Predadores/ fitófagos	Presente	-	Presente	Presente
	<i>Gnamptogenys</i> sp.2	Predadores/ fitófagos	-	-	Presente	-
	<i>Labibus</i> sp.	Predadores/ fitófagos	-	-	Presente	Presente
<i>Labidus praedator</i>	Predadores	-	-	-	Presente	

Tabela 18 - Frequência relativa e grupo funcional das espécies pertencentes a ordem Hymenoptera coletados em lavouras cafeeiras sob sistema de produção convencional e orgânico na presença e ausência de plantio de plantas de cobertura. Médias de 32 repetições (*pitfall traps*). (conclusão)

Família	Espécie	Grupo funcional	Sistemas de produção			
			Convencional		Orgânico	
			Presença	Ausência	Presença	Ausência
Formicidae	<i>Linepithema humile</i>	Generalistas	-	-	Presente	-
	<i>Linepithema</i> sp.1	Generalistas	Presente	Presente	Presente	Presente
	<i>Linepithema</i> sp.2	Generalistas	-	-	-	Presente
	<i>Mycetosoritis</i> sp.	Fungívoras	-	-	-	Presente
	<i>Mycocephurus</i> sp.	Fungívoras	Presente	-	-	Presente
	<i>Neivamyrmex</i> sp.	Predadores	-	-	-	-
	<i>Odontomachus</i> sp.	Predadores/ fitófagos	-	-	-	Presente
	<i>Pachycondyla striata</i>	Predadores	-	-	-	Presente
	<i>Pheidole</i> sp.1	Onívoras	Presente	Presente	Presente	Presente
	<i>Pheidole</i> sp.2	Onívoras	Presente	Presente	Presente	Presente
	<i>Pheidole</i> sp.3	Onívoras	Presente	Presente	Presente	Presente
	<i>Pheidole</i> sp.4	Onívoras	Presente	Presente	-	Presente
	<i>Pheidole</i> sp.5	Onívoras	Presente	-	Presente	-
	<i>Pheidole</i> sp.6	Onívoras	-	-	Presente	Presente
	<i>Pheidole</i> sp.7	Onívoras	-	Presente	-	-
	<i>Pheidole</i> sp.8	Onívoras	-	Presente	Presente	Presente
	<i>Procryptocerus</i> sp.	Generalistas	Presente	-	-	-
	<i>Pseudomyrmex gracilis</i>	Fitófagos	Presente	-	Presente	-
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.	Predadores	Presente	-	-	-
	<i>Solenopsis</i> sp.1	Onívoras	Presente	Presente	Presente	Presente
	<i>Solenopsis</i> sp.2	Onívoras	Presente	Presente	Presente	-
	<i>Solenopsis</i> sp.3	Onívoras	-	Presente	-	Presente
	<i>Wasmannia</i> sp.	Generalistas	-	-	-	Presente

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 19 - Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) para o parâmetro “Hymenoptera” (p<0,05).

Tratamentos	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Sistemas (S)	1	5244,5	5244,5	1,0489	0,4099	9881
Manejo (M)	1	2612,9	2612,9	0,52258	0,9535	9897
SxM	1	3702,9	3702,9	0,74058	0,7721	9892
Resíduo	13	65000	5000			
Total	16	76572				

Df: grau de liberdade, SS: soma de quadrados, MS: quadrado médio.

Fonte: Da autora (2022).

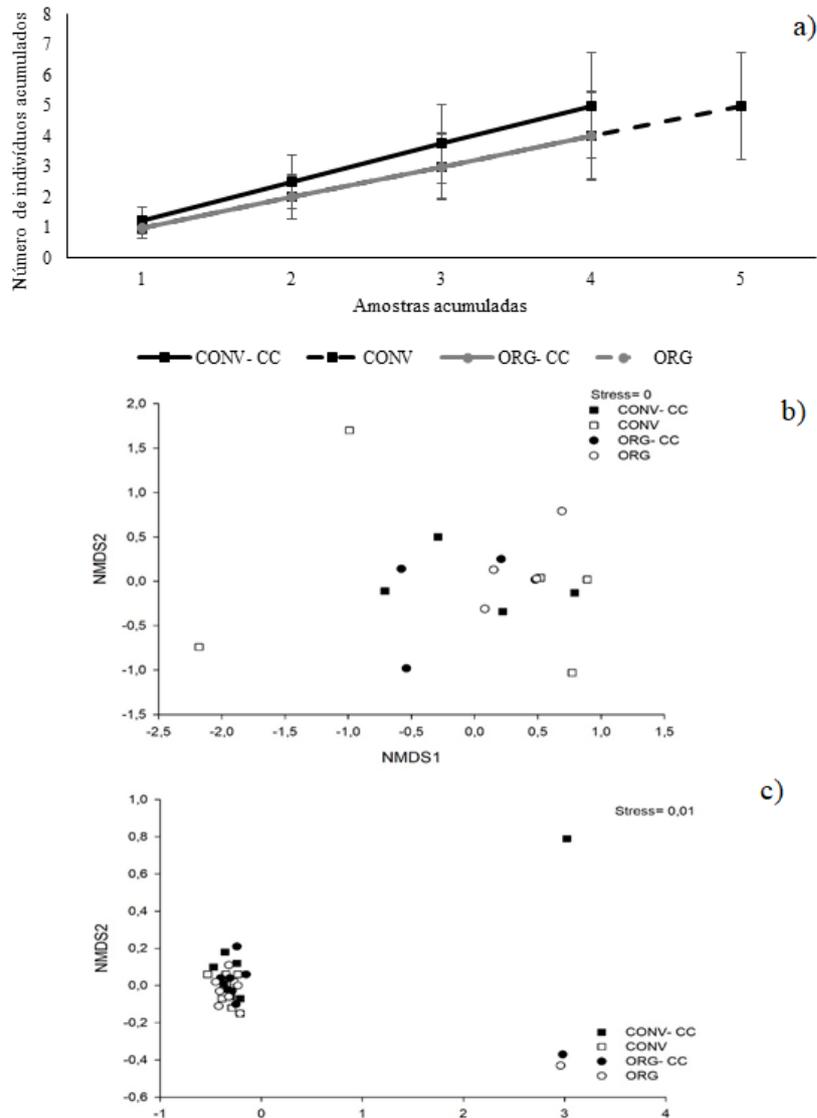
Tabela 20 - Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) para o parâmetro “Formicidae” (p<0,05).

Tratamentos	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Sistemas (S)	1	2692,5	2692,5	0,5385	0,9909	9883
Manejo (M)	1	2081,3	2081,3	0,41627	0,9996	9873
SxM	1	1495,5	1495,5	0,29911	0,9999	9882
Resíduo	27	1,35E+05	5000			
Total	30	1,41E+05				

Df: grau de liberdade, SS: soma de quadrados, MS: quadrado médio.

Da autora (2022).

Figura 9. a) Curvas de rarefação de Coleman, b) Representação gráfica da escala dimensional não-métrica (NMDS) com similaridade de Bray-Curtis para a ordem Hymenoptera e c) Representação gráfica da escala dimensional não-métrica (NMDS) com similaridade de Jaccard para a família Formicidae coletados em sistemas de produção convencional e orgânica, na presença e ausência da sementeira de plantas de cobertura.



CONV-CC: sistema convencional na presença de plantas de cobertura, CONV: sistema convencional na ausência de plantas de cobertura, ORG-CC: sistema orgânico na presença de plantas de cobertura e ORG: sistema orgânico na ausência de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 21 - Frequência relativa e grupo funcional das espécies pertencentes a ordem Orthoptera coletados em lavouras cafeeiras sob sistema de produção convencional e orgânico na presença e ausência de plantio de plantas de cobertura. Médias de 32 repetições (*pitfall traps*).

Família	Espécie	Grupo funcional	Sistemas de produção			
			Convencional		Orgânico	
			Presença	Ausência	Presença	Ausência
Acrididae	<i>Acrididae</i> sp.	Fitófagos	2,63	-	-	-
Gryllidae	<i>Gryllidae</i> sp.1	Fitófagos	2,63	-	2,13	-
	<i>Gryllidae</i> sp.2	Fitófagos	-	-	2,13	2,94
Paragryllidae	<i>Paragryllidae</i> sp.1	Fitófagos	-	-	4,25	-
	<i>Paragryllidae</i> sp.2	Fitófagos	-	5,88	-	2,94
	<i>Paragryllidae</i> sp.3	Fitófagos	-	-	2,13	-
	<i>Paragryllidae</i> sp.4	Fitófagos	-	5,88	-	-
	<i>Paragryllidae</i> sp.5	Fitófagos	-	-	2,13	-
Romaleidae	<i>Romaleidae</i> sp.1	Fitófagos	2,63	-	4,25	5,88
	<i>Romaleidae</i> sp.2	Fitófagos	7,89	17,65	2,13	8,82
	<i>Romaleidae</i> sp.3	Fitófagos	5,26	11,77	2,13	8,82
	<i>Romaleidae</i> sp.4	Fitófagos	34,22	23,53	21,28	2,94
Tettigonidae	<i>Tettigonidae</i> sp.1	Fitófagos	-	-	2,13	-
	<i>Tettigonidae</i> sp.2	Fitófagos	-	-	8,5	5,88
	<i>Tettigonidae</i> sp.3	Fitófagos	2,63	-	2,13	26,47
	<i>Tettigonidae</i> sp.4	Fitófagos	2,63	5,88	2,13	5,88
	<i>Tettigonidae</i> sp.5	Fitófagos	2,63	5,88	2,13	2,94
	<i>Tettigonidae</i> sp.6	Fitófagos	-	-	2,13	8,82
	<i>Tettigonidae</i> sp.7	Fitófagos	2,63	-	2,13	-
	Jovem	-	34,22	23,53	36,16	17,67

Fonte: Da autora (2022).

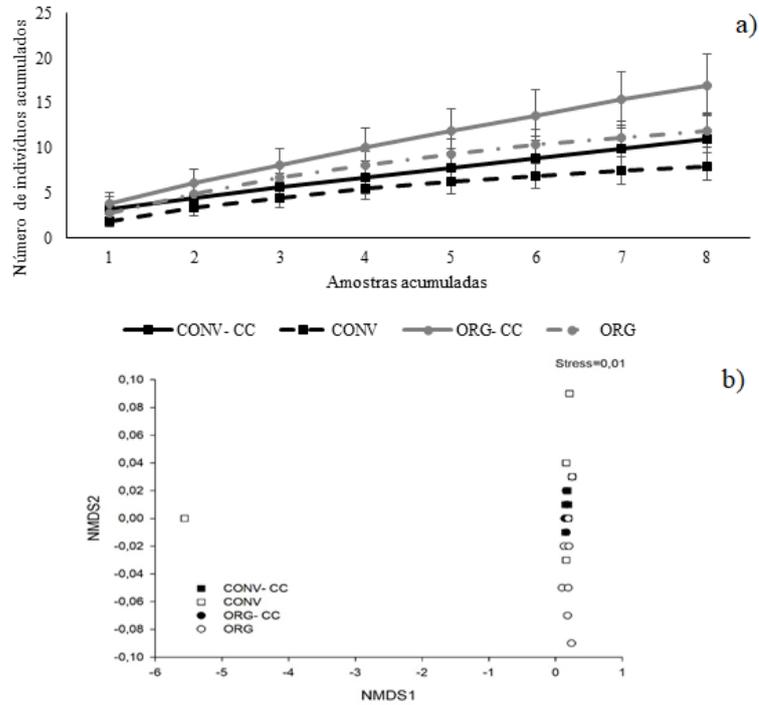
Tabela 22 - Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) para o parâmetro “Orthoptera” ($p < 0,05$).

Tratamentos	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Sistemas (S)	1	2788,1	2788,1	1,1249	0,3528	9942
Manejo (M)	1	12731	12731	5,1363	0,0004	9927
SxM	1	680,04	680,04	0,27437	0,9578	9941
Resíduo	28	69400	2478,6			
Total	31	85599				

Df: grau de liberdade, SS: soma de quadrados, MS: quadrado médio.

Fonte: Da autora (2022).

Figura 10 - a) Curvas de rarefação de Coleman e b) Representação gráfica da escala dimensional não-métrica (NMDS) com similaridade de Bray-Curtis para a ordem Orthoptera coletados em sistemas de produção convencional e orgânica, na presença e ausência da sementeira de plantas de cobertura.



CONV-CC: sistema convencional na presença de plantas de cobertura, CONV: sistema convencional na ausência de plantas de cobertura, ORG-CC: sistema orgânico na presença de plantas de cobertura e ORG: sistema orgânico na ausência de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 23 - Frequência relativa e grupo funcional das espécies de outras ordens coletados em lavouras cafeeiras sob sistema de produção convencional e orgânico na presença e ausência de plantio de plantas de cobertura. Médias de 32 repetições (*pitfall traps*).

Filo	Ordem/Classe	Espécie	Grupo funcional	Sistemas de produção			
				Convencional		Orgânico	
				Presença	Ausência	Presença	Ausência
Arthropoda	Acari	<i>Acari</i> sp.	Fitófagos	-	-	-	1,25
	Chilopoda	<i>Chilopoda</i> sp.	Predadores	-	10	1,45	-
	Diplopoda	<i>Diplopoda</i> sp.	Detritívoros/decompositores	-	-	1,45	1,25
	Chelicerata	<i>Haplotaxida</i> sp.	Detritívoros/decompositores	-	-	8,69	10
	Neuroptera	<i>Hemerobiidae</i> sp.	Predadores	-	10	-	-
	Opilioacarida	<i>Opilioacarida</i> sp.	Predadores	33,33	40	8,69	1,25
Mollusca	Gastropoda	<i>Pulmonata</i> sp.	Fitófagos	66,67	40	13,05	16,25
	Stylommatophora	<i>Stylommatophora</i> sp.	Fitófagos	-	-	66,67	70

Fonte: Da autora (2022).

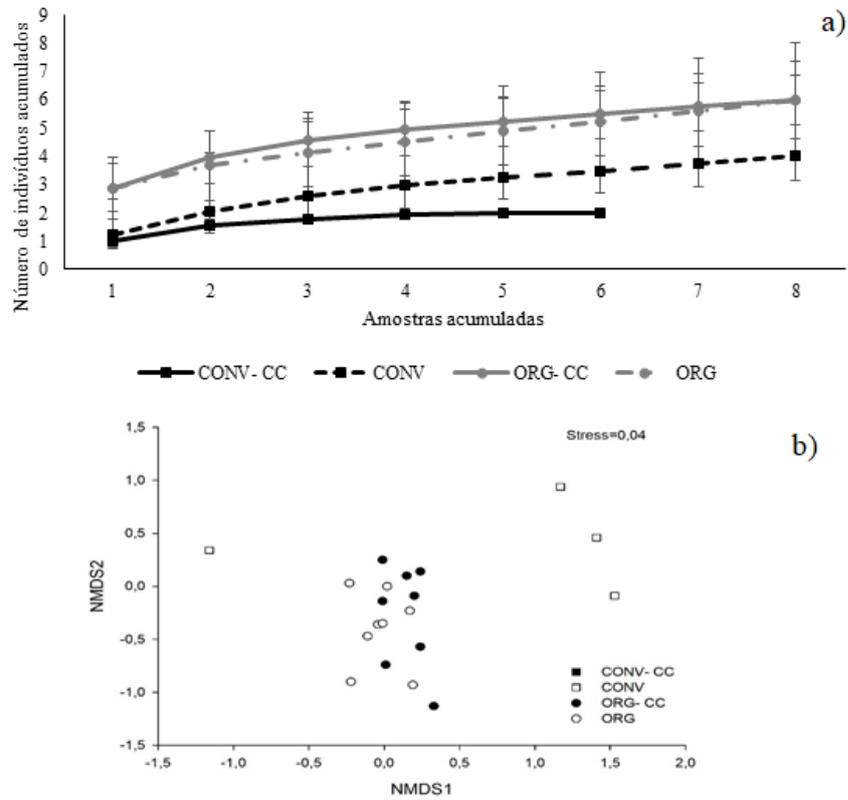
Tabela 24 - Resultados da análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) para o parâmetro “Outras ordens” ($p < 0,05$).

Tratamentos	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms
Sistemas (S)	1	30018	30018	17,607	0,0001	9946
Manejo (M)	1	-284,23	-284,23	Negative		
SxM	1	1721,1	1721,1	1,0095	0,3441	9943
Resíduo	26	44327	1704,9			
Total	29	76073				

Df: grau de liberdade, SS: soma de quadrados, MS: quadrado médio

Fonte: Da autora (2022).

Figura 11 - a) Curvas de rarefação de Coleman e b) Representação gráfica da escala dimensional não-métrica (NMDS) com similaridade de Bray-Curtis para outras ordens em sistemas de produção convencional e orgânica, na presença e ausência da semeadura de plantas de cobertura.



CONV-CC: sistema convencional na presença de plantas de cobertura, CONV: sistema convencional na ausência de plantas de cobertura, ORG-CC: sistema orgânico na presença de plantas de cobertura e ORG: sistema orgânico na ausência de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

ARTIGO 3 **DIVERSIDADE DE FUNGOS FILAMENTOSOS DE SOLO EM LAVOURA CAFEIEIRA EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO E MANEJOS**

RESUMO

O conhecimento da composição e diversidade de fungos filamentosos do solo representa um importante aspecto na compreensão dos efeitos diretos e indiretos que diferentes manejos agrícolas podem ter no agroecossistema. O presente trabalho teve como objetivo isolar e identificar os fungos que ocorrem em lavouras cafeeiras sob sistema de produção orgânica e convencional, no município de Santo Antônio do Amparo, MG-Brasil, visando detectar os efeitos de plantas de cobertura juntamente com os sistemas de produção sobre a abundância e diversidade da comunidade de fungos do solo, determinar a dinâmica de grupos funcionais de fungos e avaliar as relações entre as propriedades químicas do solo e a diversidade desse grupo. As amostras de solo foram coletadas no mês de fevereiro em 2019 e em 2020. Os gêneros predominantes identificados foram: *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Talaromyces*, *Paecilomyces* e *Rhizopus*. Os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* foram mais frequentes e ocorreram em todos os tratamentos. Os grupos funcionais predominantes foram saprotróficos, de controle biológico e fungos facultativos. Capacidade de troca catiônica, saturação por bases, pH, Zn, Mn, Mg, P, Ca, S e K estiveram mais relacionados a maior diversidade fúngica. Os sistemas de produção e locais de coleta afetaram fortemente a maioria dos atributos avaliados.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L. Grupos funcionais. Plantas de cobertura. Diversidade fúngicas. Agricultura orgânica.

1 INTRODUÇÃO

Os fungos são organismos onipresentes do solo, que podem atuar como agentes de controle biológico de pragas e doenças, melhorar o desempenho produtivo das culturas agrícolas (VEGA *et al.*, 2009). Assim como outros organismos, os fungos de solo também são influenciados pelas práticas agrícolas (UZMAN *et al.*, 2018), tornando relevante as pesquisas a respeito destas interações. Os fungos podem ser classificados quanto a sua característica de ação em fungos fitopatogênicos, fungos saprofíticos, fungos facultativos e fungos entomopatogênicos (ABREU; PFENNING, 2018).

Os fungos entomopatogênicos atuam como inimigos naturais das pragas de artrópodes, mas também são encontrados como saprotróficos no solo (KOROSI *et al.*, 2019). Atuam ainda, no controle de doenças, melhoram a eficiência fotossintética e o uso de nitrogênio (SHORESH; HARMAN; MASTOURI, 2010; HARMAN *et al.*, 2019). Muitos fungos têm sido amplamente estudados e comercializados como bioinseticidas, biopesticidas, biofertilizantes e corretivos do

solo. Os gêneros *Gliocladium*, *Trichoderma*, *Ampelomyces*, *Candida*, *Coniothyrium*, *Beauveria* e *Metarhizium* (MEYLING; EILENBERG, 2007; VINALE *et al.*, 2008; MOLINARI; LEONETTI, 2019) são comumente utilizados.

Os fungos fitopatogênicos são agentes de doenças e podem causar enormes perdas no rendimento e na qualidade das culturas (SILVA *et al.*, 2019; WIEME *et al.*, 2020). Estes podem atuar sintetizando e secretando metabólitos secundários tóxicos ou vivem dos nutrientes fornecidos pelos hospedeiros por períodos prolongados e não produzem toxinas (ZEILINGER *et al.*, 2016). Já os fungos facultativos são caracterizados por ocorrer na ausência de hospedeiros vivos. A maioria dos patógenos pode sobreviver ativamente como saprotróficos ou entrar em um estado dormente na forma de propágulos em repouso (LENNON; JONES, 2011).

Os fungos de controle biológico são considerados benéficos por reduzirem os efeitos negativos de fitopatógenos e aumentarem a resposta de defesa das plantas (HARMAN *et al.*, 2019). Muitos fungos têm sido amplamente estudados e comercializados como biopesticidas, biofertilizantes e corretivos do solo, os gêneros *Gliocladium*, *Trichoderma*, *Ampelomyces*, *Candida* e *Coniothyrium* (VINALE *et al.*, 2008; MOLINARI; LEONETTI, 2019) são comumente utilizados.

Os fungos saprotróficos desempenham um papel fundamental na decomposição, ciclagem e mineralização de nutrientes (GAGGINI, RUSTERHOLZ E BAUR, 2019), sendo importantes para a ciclagem de carbono e nitrogênio (CLOCCHIATTI *et al.*, 2019). Além disso, podem atuar e influenciar outros microrganismos do solo por meio de interações competitivas ou mutualísticas com bactérias e como fonte de alimento para outros fungos (DEVEAU *et al.*, 2018; MANICI; CASTELLINI; CAPUTO, 2019).

A atividade microbiana do solo possui efeito direto em sua estabilidade e fertilidade, compreender as mudanças nas comunidades e grupos funcionais pode servir com indicador da qualidade do solo frente aos diferentes manejos (ARÉVALO-GARDINI *et al.*, 2020). De acordo com Lacey *et al.* (2015) a diversidade e abundância de fungos no solo é diretamente influenciada por parâmetros físico-químicos do solo. A textura influencia a disponibilidade de nutrientes e água (EILENBERG; HOKKANEN, 2006), os teores de MO podem afetar a diversidade, abundância e riqueza (THIELE-BRUHN *et al.*, 2012), diversidade de macro e mesofauna também interfere na maior diversidade de hospedeiros (EILENBERG; HOKKANEN, 2006), relação C:N é importante para processos como esporulação, crescimento e virulência (GAO *et al.*, 2007); clima e práticas de manejo.

De acordo com Bonanomi *et al.* (2020), o conhecimento da composição e diversidade da microbiota do solo representa um importante aspecto na compreensão dos efeitos diretos e

indiretos que diferentes manejos agrícolas podem ter no agroecossistema. A agricultura orgânica tem efeitos positivos (RAMOS *et al.*, 2017), negativos ou inexistentes (MEYLING *et al.*, 2011), dependendo do grupo pesquisado, função no ecossistema e sistemas de produção (UZMAN *et al.*, 2018). O sistema de produção intensiva, adotado pela agricultura convencional, reduz a riqueza, diversidade e atividade de comunidades de fungos do solo (SILVESTRO *et al.*, 2018; MORENO *et al.*, 2021), especialmente quando não são adotadas técnicas de manejo menos intensivo (FORJAN; MANSO, 2012), como por exemplo, rotação de cultura. Desse modo, estudos que avaliem a interação do sistema de produção e manejo de lavouras cafeeiras frente a diversidade das populações e funções dos fungos no solo são de grande relevância.

Diante da importância do conhecimento da diversidade de fungos no solo, este estudo objetivou avaliar o efeito dos sistemas de cultivo orgânico e convencional, utilização de plantas de cobertura nas entrelinhas do cafeeiro sobre a abundância e diversidade das comunidades de fungos do solo. Adicionalmente, determinou-se a dinâmica de grupos funcionais de fungos e as relações entre as propriedades químicas do solo e a diversidade de grupos funcionais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de amostragem e delineamento adotado

O estudo foi realizado na Fazenda Cachoeira, localizada no município de Santo Antônio do Amparo-MG, em duas áreas de café arábica com adoção do manejo orgânico e convencional. A lavoura manejada convencionalmente nas coordenadas de latitude 20°90'42,20'' S e longitude 44°94'59,51'' W e altitude média de 1.008 metros e orgânica nas coordenadas de latitude 20°88'78,35'' S e longitude 44°95'12,36'' W e altitude média de 1.018,5 metros. O clima predominante é do tipo "Cwa" (subtropical úmido), com estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura anual média de 19,4 °C e a precipitação anual média de 1.530 mm. O solo é classificado como Latossolo vermelho distrófico.

O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial (2x2x2), com 2 cultivares (Catiguá MG2 e Paraíso MG H419-1), 2 tipos de manejo (orgânico e convencional) e 2 diferentes manejos referentes à presença e ausência de plantas de cobertura, com quatro repetições.

As lavouras convencionais de café arábica foram implantadas em 2016/2017 e as orgânicas em 2015/2016, ambas com o espaçamento de 3,80 m (entre linhas) x 0,70 m (entre plantas), conferindo um estande de 3.759 plantas ha⁻¹. A área orgânica é manejada a mais de 20 anos sob os princípios da agricultura orgânica.

O experimento foi implantado em novembro de 2018, quando foi realizada a semeadura do coquetel de plantas de cobertura composto por girassol (*Helianthus annuus* L.), milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), trigo-sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench) e as crotalárias (*Crotalaria ochroleuca* G. Don, *C. breviflora* DC. e *C. juncea* L.).

O corte foi realizado posteriormente em fevereiro de 2019, o segundo plantio foi realizado em novembro de 2019, e o corte realizado em fevereiro de 2020, em ambos os anos as plantas não foram incorporadas, sendo usadas apenas como cobertura morta.

2.2 Amostragem de solo

Foram realizadas coletas de solo nos meses de fevereiro de 2019 e de 2020, logo após o corte das plantas de cobertura. Foram coletadas amostras em dois pontos na profundidade de 0-10 cm, o primeiro consistiu da coleta na projeção do dossel da planta e o segundo na entrelinha (onde foi realizado o plantio do coquetel de plantas de cobertura). As amostras com a mesma umidade de campo foram acondicionadas em sacos plásticos, os quais foram identificados e mantidos sob temperatura de 4 °C.

2.3 Análises físicas e químicas

Os atributos físicos e químicos avaliados foram pH, medido em suspensão do solo em H₂O (1:2,5); fósforo (P), potássio (K), zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe) e cobre (Cu), extraídos por solução de Mehlich⁻¹ (Mehlich, 1953); cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al), extraídos por KCL⁻¹ mol L⁻¹ (McLean et al., 1958); acidez potencial (H + Al) através de acetato de cálcio; soma das bases trocáveis (SB); capacidade efetiva de troca catiônica (t); capacidade de troca catiônica em pH 7,0 (T); enxofre (S), extraído por fosfato monocálcico em ácido acético (Hoeft et al., 1973) e matéria orgânica (MO), por oxi-redução e textura (EMBRAPA, 1997).

2.4 Análise micológica

A população de fungos no solo foi estimada pelo método de diluição seriada (Clark, 1965), utilizando o solo coletado na profundidade de 0-10 cm. As diluições foram preparadas adicionando 25 g de solo a 225 ml de água estéril (padrão de solução 1/10) e depois foram agitadas durante 30 min. Um mililitro desta solução estoque foi retirado e adicionado a 9 ml de água estéril (1/10) e assim por diante até a diluição 10^3 ser obtida. Em seguida, alíquotas de 0,1 ml das diluições entre 10^{-1} e 10^{-3} foram espalhadas na superfície do meio de purificação ágar extrato de malte (MA), utilizando-se quatro placas por amostra. As placas de Petri inoculadas foram incubadas BOD, 25 °C, por 7 dias.

O número de colônias foi contabilizado e os isolados de fungos foram identificados, utilizando o método tradicional com placas de Petri inoculadas, em nível de gênero com base em características morfológicas, macroscópicas e microscópicas dos fungos filamentosos, usando as chaves padrão de Klich (2002), Pitt (2000) e Samson *et al.* (2000).

2.5 Análise da estrutura e de grupos funcionais de fungos do solo

Cada gênero de fungo foi atribuído a um de quatro grupos funcionais: BCF (fungos de controle biológico), PPF (fungos fitopatogênicos), PSF (fungos facultativos) e SF (fungos saprotróficos), de acordo com as características de ação (DOMSCH; GAMS; ANDERSON, 1993; ABREU; PFENNING, 2018).

Foram determinados os índices riqueza de espécies (S) que é o número total de espécies coletadas; índice de abundância segundo Lambshead, Platt e Shaw (1983), calculado a partir das médias de cada espécie por amostra, registrando o recíproco do nível de diluição com o número de unidades formadoras de colônia de fungos filamentosos por grama de solo seco (UFC g⁻¹). A frequência relativa foi calculada como o número de colônias ocorridas em relação ao total de colônias contadas.

Também foi calculado o índice de Shannon (H') (SHANNON; WEAVER, 1949), o qual caracteriza a diversidade de fungos nos sistemas e o índice de diversidade de Simpson (SIMPSON, 1949), que representa a probabilidade de que dois indivíduos dentro de um habitat, selecionados aleatoriamente, pertençam à mesma espécie. Assim como, o a Equitabilidade J (LAMBSHEAD; PLATT; SHAW, 1983), compara a diversidade de Shannon com a distribuição das espécies observadas que maximiza a diversidade.

2.6 Análise estatística

A avaliação da frequência relativa (%) dos fungos filamentosos foi realizada através do cálculo da frequência média por dois anos consecutivos (2019 e 2020). Todas as análises referentes aos índices de diversidade, abundância, riqueza de espécies e equitabilidade foram realizadas usando a versão 2013 do Past[®] (Hammer; Harper; Rian, 2001).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software R (3.3.1) por meio do pacote ‘easynova’, obtendo-se as análises de variância para as variáveis: abundância, riqueza, equitabilidade e índices de Shannon e Simpson através das interações cultivares versus sistemas de produção (convencional e orgânico), cultivares versus manejos (presença ou ausência da semeadura das plantas de cobertura), cultivares versus locais de coleta (linha e entrelinha dos cafeeiros), sistemas versus manejos, sistema versus locais de coleta e manejos versus locais de coleta. Os dados foram transformados utilizados a raiz quadrada ($Y+1$). O agrupamento de médias foi realizado pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$) quando identificado efeito significativo do fator pela análise de variância.

A análise multivariada foi realizada para descrever a resposta de cada um dos parâmetros (diversidade fúngica: abundância, riqueza, equitabilidade J e índices de Shannon e Simpson; grupo funcional: BCF, PPF, PSF e SF) dos atributos químicos do solo em sistemas de produção e manejo, sendo realizada pelo programa R por meio do pacote ‘Factoshiny’ (Husson et al., 2018).

3 RESULTADOS

3.1 Fungos filamentosos do solo em sistema de produção orgânico e convencional sob diferentes manejos

Foram identificados 35 gêneros de fungos filamentosos de solo, destes 19 foram comuns em ambas as lavouras avaliadas, independente do sistema de produção e plantio de plantas de cobertura (TABELA 1). Os grupos funcionais foram distribuídos (em ordem decrescente) BCF (8), PSF (7), SF (6) e PPF (4) em lavoura com a cultivar Paraíso MG H419-1 e SF (9), PSF (8), BCF (7) e PPF (4) sob cultivar Catiguá MG2 (TABELAS 1 e 2). Vale ressaltar que apenas dois gêneros (*Aspergillus* e *Penicillium*) foram encontrados em todas as lavouras, sistemas de produção e manejo.

Visando verificar se existe relação entre o local de coleta (linha e entrelinha do cafeeiro), os sistemas de produção (orgânico e convencional) sob presença e ausência do cultivo de

plantas de cobertura, foram obtidas as frequências relativas dos fungos encontrados. Em lavoura convencional, na linha e na presença da semeadura de plantas de cobertura foram identificados nove gêneros, destes os mais frequentes foram *Aspergillus* (22,47%), *Cladosporium* e *Fusarium* (16,31%) e *Penicillium* (14,97%). No controle foram identificados oito gêneros, os mais frequentes foram *Penicillium* (32,08%), *Aspergillus* e *Trichoderma* (16,25%). Já na entrelinha foi observado que a semeadura de plantas de cobertura possibilitou maior diversidade de fungos (11), sendo os mais frequentes *Talaromyces* (22,6%), *Aspergillus* (19,23%) e *Fusarium* (13,94%). Enquanto na ausência do plantio, os mais frequentes foram *Penicillium* (36,66%) e *Talaromyces* (23,34%) (TABELA 1).

No que se refere ao sistema de produção orgânico (TABELA 1), destaca-se que a maior diversidade de gêneros (12) foi obtida quando realizada a semeadura de plantas de cobertura em lavoura com a cultivar Paraíso MG H419-1. Os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* apresentaram as maiores frequências, independente da presença ou ausência da semeadura de plantas de cobertura. Na entrelinha foram identificados nove gêneros na presença de plantas de cobertura, com destaque para *Cladosporium* (38,69%), *Aspergillus* (21,5%) e *Penicillium* (19,44%). Nas parcelas sem a semeadura foram identificados sete gêneros, sendo os mais frequentes foram *Penicillium* (29,27%), *Aspergillus* (25,72%), *Fusarium* e *Purpureocillium* (13,58%).

Com relação a cultivar Catiguá MG2 sob sistema de produção convencional (TABELA 2), verifica-se que o plantio de plantas de cobertura possibilitou maior diversidade de fungos na linha (10), os mais frequentes foram *Aspergillus* (32,86%), *Fusarium* (14,64%) e *Cladosporium* (11,08%). Já na entrelinha, na presença da semeadura de plantas de cobertura os gêneros mais frequentes foram *Aspergillus*, *Fusarium* e *Rhizopus*. Independentemente do local de coleta, na ausência do plantio, os mais frequentes foram *Penicillium*, *Purpureocillium* e *Talaromyces*.

Para a lavoura orgânica (TABELA 2), verifica-se que a semeadura de plantas de cobertura possibilitou maior diversidade de gêneros, 17 na linha e 9 na entrelinha. Na linha os gêneros mais frequentes foram *Aspergillus* (32,53%), *Cladosporium* e *Penicillium* (11,27%). Já na entrelinha foram: *Aspergillus* (37,50%) e *Talaromyces* (16,25%). Na ausência do plantio, independentemente do local de coleta, os gêneros mais frequentes foram *Aspergillus*, *Penicillium* e *Talaromyces*.

Tabela 1 - Frequência relativa (%) de gêneros de fungos filamentosos do solo e grupos funcionais registradas em cultivo de café cv. Paraíso MG H419-1 sob diferentes sistemas de produção e manejos.

Gêneros	Grupos funcionais	Paraíso convencional				Paraíso orgânico			
		Linha do cafeeiro		Entrelinha do cafeeiro		Linha do cafeeiro		Entrelinha do cafeeiro	
		Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência
<i>Aspergillus</i> sp.	SF	22,47	16,25	19,23	7,50	42,79	17,66	21,50	25,72
<i>Beauveria</i> sp.	BCF					2,69			
<i>Blastomyces</i> sp.	PSF						5,88		
<i>Botryotrichum</i> sp.	PPF					2,69		3,85	
<i>Chalaropsis</i> sp.	PPF	2,94					5,88	3,85	
<i>Chrysosporium</i> sp.	SF					2,69			
<i>Cladosporium</i> sp.	PSF	16,31	3,34	7,69		7,57		38,69	
<i>Eurotium</i> sp.	SF							2,94	
<i>Fusarium</i> sp.	PSF	16,31		13,94	8,34	5,63			13,58
<i>Humicola</i> sp.	PSF	2,94							
<i>Lecanicilium</i> sp.	BCF	4,55		6,25		4,16			
<i>Monilia</i> sp.	PPF	4,55				2,69			
<i>Mortierella</i> sp.	PSF			3,85					
<i>Purpureocillium</i> sp.	BCF		6,67	6,25	13,34		11,76		13,58
<i>Penicilium</i> sp.	BCF	14,97	32,08		36,66	15,65	47,06	19,44	29,27
<i>Phialomyces</i> sp.	BCF		3,34						
<i>Phomopsis</i> sp.	BCF			6,25					3,58
<i>Rhizopus</i> sp.	SF			6,25		2,44		2,94	
<i>Sphaerotheca</i> sp.	PPF		3,13						
<i>Staphylotrichum</i> sp.	SF	2,94							
<i>Talaromyces</i> sp.	SF		12,71	22,6	23,34	2,69	11,76	2,94	10,72
<i>Trichoderma</i> sp.	BCF		16,25	3,85	8,34	1,47			3,58
<i>Uromyces</i> sp.	PSF							3,85	
<i>Verticillium</i> sp.	PSF			3,85					
Micélio estéril	*	12,03	6,25		2,50	6,85			

*Presença da sementeira e Ausência da sementeira de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 2 - Frequência relativa (%) de gêneros de fungos filamentosos do solo e grupos funcionais registradas em cultivo de café cv. Catiguá MG2 sob diferentes sistemas de produção e manejos.

Gêneros	Grupos funcionais	Catiguá convencional		Catiguá convencional		Catiguá orgânico		Catiguá orgânico	
		Linha do cafeeiro		Entrelinha do cafeeiro		Linha do cafeeiro		Entrelinha do cafeeiro	
		Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência
<i>Aspergillus</i> sp.	SF	32,86	11,11	29,41	7,14	32,53	8,83	37,5	15,89
<i>Aureobasidium</i> sp.	PSF							2,09	
<i>Beauveria</i> sp.	BCF					2,63			
<i>Bispora</i> sp.	PSF				3,58				
<i>Botryotrichum</i> sp.	PPF	2,50				4,00			
<i>Brachysporium</i> sp.	PSF					2,63			
<i>Chalaropsis</i> sp.	PPF			2,94					5,89
<i>Chrysosporium</i> sp.	SF					2,63			
<i>Cladosporium</i> sp.	PSF	11,08				11,27	2,94	8,34	2,94
<i>Dictyosporium</i> sp.	SF	3,58							
<i>Fusarium</i> sp.	PSF	14,64	5,26	22,55		2,63	11,77	8,34	8,83
<i>Humicola</i> sp.	PSF					2,00			
<i>Lecanicilium</i> sp.	BCF				5,56	5,27		2,09	
<i>Monilia</i> sp.	PPF				3,58			7,09	
<i>Mortierella</i> sp.	PSF					2,00			
<i>Purpureocillium</i> sp.	BCF	3,58	27,48		18,25		5,88		5,89
<i>Penicilium</i> sp.	BCF	5,00	34,80	11,28	43,65	11,27	35,29	9,17	33,83
<i>Phomopsis</i> sp.	BCF						2,94		
<i>Phopalomyces</i> sp.	BCF					2,00		5,00	
<i>Pleurophragmium</i> sp.	SF	2,50							
<i>Rhizopus</i> sp.	SF	3,58		25,50					
<i>Septoria</i> sp.	PPF					2,63			
<i>Staphylotrichum</i> sp.	SF						2,94		
<i>Talaromyces</i> sp.	SF	8,58	21,35		18,25	9,27	20,60	16,25	21,76
<i>Thielaviopsis</i> sp.	PPF					2,00			
<i>Torula</i> sp.	SF					2,63			
<i>Trichoderma</i> sp.	BCF			8,34			2,94		
<i>Trichothecium</i> sp.	PSF								5,00
<i>Umbelopsis</i> sp.	SF						2,94		
<i>Uromyces</i> sp.	PSF					2,63			
Micélio estéril	*	12,14					2,94	4,17	

*Presença da sementeira e Ausência da sementeira de plantas de cobertura.

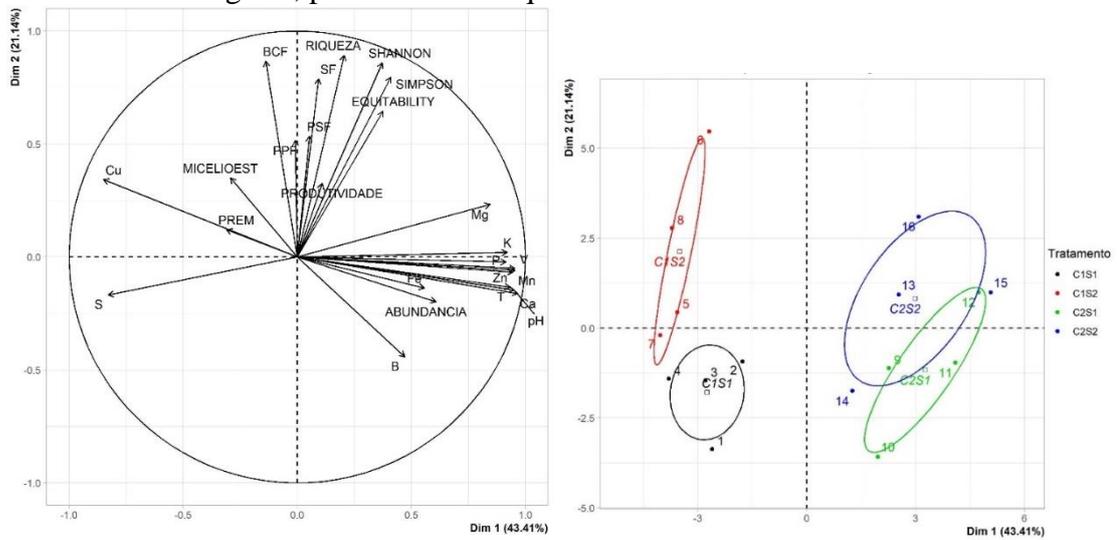
Fonte: Da autora (2022).

3.2 Diversidade e grupos funcionais de fungos filamentosos do solo e interações com as características químicas do solo

Com relação aos parâmetros de diversidade e grupos funcionais considerando a interação cultivares versus sistemas de produção, observa-se que o teste de agrupamento aplicado não foi capaz de diferenciar as médias para as variáveis riqueza, equitabilidade, índices de diversidade de Shannon e Simpson, PSF, PPF e micélio estéril (TABELA 3). As maiores abundâncias foram observadas para os tratamentos cultivar Catiguá MG2, sistema convencional e orgânico (TABELA 3). Já para o grupo funcional saprofítico (SF), as cultivares Paraíso MG H419-1 e Catiguá MG2 e o sistema de produção convencional apresentaram as maiores populações. Estas mesmas cultivares sob sistema de produção orgânico apresentaram as maiores médias para o grupo BCF (TABELA 3).

A análise de componentes principais (PCA) (FIGURA 1) feita com base nos atributos químicos, grupos funcionais, índices de diversidade e produtividade, explica 64,55% da variação total dos dados. A PC1 mostra a cultivar Catiguá MG2 sob sistema de produção orgânica e convencional mais fortemente relacionados com os atributos Ca, Mn, Zn, P, Mg, K, V, pH e T, e menores para Cu e S. Considerando o componente principal 2, observa-se que a Cultivar Catiguá MG2 sob sistema de produção orgânica apresentou a maior riqueza, índices de Shannon e Simpson e maior ocorrência de fungos BCF e SF.

Figura 1 - Análise de componentes principais em lavouras cafeeiras compostas de diferentes cultivares e sistemas de produção, considerando os atributos químicos, microbiológicos, produtividade e qualidade da bebida.

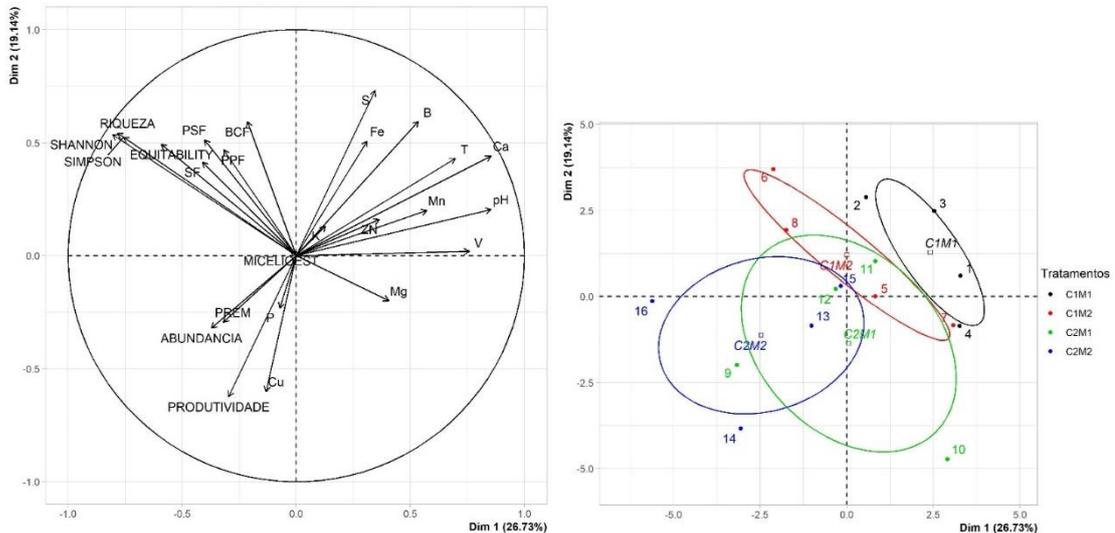


C1S1: cultivar Paraíso MG H419-1 em sistema convencional; C1S2: cultivar Paraíso MG H419-1 em sistema orgânico; C2S1: cultivar Catiguá MG2 em sistema convencional; C2S2: cultivar Catiguá MG2 em sistema orgânico; Prem: fosforo remanescente; T: capacidade efetiva de troca catiônica e V: saturação de base.

Fonte: Da autora (2022).

Para a interação cultivares *versus* manejos (TABELA 4) não foi observada diferença significativa entre os tratamentos. Não houve diferenciação das duas cultivares avaliadas e manejos quanto ao PCA (FIGURA 2). Os dois primeiros componentes representam 45,87% da variabilidade dos dados. Entretanto, os atributos químicos cálcio, pH e V foram mais relacionados a cultivar Paraíso MG H419-1 na presença da semeadura de plantas de cobertura e os atributos riqueza e índice de Shannon e Simpson foram correlacionados negativamente.

Figura 2 - Análise de componentes principais em lavouras cafeeiras compostas de diferentes cultivares e manejos, considerando os atributos químicos, grupos funcionais, índices de diversidade e produtividade.



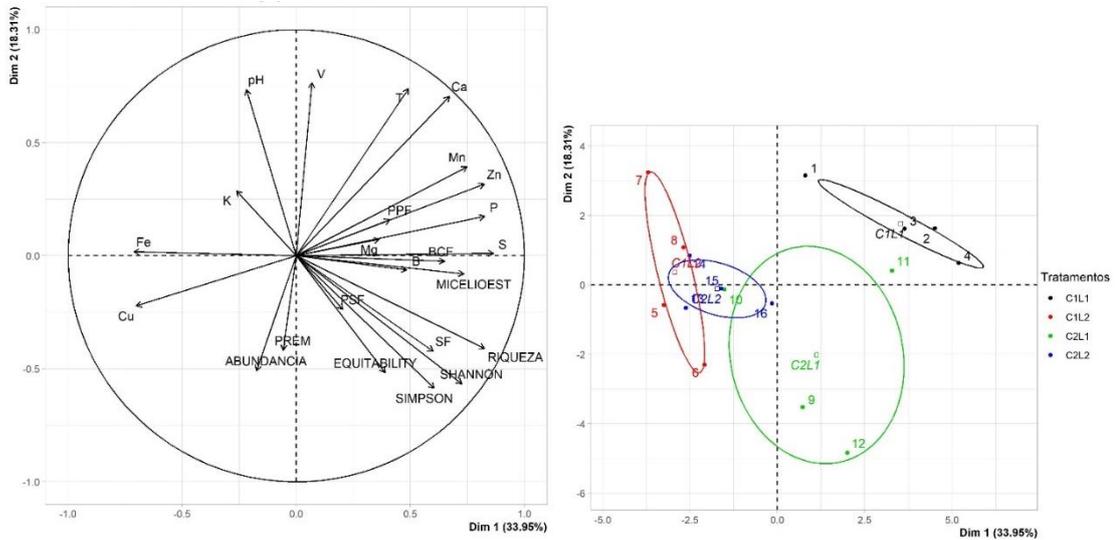
C1M1: cultivar Paraíso MG H419-1 e presença de plantas de cobertura; C1M2: cultivar Paraíso MG H419-1 e ausência de plantas de cobertura; C2M1: cultivar Catiguá MG2 e presença de plantas de cobertura; C2M2: cultivar Catiguá MG2 e ausência de plantas de cobertura; T: capacidade efetiva de troca catiônica e V: saturação de base.

Fonte: Da autora (2022).

Considerando a interação cultivares versus locais de coleta, o teste de agrupamento aplicado não foi capaz de diferenciar as médias para os variáveis índices de diversidade de Shannon e Simpson, equitabilidade, SF, PSF, PPF e BCF (TABELA 5). As maiores abundâncias foram observadas nos tratamentos Catiguá MG2, na linha e entrelinha do cafeeiro (TABELA 5). Já a riqueza de espécies e população de fungos não identificados (micélio estéril) foram maiores nos tratamentos cultivares Paraíso MG H 419-1 e Catiguá MG2 e na linha de plantio do cafeeiro.

Adicionalmente, foram realizadas análises dos componentes principais considerando os atributos químicos, índices de diversidade e produtividade (FIGURA 3). Os dois primeiros componentes principais explicaram 52,26% da variabilidade dos dados. Os atributos mais fortemente associados aos locais de coleta e cultivares foram (em ordem decrescente) S, P, riqueza, Zn, Mn, micélio estéril, V, T, pH, índice de Shannon e Ca. Fe e cobre apresentaram forte correlação negativa.

Figura 3 - Análise de componentes principais em lavouras cafeeiras compostas diferentes cultivares e locais de coleta, considerando os atributos químicos e microbiológicos.



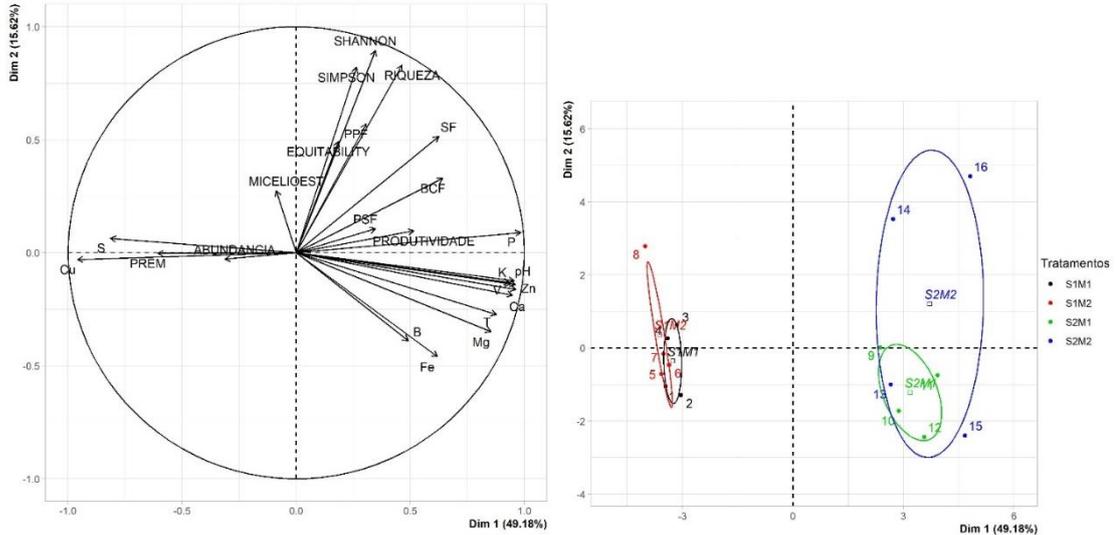
C1L1: cultivar Paraíso MG H419-1 e coleta na linha de plantio; C1L2: cultivar Paraíso MG H419-1 e coleta na entrelinha; C2L1: cultivar Catiguá MG2 e coleta na linha de plantio; C2L2: cultivar Catiguá MG2 e coleta na entrelinha.

Fonte: Da autora (2022).

Na Tabela 6 são apresentados os resultados da análise de variância para a interação sistemas de produção *versus* manejos, foram observadas apenas efeito significativo para os grupos funcionais SF e BCF. No sistema orgânico, a presença e ausência da sementeira de plantas de cobertura apresentaram as maiores populações.

Para verificar a existência de relação entre os sistemas de produção orgânica e convencional, na presença e ausência da sementeira de plantas de cobertura, foram obtidas as estimativas de correlação entre as variáveis avaliadas (FIGURA 4). Observa-se que os dois primeiros componentes principais representam 65,10% e possibilitaram a separação dos sistemas de produção. O sistema de produção orgânico na presença e ausência das plantas de cobertura, apresentaram as maiores estimativas para as variáveis P, Mn, Zn, pH, Ca, V, K, T, Mg, índice de Shannon, riqueza e índice de Simpson.

Figura 4 - Análise de componentes principais em lavouras cafeeiras sob sistema de produção orgânica e convencional, na presença e ausência da sementeira de plantas de cobertura, considerando os atributos químicos, índices de diversidade e produtividade.



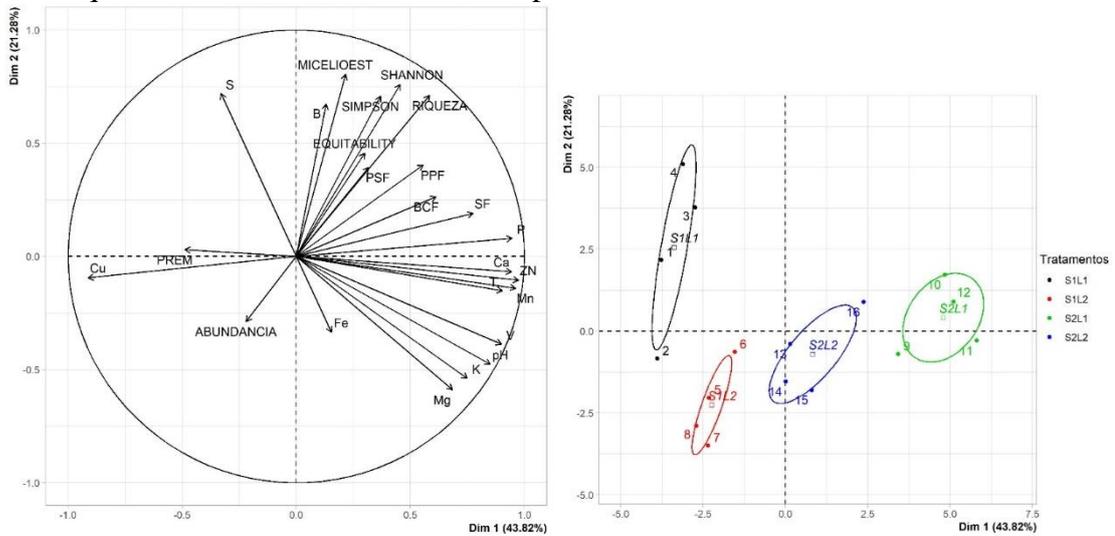
S1M1: sistema convencional na presença da sementeira de plantas de cobertura; S1M2: sistema convencional na ausência da sementeira de plantas de cobertura; S2M1: sistema orgânico na presença da sementeira de plantas de cobertura; S2M2: sistema orgânico na ausência da sementeira de plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Quando se considera a interação sistemas de produção versus locais de coleta (TABELA 7), os grupos funcionais SF, PPF e micélio estéril apresentaram diferença estatística. Para o grupo SF em sistema orgânico e o local de coleta na linha de plantio do cafeeiro, PPF em sistema orgânico, linha e entrelinha e micélio estéril em sistema convencional, orgânico e na linha de plantio apresentaram as maiores populações (TABELA 7).

Houve diferenciação dos sistemas de produção e locais de coleta, linha e entrelinha, quanto ao PCA (FIGURA 5). Os dois primeiros componentes representam 65,10% da variabilidade dos dados. Os teores de Zn, Mn, P, Ca, S, K, T, V, pH, SF, micélio estéril, riqueza, índice de Shannon e Simpson permitiram distinguir os dois sistemas independente do local de coleta adotado, com destaque para o sistema de produção orgânico que foi fortemente correlacionado com estes atributos.

Figura 5 - Análise de componentes principais em lavouras cafeeiras sob sistema de produção orgânica e convencional em diferentes locais de coleta, considerando os atributos químicos, índices de diversidade e produtividade.



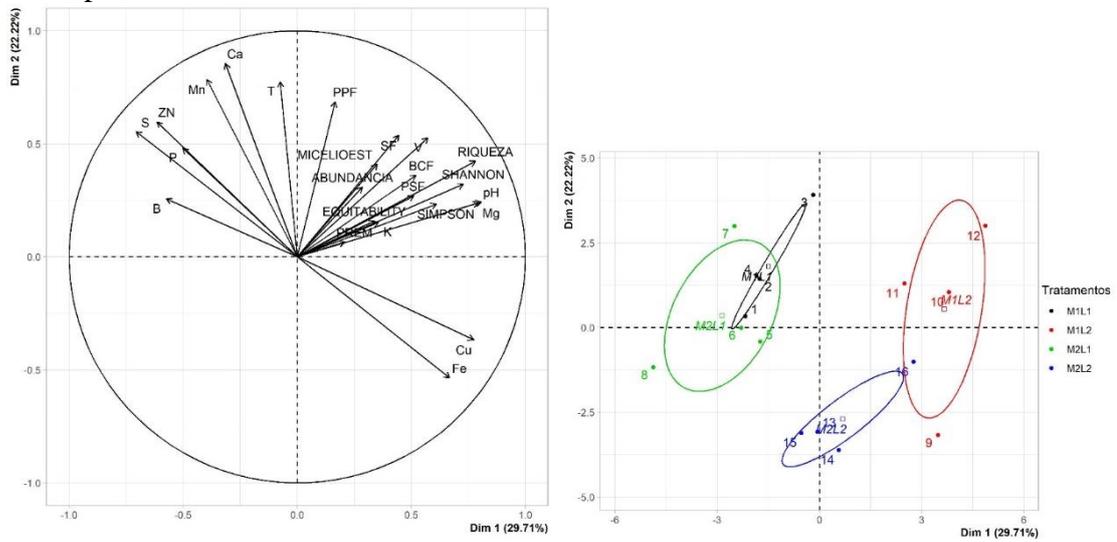
S1L1: sistema convencional na linha de plantio; S1L2: sistema convencional na entrelinha de plantio; S2L1: sistema orgânico na linha de plantio; S2L2: sistema orgânico na entrelinha de plantio.

Fonte: Da autora (2022).

Considerando a interação manejo *versus* locais, o teste de agrupamento aplicado não diferenciou as médias para as variáveis abundância, índices de diversidade de Shannon e Simpson, equitabilidade, PPF, BCF e micélio (TABELA 8). Entretanto, foi observada interação significativa para o grupo PSF (TABELA 8). A maior riqueza e populações dos fungos pertencentes aos grupos SF e micélio estéril foram observadas na presença e ausência da semeadura de plantas de cobertura e na linha de plantio do cafeeiro.

Não houve diferenciação dos manejos e locais de coleta quanto ao PCA (FIGURA 6). Os dois primeiros componentes representam 51,93% da variabilidade dos dados. Entretanto, os atributos químicos Ca, Mn, T, Mg, Cu, pH, riqueza e índice de Shannon foram os que apresentaram maior importância.

Figura 6 - Análise de componentes principais em lavouras cafeeiras sob diferentes manejos e locais de coleta, considerando os atributos químicos, índices de diversidade e produtividade.



M1L1: com plantas de cobertura e na linha; M1L2: com plantas de cobertura e na entrelinha; M2L1: sem plantas de cobertura e na linha; M2L2: sem plantas de cobertura e na entrelinha.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 3 - Médias para abundância, riqueza, índices de Shannon e Simpson, equitabilidade e grupos funcionais de fungos filamentosos do solo, influenciados pelas cultivares e sistemas de produção do cafeeiro.

Tratamentos	Abundância	Riqueza	Shannon	Simpson	Equitabilidade	SF	PSF	PPF	BCF	Micélio estéril
Paraíso MG H419-1	160,94 b	2,57 a	1,94 a	1,70 a	1,86 a	2,38 a	2,01 a	1,42 a	1,88 a	1,42 a
Catiguá MG2	254,43 a	2,78 a	1,99 a	1,74 a	1,91 a	2,44 a	1,97 a	1,39 a	1,72 a	1,30 a
Convencional	234,37 a	2,66 a	1,92 a	1,70 a	1,87 a	2,60 a	1,88 a	1,25 a	1,55 b	1,36 a
Orgânico	181,00 a	2,87 a	2,00 a	1,74 a	1,90 a	2,23 b	2,10 a	1,56 a	2,05 a	1,36 a
CV %	39,68	8,22	6,2	4,69	5,22	12,1	22,11	21,09	19,96	21,19

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada fonte de variação, pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 4 - Médias para Abundância, riqueza, índices de Shannon e Simpson, Equitabilidade e grupos funcionais de fungos filamentosos do solo, influenciados pelas cultivares e manejos adotados em lavouras cafeeiras.

Tratamentos	Abundância	Riqueza	Shannon	Simpson	Equitabilidade	SF	PSF	PPF	BCF	Micélio estéril
Paraíso MG H419-1	161,38 a	2,74 a	1,93 a	1,70 a	1,86 a	2,40 a	1,03 a	1,39 a	1,95 a	1,43 a
Catiguá MG2	254,88 a	2,78 a	1,99 a	1,74 a	1,91 a	2,45 a	0,93 a	1,39 a	1,73 a	1,29 a
Com plantas de cobertura	201,11 a	2,67 a	1,91 a	1,69 a	1,88 a	2,39 a	0,89 a	1,39 a	1,75 a	1,40 a
Sem plantas de cobertura	215,16 a	2,85 a	2,01 a	1,75 a	1,90 a	2,45 a	1,06 a	1,39 a	1,93 a	1,32 a
CV %	40,39	10,6	8,59	6,42	6,38	14,24	28,64	26,15	18,78	24,95

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada fonte de variação, pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 5 - Médias para Abundância, riqueza, índices de Shannon e Simpson, Equitabilidade e grupos funcionais de fungos filamentosos do solo, influenciados pelas cultivares e locais de coleta do solo em lavouras cafeeiras.

Tratamentos	Abundância	Riqueza	Shannon	Simpson	Equitabilidade	SF	PSF	PPF	BCF	Micélio estéril
Paraíso MG H419-1	162,22 b	3,11 a	1,93 a	1,70 a	1,86 a	2,38 a	2,06 a	1,39 a	1,81 a	1,35 a
Catiguá MG2	261,29 a	3,22 a	1,99 a	1,74 a	1,92 a	2,44 a	1,97 a	1,39 a	1,82 a	1,30 a
Linha	215,84 a	3,70 a	2,03 a	1,75 a	1,89 a	2,56 a	2,05 a	1,50 a	1,91 a	1,56 a
Entrelinha	207,67 a	2,63 b	1,89 a	1,69 a	1,88 a	2,25 a	1,98 a	1,27 a	1,73 a	1,08 b
CV %	25,62	24,65	7,66	6,33	6,22	16,24	17,95	25,09	17,61	17,3

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada fonte de variação, pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 6 - Médias para Abundância, riqueza, índices de Shannon e Simpson, Equitabilidade e grupos funcionais de fungos filamentosos do solo, influenciados pelos sistemas de produção e manejos adotados em lavouras cafeeiras.

Tratamentos	Abundância	Riqueza	Shannon	Simpson	Equitabilidade	SF	PSF	PPF	BCF	Micélio estéril
Convencional	234,37 a	2,66 a	1,93 a	1,71 a	1,88 a	2,23 b	1,94 a	1,25 a	1,55 b	1,40 a
Orgânico	180,89 a	2,87 a	2,00 a	1,74 a	1,91 a	2,60 a	2,10 a	1,47 a	2,07 a	1,32 a
Com plantas de cobertura	207,47 a	2,68 a	1,91 a	1,70 a	1,88 a	2,40 a	1,93 a	1,38 a	1,69 a	1,40 a
Sem plantas de cobertura	207,79 a	2,85 a	2,01 a	1,75 a	1,91 a	2,44 a	2,11 a	1,34 a	1,93 a	1,32 a
CV %	48	8,02	5,62	3,96	4,45	9,71	13,65	30,71	16,76	26,17

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada fonte de variação, pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 7 - Médias para Abundância, riqueza, índices de Shannon e Simpson, Equitabilidade e grupos funcionais de fungos filamentosos do solo, influenciados pelos sistemas de produção e locais de coleta de solo em lavouras cafeeiras.

Tratamentos	Abundância	Riqueza	Shannon	Simpson	Equitabilidade	SF	PSF	PPF	BCF	Micélio estéril
Convencional	237,58 a	2,65 a	1,90 a	1,69 a	1,87 a	2,23 b	1,89 a	1,25 b	1,60 a	1,32 a
Orgânico	185,33 a	2,86 a	2,00 a	1,74 a	1,91 a	2,58 a	2,11 a	1,55 a	1,96 a	1,36 a
Linha	218,63 a	2,90 a	2,02 a	1,75 a	1,89 a	2,56 a	2,09 a	1,52 a	1,92 a	1,59 a
Entrelinha	204,28 a	2,61 a	1,89 a	1,69 a	1,89 a	2,26 b	1,91 a	1,27 a	1,64 a	1,08 b
CV %	39,99	10,11	9,15	6,66	5,41	9,47	17,48	18,84	24,09	14,28

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada fonte de variação, pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 8 - Médias para abundância, riqueza, índices de Shannon e Simpson, Equitabilidade e grupos funcionais de fungos filamentosos do solo, influenciados pelos sistemas de produção e locais de coleta de solo em lavouras cafeeiras.

Tratamentos	Abundância	Riqueza	Shannon	Simpson	Equitabilidade	SF	PPF	BCF	Micélio estéril	PSF		
Com plantas de cobertura	207,14 a	2,67 a	1,91 a	1,69 a	1,87 a	2,39 a	1,42 a	1,71 a	1,32 a	Local de coleta		
Sem plantas de cobertura	217,99 a	2,85 a	2,01 a	1,75 a	1,90 a	2,45 a	1,34 a	1,92 a	1,32 a	Manejos		
Linha	217,73 a	2,91 a	2,02 a	1,75 a	1,89 a	2,59 a	1,49 a	1,96 a	1,55 a	Com plantas de cobertura	1,92 Ab	1,99 Aa
Entrelinha	207,39 a	2,61 b	1,89 a	1,69 a	1,88 a	2,26 b	1,27 a	1,67 a	1,08 b	Sem plantas de cobertura	2,24 Aa	1,99 Ba
CV %	35,87	7,19	7,3	6,1	6,39	10,28	24,1	21,92	19,99	6,76		

Letras minúsculas indicam a comparação entre cultivares dentro de um mesmo sistema de produção e letras maiúsculas correspondem à comparação do mesmo cultivar em diferentes sistemas de produção. Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Da autoras (2022).

4 DISCUSSÃO

A cobertura do solo através dos resíduos vegetais e sistemas de produção afetaram a estrutura da comunidade de fungos do solo em lavouras cafeeiras. Lavouras cafeeiras apresentam-se como ambientes altamente dinâmicos nas quais as práticas de manejo, bem como a utilização de insumos influenciam a presença, atividade e interações dos fungos do solo (CAMPOS *et al.*, 2016; VAN AGTMAAL *et al.*, 2017). Todos os gêneros identificados são habitantes comumente encontrados no solo (DOMSCH; GAMS; ANDERSON, 1993), os mais frequentes foram: *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Talaromyces*, *Purpureocillium* e *Rhizopus*.

Aspergillus e *Penicillium* foram os gêneros mais abundantes e ocorreram em todos os sistemas de produção, manejos e locais de coleta. Diversos autores ao avaliarem a diversidade de fungos filamentosos em diferentes sistemas de produção, encontraram predominância destes gêneros (OLIVEIRA *et al.*, 2013; SCOTTON *et al.*, 2018; PIETERSE *et al.*, 2020; Arévalo-Gardini *et al.*, 2020), assim como observado no presente estudo.

O gênero *Aspergillus* é considerado um fungo saprófito, ou seja, atua degradando resíduos de culturas e pode ainda apresentar potencial contaminante (MARTINS *et al.*, 2015). Já o gênero *Fusarium* é caracterizado por grande número de espécies patogênicas, comumente produtoras de toxinas (MA *et al.*, 2013). Os gêneros *Penicillium* e *Talaromyces* são pertencentes a ordem Eurotiales e apresentam uma grande diversidade genética para produção de metabólitos secundários quando comparados a outros fungos e atuam também na deterioração de matéria orgânica (WRIGHT, 2011; HOUBRAKEN *et al.*, 2014, 2020).

O gênero *Purpureocillium* (anteriormente *Paecilomyces*) é um fungo endofítico (LUANGSA-ARD *et al.*, 2011), ou seja, vivem endossimbioticamente com as plantas sem causar sintomas de doenças. Atuam como promotores de crescimento, melhoram a resistência a fatores bióticos e abióticos, e a absorção de nutrientes; são ainda agentes de biocontrole de nematoides (KHAN *et al.*, 2015; BARON *et al.*, 2019, 2020). Alguns estudos comprovam eficácia do gênero *Purpureocillium* no controle de nematoides, *Pratylenchus* sp e *Meloidogyne paranaensis* (KEPENEKCI *et al.*, 2018; ARITA *et al.*, 2020) e no ácaro rajado do cafeeiro (*Tetranychus urticae*) (CAVALCANTI *et al.*, 2008).

O gênero *Cladosporium* é cosmopolita e apresenta grande diversidade de estilos de vida, desde saprotroficos, endofíticos, agentes de biocontrole e fitopatogênicos (BENSCH *et al.*, 2015). Apresentam diferentes moléculas bioativas com atividades antibacterianas e antifúngicas

(PIETERSE *et al.*, 2020), que atuam na defesa das plantas no controle de fitopatógenos (VENKATESWARULU *et al.*, 2018).

Observou-se a ocorrência do gênero *Rhizopus*, classificado como PPF (fungo fitopatogênico) apenas no primeiro ano de coleta, o que pode ser justificado pelo aumento de fungos dos grupos de biocontrole e saprofíticos ao longo dos dois anos de coleta, que provavelmente controlam a população do patógeno (ARÉVALO-GARDINI *et al.*, 2020; CLOCCHIATTI *et al.*, 2019). Sabe-se que fungos saprotróficos antagônicos podem reduzir a sobrevivência de patógenos fúngicos do solo, devido sua possível interação competitiva durante a colonização de resíduos culturais e matéria orgânica (VAN AGTMAAL *et al.*, 2017).

Dentre os fungos de controle biológico, o mais frequente encontrado no presente estudo foi o *Trichoderma*, o qual é caracterizado como um oportunista secundário, de rápido crescimento e importante produtor de antibióticos e enzimas (VINALE *et al.*, 2008). Os principais mecanismos de ação são o micoparasitismo, antagonismo e antibiose (RAMÍREZ-VALDESPINO *et al.*, 2019). A associação deste fungo com as plantas é benéfica, uma vez que melhora o crescimento e a produção, a absorção de nutrientes e confere ainda maior resistência aos estresses bióticos e abióticos (KASHYAP *et al.*, 2017). No Brasil, já existem produtos registrados e comercializados à base de *Trichoderma* utilizados para controle de nematoide das lesões (*Pratylenchus brachyurus*) e Rhizoctonia em mudas de cafeeiro (*Rhizoctonia* spp) (BETTIOL *et al.*, 2019; RODRÍGUEZ *et al.*, 2021).

Um fato interessante foi a ocorrência isolada dos gêneros *Beauveria* e *Phopalomyces* apenas em sistema de produção orgânica, ambos são classificados como BCF. Sabe-se que o gênero *Phopalomyces* atua como parasita de ovos de nematoides (ELLIS; HESSELTINE, 1962), entretanto, não é relatado na cultura do café. Já a *Beauveria* é um fungo entomopatógeno/endófito comumente utilizado no controle de artrópodes (AMOBONYE *et al.*, 2020), podendo ficar até oito meses no café quando inoculado (POSADA *et al.*, 2007). Na cultura do café é utilizado para controle de broca (*Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) (MANTILLA *et al.*, 2012) e *Monalonion velezangeli* (Hemiptera: Miridae), especialmente na Colômbia (GÓNGORA *et al.*, 2020). Já sob sistema de produção convencional, o gênero *Phialomyces* ocorreu isoladamente neste sistema e o mesmo tem sido considerado como um agente biológico para o controle de antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), podendo reduzir a gravidade da doença em até 41% (RODRÍGUEZ *et al.*, 2016).

Diversos estudos comprovam o efeito benéfico das plantas de cobertura na diversidade de fungos filamentosos (SCHMIDT; MITCHELL; SCOW, 2018a), na maior abundância de

fungos micorrízicos arbusculares, favorecimento de fungos de rápido crescimento (SCHMIDT *et al.*, 2018b) e podem ainda reduzir a incidência de fungos patogênicos (SHARMA-POUDYAL *et al.*, 2017). A diversidade e função de fungos filamentosos impulsionada pelas plantas de cobertura pode ser explicada pelo aporte de diferentes exsudatos e fontes de carbono orgânico (SCHMIDT; MITCHELL; SCOW, 2018a), entretanto, não foi observado efeito direto das plantas de cobertura no presente estudo.

Outro fato observado foi a menor população e diversidade de PPF e BCF em sistema convencional. O que pode ser explicado pelo manejo adotado, que é caracterizado pelo uso de máquinas, adições de fertilizantes químicos e monocultura, que podem acarretar em perturbações na comunidade das plantas e microbiota do solo. Assim como já foi relatado para outros grupos funcionais e efeito negativo dos agroquímicos na comunidade fúngica (PUGLISI, 2012; HOUSE; BEVER, 2018; DELAVALAUX *et al.*, 2020).

Também foi observado que o sistema convencional apresentou menores populações de fungos saprotróficos. Uma menor biomassa de SF é relatada em sistema de produção convencional e é fortemente atribuída ao manejo com uso de fertilizantes químicos e defensivos químicos (SCOTTI *et al.*, 2015). Entretanto, Clocchiatti *et al.* (2019) reforçam que os SF podem ser estimulados em solos manejados convencionalmente através do aporte de resíduos vegetais e orgânicos aliado a diversificação de plantas, isso porque os fungos saprotróficos tornam-se ativos especialmente na fase de crescimento radicular das plantas (HANNULA *et al.*, 2012).

De modo geral, os atributos SF, BCF, PPF, micélio estéril, Zn, Mn, Mg, P, Ca, S, K, T, V, pH, riqueza, índice de Shannon e Simpson exibiram maior capacidade de discriminar os sistemas de produção, manejo e locais de coleta. Tedersoo *et al.* (2020) também observaram efeito do pH, Ca e Mg sobre a riqueza dos fungos e no índice de Shannon. Hartmann *et al.* (2015) verificaram que o P e Mg alteraram a abundância de fungos em sistema orgânico e convencional.

Sabe-se que os fungos respondem às propriedades edáficas e a mudanças no clima (THOMSON *et al.*, 2015; VAN AGTMAAL *et al.*, 2017). Porém, até o momento, poucos estudos abordaram fatores e atributos, como características químicas e físicas do solo, manejos e sistemas de produção atuando simultaneamente e seus efeitos sobre a diversidade fúngica.

Dentre os atributos químicos, o pH, P, Ca, teor de matéria orgânica e carbono orgânico do solo são considerados os fatores mais importantes para explicar as diferenças nas comunidades de fungos filamentosos (FAORO *et al.*, 2010; CHAPARRO *et al.*, 2012; JI *et al.*, 2020). De acordo com Tedersoo *et al.* (2020) o pH do solo determina a solubilidade de minerais

contendo P e cátions e, portanto, levando a disponibilidade desses nutrientes para as plantas e microrganismos.

Com o aumento no aporte de matéria orgânica e resíduos vegetais, o pH do solo tende a aumentar, diminuindo a acidificação do solo e levando a um aumento na riqueza dos fungos (JI *et al.*, 2020). Em contrapartida, VETROVSKY *et al.* (2019) e JI *et al.* (2020) observaram influência mais fraca do pH sobre a composição da comunidade fúngica, o efeito do pH do solo está relacionado especialmente a capacidade fisiológica dos fungos em tolerar altos íons H^+ ou OH^- . Deste modo, é de suma importância o uso de valores pré determinados e consistentes para os diferentes gêneros de fungos.

Sabe-se que a infecção de fungos patogênicos é impulsionada pelo pH do solo (VAN AGTMAAL *et al.*, 2017). As maiores populações de PPF foram encontrados em sistema de produção orgânica, na linha de plantio e entrelinha do cafeeiro. O pH mais alto em sistema orgânico pode ser resultado da decomposição microbiana dos resíduos depositados na cobertura do solo (PELTONIEMI *et al.*, 2021) e pelo constante aporte de P via aplicação de fosfato de rocha e também pela ausência do uso de fertilizantes minerais solúveis (VON ARB *et al.*, 2020).

Os resultados desse estudo evidenciam a relação existente entre os sistemas de produção e a diversidade de fungos filamentosos do solo em lavouras cafeeiras, as quais podem apresentar divergências dependendo do grupo funcional e local de coleta. Não foram observados indícios de benefícios diretos das plantas de cobertura semeadas sob a microbiota fúngica no período de estudo. Assim, novos estudos devem ser conduzidos visando compreender melhor as alterações e efeitos da semeadura de plantas de cobertura na entrelinha do cafeeiro, considerando, principalmente, o modo de disponibilização via cobertura morta ou incorporação no solo, para que correlações mais precisas possam ser estabelecidas. O entendimento desses processos pode contribuir para a definição das técnicas de manejo regenerativas, sejam no sistema orgânico ou convencional, uma vez que há tendência mundial da preservação da biologia do solo e de ampliação do uso de bioprodutos na agricultura.

5 CONCLUSÕES

Os sistemas de produção e locais de coleta afetaram a maioria dos atributos químicos, ecológicos e grupos funcionais.

Os gêneros predominantes foram *Aspergillus* e *Penicillium*.

Os grupos funcionais predominantes foram fungos saprotróficos (SF), de controle biológico (BCF) e facultativos (PSF).

Os atributos químicos do solo, capacidade de troca catiônica, saturação por bases, pH, Zn, Mn, Mg, P, Ca, S e K estão relacionados a maior diversidade fúngica.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L. M.; PFENNING, L.H. Diversidade de microfungos em solos tropicais. *In*: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros**, Lavras: UFLA, 2018. p. 445-482.
- ARÉVALO-GARDINI, E.; CANTO, M.; ALEGRE, J.; ARÉVALO-HERNÁNDEZ, C. O.; LOLI, O.; JULCA, A.; BALIGAR, V. Cacao agroforestry management systems effects on soil fungi diversity in the Peruvian Amazon. **Ecological Indicators**, [S.l.], v.115, p. 06404, 2020.
- ARITA, L.Y.; DA SILVA, AS.; MACHADO, A.C.Z. Efficacy of chemical and biological nematicides in the management of *Meloidogyne paranaensis* in *Coffea arabica*. **Crop Protection**, [S.l.], v.131, p. 105099, 2020.
- AYODEJI, A.; BHAGWAT, P.; PANDEY, A.; SINGH, S.; SANTHOS, H. Pillai Biotechnological potential of *Beauveria bassiana* as a source of novel biocatalysts and metabolites, *Critical Reviews in Biotechnology*, 40:7, 1019-1034. (2020)
- BARON, N. C.; AD, S. P.; RIGOBELLO, E. C. *Purpureocillium lilacinum* and *Metarhizium marquandii* as plant growth-promoting fungi. **PeerJ**. [S.l.], v. 8, p. e9005, 2020.
- BARON, N.C.; RIGOBELLO, E.C.; ZIED, D. C. Filamentous fungi in biological control: current status and future perspectives. **Chilean Journal of Agricultural Research**, [S.l.], v. 79, n. 2, p. 307-315, 2019.
- BENSCH, K.; GROENEWALD, J.Z.; BRAUN, U.; DIJKSTERHUIS, J.; YÁÑEZMORALES, M.J.; CROUS, P.W. Common but different: The expanding realm of *Cladosporium*. **Stud Mycol.**, [S.l.], v. 82, p. 23-74, 2015.
- BETTIOL, W.; SILVA, J.C.; CASTRO, M.L.M.P. Uso atual e perspectivas do *Trichoderma* no Brasil. *In*: MEYER, M.C.; MAZARO, S.M.; SILVA, J.C. **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília: Embrapa, 2019. p. 21-43.
- BONANOMI, G.; DE FILIPPIS, F.; ZOTTI, M.; IDBELLA, M.; CESARANO, G.; AL-ROWAILY, S.; ABD-ELGAWAD, A. Repeated applications of organic amendments promote beneficial microbiota, improve soil fertility and increase crop yield. *Applied Soil Ecology*, [S.l.], v.156, p. 103714, 2020.
- CAMPOS, S. B.; LISBOA, B.B.; CAMARGO, F.A.O.; BAYER, C. A.; SCZYRBA, P. DIRKSEN, A. ALBERSMEIER, J. KALINOWSKI, A. BENEDUZI, P. B C. Soil suppressiveness and its relations with the microbial community in a Brazilian subtropical agroecosystem under different management systems *Soil Biol. Biochem.*, [S.l.], v. 96, p. 191-197, 2016.
- CAVALCANTI, R.S.; REIS, P.R.; JUNIOR, A.M.; ALTOÉ, B.F.; FRANCO, R.A.; DE CARVALHO, T.M.B. Pathogenicity of entomopathogenic fungi on three species of coffee plant mites. **Coffee Science**, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 68–75, 2008.

CHAPARRO, J.M.; SHEFLIN, A.M.; MANTER, D.K. *et al.* Manipulating the soil microbiome to increase soil health and plant fertility. **Biol Fertil Soils**, [S.l.], v. 48, p. 489–499, 2012.

CLARK F. E.; “Agar-Plate Method for Total Microbial Count.” *In*: BLACK, C. A. D. D.; EVANS, J. L.; WHITE, L. E.; ENSMINGER, F. E.; Clark, F. E.; DINAVER R. C. (Eds). **Methods of Soil Analysis, Part 2**. Chemical and Microbiological Properties, Madson, New York, 1965, p. 1460-1466.

CLOCCHIATTI, A.; HANNULA, S. E.; VAN DEN BERG, M.; KORTHALS, G.; DE BOER, W. The hidden potential of saprotrophic fungi in arable soil: Patterns of short-term stimulation by organic amendments. **Applied Soil Ecology**, [S.l.], p. 103-434, 2019.

DELAVAUX, C.; SCHEMANSKI, J.; HOUSE, G.; TIPTON, A.; SIKES, B.; BEVER, J. Root pathogen diversity and composition varies with climate in undisturbed grasslands, but less so in anthropogenically disturbed grasslands. **The ISME Jornal**, [S.l.], v. 15, n. 1, p. 304-317, 2020.

DEVEAU, A.; BONITO, G.; UEHLING, J.; PAOLETTI, M.; BECKER, M.; BINDSCHIEDLER, S.; WICK, L. Y. Bacterial–fungal interactions: ecology, mechanisms and challenges. **FEMS Microbiology Reviews**, [S.l.], v. 42, p. 3, p. 335–352, 2018.

DOMSCH, K. H.; GAMS, W.; ANDERSON, T. H. **Compendium of soil fungi**. 2nd ed. Eching: IHW-Verlag, 1993. v. 1.

EILENBERG, J.; HOKKANEN, H. M. T. **An Ecological and Societal Approach to Biological Control**. Netherlands, Dordrecht: Springer, 2006.

ELLIS, J.J.; HESSELTINE, C.W. Rhopalomyces and Spinellus in pure culture and the parasitism of Phopalomyces on nematode eggs. **Nature**, [S.l.], v. 193, p. 699-700, 1962.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

FAORO, H.; ALVES, A.C.; SOUZA, E. M.; RIGO, L.U.; CRUZ, L.M.; AL-JANABI, S.M.; MONTEIRO, R.A.; BAURA, V.A.; PEDROSA, F.O. Influence of Soil Characteristics on the Diversity of Bacteria in The Southern Brazilian Atlantic Forest. **App Environ Microb.**, [S.l.], v. 76, p. 4744-4749, 2010.

FORJÁN, H.; MANSO, L. La secuencia de cultivos. *In*: FORJÁN, H.; MANSO, L. (Eds.). **Rotaciones y secuencias de cultivos en la región mixta cerealera del centro sur bonaerense**. Argentina: INTA, 2012. p. 25–34.

GAGGINI, L.; RUSTERHOLZ, H.-P.; BAUR, B. The annual invasive plant *Impatiens glandulifera* reduces hyphal biomass of soil fungi in deciduous forests. **Fungal Ecology**, [S.l.], v. 39, 242–249, 2019.

GAO, L.; SUN, M. H.; LIU, X. Z.; CHE, Y. S. Effects of carbon concentration and carbon to nitrogen ratio on the growth and sporulation of several biocontrol fungi. **Mycological Research**, [S.l.], v. 111, n. 1, p. 87–92, 2007.

GÓNGORA, C. E.; LAITON-J., L. A.; GIL, Z. N.; BENAVIDES, P. Evaluation of *Beauveria bassiana* for *Monalonion velezangeli* (Hemiptera: Miridae) control in coffee crop. **Revista Colombiana de Entomología**, [S.l.], v. 46, n. 1, p. e7685, 2020.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, Espanha, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 9, 2001.

HANNULA, S.E.; BOSCHKER, H.T.S.; DE BOER, W.; VAN VEEN, J.A. 13C pulse-labeling assessment of the community structure of active fungi in the rhizosphere of a genetically starch-modified potato (*Solanum tuberosum*) cultivar and its parental isolate. **New Phytol.**, [S.l.], v. 194, 784–799. 2012.

HARMAN, G. E.; DONI, F.; KHADKA, R. B.; UPHOFF, N. Endophytic strains of *Trichoderma* increase plants' photosynthetic capability. **J Appl Microbiol.**, [S.l.], v. 130, n. 2, p. 529-546, 2021.

HARTMANN, M.; FREY, B.; MAYER, J. *et al.* Diversidade microbiana distinta do solo sob cultivo orgânico e convencional de longo prazo. **ISME J** 9, [S.l.], p. 1177–1194, 2015.

HOEFT, R. G.; WALSH, L. M.; KEENEY, D. R. Evaluation of various extractants for available soil sulfur. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** [S.l.], v. 37, p. 401-404, 1973.

HOUBRAKEN, J.; DE VRIES, R. P.; SAMSON, R. A. Modern taxonomy of biotechnologically important *Aspergillus* and *Penicillium* species. **Advances in applied microbiology**, [S.l.], v. 86, p. 199-249, 2014.

HOUBRAKEN, J.; KOCSUBÉ, S.; VISAGIE, C. M.; YILMAZ, N.; WANG, X. C.; MEIJER, M.; FRISVAD, J. C. Classification of *Aspergillus*, *Penicillium*, *Talaromyces* and related genera (Eurotiales): An overview of families, genera, subgenera, sections, series and species. **Studies in Mycology**, [S.l.], v. 95, n. 5, p. 169, 2020.

HOUSE, G.L.; BEVER, J.D. Disturbance reduces the differentiation of mycorrhizal fungal communities in grasslands along a precipitation gradient. **Ecol Appl.**, [S.l.], v. 28 p. 736-48, 2018

HUSSON, F.; VAISSIE, P.; MONGE, A. **Perform Factorial Analysis from 'FactoMineR' with a Shiny Application**. Package 'Factoshiny', 2018.

JI, L.; NI, K.; WU, Z. *et al.* Effect of organic substitution rates on soil quality and fungal community composition in a tea plantation with long-term fertilization. **Biol Fertil Soils**, [S.l.], v. 56, 633-646, 2020.

KASHYAP, P.L.; RAI, P.; SRIVASTAVA, A.K. *et al.* *Trichoderma* for climate resilient agriculture. **World J Microbiol Biotechnol**, [S.l.], v. 33, p. 155, 2017.

KEPENEKCI, İ.; TOKTAY, H.; OKSAL, E.; BUZBOĞA, R.; İMREN, M. Effect of *Purpureocillium lilacinum* on root lesion nematode, *Pratylenchus thornei*. **Journal of Agricultural Sciences**, [S.l.], v. 24, n. 3, p. 323-328, 2018.

KHAN, A. L.; HUSSAIN, J.; AL-HARRASI, A.; AL-RAWAHI, A.; LEE, I. J. Endophytic fungi: resource for gibberellins and crop abiotic stress resistance. **Critical Reviews in Biotechnology**, [S.l.], v. 35, p. 1, p. 62-74, 2015.

Klich, M. A. Identification of common *Aspergillus* species. Utrecht: CBS, 2002. 116 p.

KOROSI, G. A., WILSON, B. A. L., POWELL, K. S., ASH, G. J., REINEKE, A., SAVOCCHIA, S. Occurrence and diversity of entomopathogenic fungi (*Beauveria* spp. and *Metarhizium* spp.) in Australian vineyard soils. **Journal of Invertebrate Pathology**, [S.l.], v. 164, p. 69-77, June 2019.

LACEY, L. A.; GRZYWACZ, D.; SHAPIRO-ILAN, D. I.; FRUTOS, R.; BROWNBRIDGE, M.; GOETTEL, M. S. Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. **Journal of Invertebrate Pathology**, [S.l.], v. 132, 1-41, 2015.

LAMBSHEAD, P.J.D.; PLATT, H.M.; SHAW, K.M. Detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. **J. Nat. Hist.**, [S.l.], v. 17, p. 859-874, 1983.

LENNON, J.T.; S.E. JONES. Microbial seed banks: the ecological and evolutionary implications of dormancy. **Nat. Rev. Microbiol.**, [S.l.], v. 9, p. 119-130, 2011.

LUANGSA-ARD J.J.; HYWEL-JONES, N.L.; SAMSON, R.A. The polyphyletic nature of *Paecilomyces* sensu lato based on 18S-generated rDNA phylogeny. **Mycologia**, [S.l.], v. 96, n. 4, p. 773-780, 2017.

MA, L.-J.; GEISER, D. M.; PROCTOR, R. H.; ROONEY, A. P.; O'DONNELL, K.; TRAIL, F.; KAZAN, K. *Fusarium* Pathogenomics. Annual Review of Microbiology, [S.l.], v. 67, n. 1, p. 399-416, 2013.

MANICI, L. M.; CASTELLINI, M.; CAPUTO, F. Soil-inhabiting fungi can integrate soil physical indicators in multivariate analysis of Mediterranean agroecosystem dominated by old olive groves. **Ecological Indicators**, [S.l.], v. 106, p. 105490, 2019.

MANTILLA, J.G.; GALEANO, N.F.; GAITAN, A. L *et al.* Transcriptome analysis of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* grown on cuticular extracts of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). **Microbiology** (Reading, Engl.), [S.l.], v. 158, n 7, p. 1826–1842, 2012.

MARTINS, T. M.; HARTMANN, D. O.; PLANCHON, S.; MARTINS, I.; RENAUT, J.; PEREIRA, C. S. The old 3-oxoadipate pathway revisited: new insights in the catabolism of aromatics in the saprophytic fungus *Aspergillus nidulans*. **Fungal Genetics and Biology**, [S.l.], 74, 32-44, 2015

McLEAN, E. O. *et al.* Aluminium in soils: I. Extraction methods and magnitude clays in Ohio soils. **Soils Science Society of America Proceedings**, [S.l.], v. 22, n. 5, p. 382-387, 1958.

MEHLICH, A. **Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH₄, North Carolina Soil Testing Division**, Raleigh, NC, 1953.

- MEYLING, N. V.; EILENBERG, J. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: Potential for conservation biological control. **Biological Control**, [S.l.], v. 43, n. 2, p. 145-155, 2007.
- MEYLING, N. V.; THORUP-KRISTENSEN, K., EILENBERG, J). Below- and aboveground abundance and distribution of fungal entomopathogens in experimental conventional and organic cropping systems. **Biological Control**, [S.l.], v. 59, n. 2, p. 180-186, 2011.
- MOLINARI, S.; LEONETTI, P. Bio-control agents activate plant immune response and prime susceptible tomato against root-knot nematodes. **PLOS ONE**, [S.l.], v. 14, n. 12, p. e0213230, 2019.
- MORENO, M. V.; CASAS, C.; BIGANZOLI, F.; MANSO, L.; SILVESTRO, L. B.; MOREIRA, E.; STENGLER, S. A. Cultivable soil fungi community response to agricultural management and tillage system on temperate soil. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, [S.l.], v. 20, n. 4, p. 217-226, 2021.
- OLIVEIRA, L. G.; CAVALCANTI, M. A. Q.; FERNANDES, M. J. S.; LIMA, D. M. M. Diversity of filamentous fungi isolated from the soil in the semiarid area, Pernambuco, Brazil. **Journal of Arid Environments**, [S.l.], v. 95, p. 49-54, 2013.
- PELTONIEMI, K.; VELMALA, S.; FRITZE, H.; LEMOLA, R.; PENNANEN, T. Long-term impacts of organic and conventional farming on the soil microbiome in boreal arable soil, European. **Journal of Soil Biology**, [S.l.], v. 104, p. 103-314, 2021.
- PIETERSE, Z.; AVELING, T. A. S.; JACOBS, A.; COWAN, D. A. Diversity and seasonality of fungal communities in soil from the Succulent Karoo biodiversity hotspot, South Africa. **Journal of Arid Environments**, [S.l.], v. 172, n. 104, p. 20, 2020.
- PITT, J. I. **A laboratory guide to common *Penicillium* species**. Melbourne: Food Science Australia, 2000. 187 p.
- POSADA, F.; AIME, M.C.; PETERSON, S.W.; REHNER, S.A.; VEGA, F. E. Inoculation of coffee plants with the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales). **Mycol Res.**, [S.l.], v. 111, p. 748-757, 2007.
- PUGLISI, E. Response of microbial organisms (aquatic and terrestrial) to pesticides. **EFSA Supporting Publications**, [S.l.], v. 9, n. 11, 2012.
- RAMÍREZ-VALDESPINO, C. A.; CASAS-FLORES, S.; OLMEDO-MONFIL, V. Trichoderma as a Model to Study Effector-Like Molecules. **Frontiers in Microbiology**, [S.l.], v. 10, 2019.
- RAMOS, Y.; PORTAL, O.; LYSØE, E.; MEYLING, N. V.; KLINGEN, I. Diversity and abundance of *Beauveria bassiana* in soils, stink bugs and plant tissues of common bean from organic and conventional fields. **Journal of Invertebrate Pathology**, [S.l.], v. 150, p. 114-120, 2017.

- RODRÍGUEZ, G. A. A.; ABREU, M. S. de; PINTO, F. A. M. F.; MONTEIRO, A. C. A.; NÚÑEZ, A. M. P.; RESENDE, M. L. V. de; MEDEIROS, F. H. V. de. *Phialomyces macrosporus* decreases anthracnose severity on coffee seedlings by competition for nutrients and induced resistance. **Biological Control**, [S.l.], V. 103, P. 119-128. 2016.
- RODRÍGUEZ, M. DEL CARMEN H.; EVANS, H.C., DE ABREU, L.M. *et al.* New species and records of *Trichoderma* isolated as mycoparasites and endophytes from cultivated and wild coffee in Africa. **Sci Rep.**, [S.l.], V. 11, p. 56-71, 2021.
- SAMSON, R. A. *et al.* **Introduction to food-borne fungi**. 4th ed. Berlin: Centraalbureau Voor Schimmelcultures, 2000. 322 p.
- SCHMIDT, R.; GRAVUER, K.; BOSSANGE, A.V.; MITCHELL, J.; SCOW K. Long-term use of cover crops and no-till shift soil microbial community life strategies in agricultural soil. **PLoS One**, [S.l.], v. 13, p. e0192953, 2018b.
- SCHMIDT, R.; MITCHELL, J.; SCOW, K. Cover cropping and no-till increase diversity and symbiotroph: saprotroph ratios of soil fungal communities. **Soil Biology & Biochemistry**, [S.l.], v. 129, p.99-109, 2019.
- SCOTTI, R.; BONANOMI, G.; SCENZA, R.; ZOINA, A.; RAO, M.A. Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, [S.l.], v. 15, p. 333-352, 2015.
- SCOTTON, J. C.; HOMMA, S. K.; COSTA, W. L. F.; PINTO, D. F. P.; GOVONE, J. S.; ATTILI-ANGELIS, D. Transition management for organic agriculture under citrus cultivation favors fungal diversity in soil. **Renewable Agriculture and Food Systems**, [S.l.], p. 1–8, 2018.
- SHANNON, C.E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949. 125 p.
- SHARMA-POUDYAL, D.; SCHLATTER, D.; YIN, C.; HULBERT, S.; PAULITZ, T. Long-term no-till: a major driver of fungal communities in dryland wheat cropping systems. **PLoS One**, [S.l.], v. 12, p. e0184611, 2017.
- SHORESH, M.; HARMAN, G. E.; MASTOURI, F. Induced Systemic Resistance and Plant Responses to Fungal Biocontrol Agents. **Annual Review of Phytopathology**, [S.l.], v. 48, n. 1, p. 21-43, 2010.
- SILVA, R. N.; MONTEIRO, V. N.; STEINDORF, A. S.; GOMES, E. V.; NORONHA, E. F.; ULHOA, C. J. *Trichoderma*/pathogen/plant interaction in pre-harvest food security. **Fungal Biology**, [S.l.], v. 123, n. 8, p. 565-583, 2019.
- SILVESTRO, L.B.; BIGANZOLI, F.; STENGLEIN, S.A.; FORJAN, H.; MANSO, L.; MORENO, M.V. Mixed cropping regime promote the soil fungal community under zero tillage. *Anton van Leeuw. Int. J. G.*, [S.l.], v. 111, p. 1055-1064, 2018.
- SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, [S.l.], v. 163, n. 688, 1949.

TEDERSOO, L. *et al.* Regional-Scale In-Depth Analysis of Soil Fungal Diversity Reveals Strong pH and Plant Species Effects in Northern Europe. **Frontiers in Microbiology**, [S.l.], v. 11, n. 1953, 2020.

THIELE-BRUHN, S.; BLOEM, J.; DE VRIES, F. T.; KALBITZ, K.; WAGG, C. Linking soil biodiversity and agricultural soil management. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, [S.l.], v. 4, n. 5, p. 523–528, 2012.

THOMSON, B.C.; TISSERANT, E.; PLASSART, P.; UROZ, S.; GRIFFITHS, R.I.; HANNULA, S. E. *et al.* Soil conditions and land use intensification effects on soil microbial communities across a range of European field sites. **Soil Biol Biochem.**, [S.l.], v. 88, p. 403–413, 2015.

UZMAN, D.; PLIESTER, J.; LEYER, I.; ENTLING, M. H.; REINEKE, A. Drivers of entomopathogenic fungi presence in organic and conventional vineyard soils. **Applied Soil Ecology**, [S.l.], [S.v.], [S.n.], 2018.

VAN AGTMAAL, M.; STRAATHOF, A.; TERMORSHUIZEN, A.; TEURLINCX, S.; HUNDSCHIED, M.; RUYTERS, S. *et al.* Exploring the reservoir of potential fungal plant pathogens in agricultural soil. **Appl Soil Ecol.**, [S.l.], v. 121, 152-160, 2017.

VEGA, F. E.; GOETTEL, M. S.; BLACKWELL, M.; CHANDLER, D.; JACKSON, M. A.; KELLER, S.; ROY, H. E. Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. **Fungal Ecology**, [S.l.], v. 2, n. 4, p. 149-159, 2009.

VENKATESWARULU, M.S. P.V. *et al.* Isolation and characterization of plumbagin (5-hydroxyl- 2- methyl-naptalene-1,4-dione) producing endophytic fungi *Cladosporium delicatulum* from endemic medicinal plants. **Biotechnology Reports**, [S.l.], v. 20, p. e00282, 2018.

VETROVSKY, T.; KOHOUT, P.; KOPECKI, M.; MACHAC, A.; MAN, M.; BAHNMANN, B. D. *et al.* A meta-analysis of global fungal distribution reveals climate-driven patterns. **Nat. Commun.**, [S.l.], v. 10, p. 5142, 2019.

VINALE, F.; SIVASITHAMPARAM, K.; GHISALBERTI, E. L.; MARRA, R.; WOO, S. L.; LORITO, M. Trichoderma–plant–pathogen interactions. **Soil Biology and Biochemistry**, [S.l.], v. 40, n. 1, p. 1–10, 2008.

VON ARB, C.; BÜNEMANN, E. K.; SCHMALZ, H.; PORTMANN, M.; ADAMTEY, N.; MUSYOKA, M. W.; FROSSARD, E. Fliessbach, A. Soil quality and phosphorus status after nine years of organic and conventional farming at two input levels in the Central Highlands of Kenya. **Geoderma**, [S.l.], v. 362, p. 112-114, 2020.

WIEME, R. A.; REGANOLD, J. P.; CROWDER, D. W.; MURPHY, K. M.; CARPENTER-BOGGS, L. A. Productivity and soil quality of organic forage, quinoa, and grain cropping systems in the dryland Pacific Northwest, USA. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.l.], v. 293, n. 106, p. 838, 2020.

WRIGHT, G. D. Molecular mechanisms of Antibiotic resistance. **Chem Commun.**, [S.l.], v. 47, p. 14, p. 4055, 2011.

ZEILINGER, S.; GUPTA, V. K.; DAHMS, T. E. S.; SILVA, R. N.; SINGH, H. B.; UPADHYAY, R. S.; NAYAK, S, C. Friends or foes? Emerging insights from fungal interactions with plants. **FEMS Microbiology Reviews**, [S.l.], v. 40, n. 2, p. 182-207, 2016.

ARTIGO 4 **RELAÇÃO DA QUALIDADE DO CAFÉ ARÁBICA E A DIVERSIFICAÇÃO DE FUNGOS EM FRUTOS E GRÃOS**

RESUMO

A qualidade do café está relacionada a conjunto de atributos físicos, químicos e sensoriais e pode ser afetada pela incidência de microrganismos. Os fungos filamentosos encontram-se associados durante todo o ciclo produtivo e podem afetar a qualidade da bebida final. O presente trabalho teve como objetivo isolar e identificar os fungos que ocorrem em lavouras cafeeiras pertencentes às cultivares Catiguá MG2 e Paraíso MG H419-1, sob sistemas de produção orgânica e convencional, no município de Santo Antônio do Amparo, MG-Brasil, visando verificar o efeito de diferentes sistemas de produção e da semeadura de plantas de cobertura em lavouras sobre a diversidade de fungos filamentosos e qualidade sensorial da bebida. A colheita do café ocorreu em maio de 2019 e junho de 2020, no estágio cereja e estágio seco. Os gêneros identificados predominantes foram: *Cladosporium*, *Geotrichum*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Fusarium*. Os frutos secos apresentaram boa qualidade da bebida. As principais nuances observadas foram frutadas, carameladas, achocolatas e floral. Os sistemas de produção afetaram a análise sensorial e o desempenho na análise de conteúdo.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L. Diversidade fúngicas Análise sensorial. Análise de conteúdo. Agricultura orgânica.

1 **INTRODUÇÃO**

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo. O setor de cafés especiais representa aproximadamente 12% do mercado internacional e 15% do mercado brasileiro (PIMENTA; ANGÉLICO; CHALFOUN, 2018). Cafés especiais são definidos como grãos de alta qualidade sensorial, avaliados através de protocolos como o da Associação de Cafés Especiais (SCA) (SCA, 2021), o qual determina que cafés que apresentem pontuações superiores a 80 pontos na escala são classificados como especiais, independentemente do seu sistema de cultivo. Além de possuírem sabor, corpo e aroma especiais, estes produtos também podem apresentar rótulos de cafés orgânico, de origem certificada, gourmet, e ainda de comércio justo (ALCANTARA; DRESCH; MELCHERT, 2021).

A qualidade do café está relacionada a conjunto de atributos físicos, químicos e sensoriais (SCHOLZ *et al.*, 2013). A qualidade pode ser afetada por fatores de pré-colheita, como espécies e variedades, local de cultivo, tratamentos culturais e nutrição das plantas, maturação dos frutos e incidência de microrganismos. Assim como por fatores de pós-colheita, tais como fermentações indesejadas, processos de secagem, armazenamento, torrefação e preparo da bebida (IAMANAKA *et al.*, 2014; TOLEDO *et al.*, 2016; BEMFEITO *et al.*, 2021). As

diferentes técnicas agronômicas e as condições ambientais influenciam diretamente na qualidade final dos grãos de café, especialmente sob a perspectiva nutricional e toxicológica (CONSONNI *et al.*, 2018).

Dentre os principais microrganismos associados aos frutos e grãos de café, destacam-se os fungos filamentosos. Os fungos filamentosos encontram-se associados durante todo o ciclo produtivo, e podem, sob condições específicas, causar perdas de qualidade produzindo odores e sabores desagradáveis, e em alguns casos podem levar a produção de micotoxinas, que comprometem a segurança do produto final (CHALFOUN; PARIZZI, 2008). Além disso, a presença desses fungos está diretamente relacionada aos tipos de processamento adotados. Cerca de 90% de todo café produzido no mundo são processados via seca, incluindo o Brasil (BATISTA *et al.*, 2007). Este tipo de processamento apresenta maior incidência de fungos filamentosos quando comparado aos processamentos úmido ou semi-seco (SOUZA *et al.*, 2020).

As micotoxinas são definidas como metabólitos secundários produzidos por certos fungos, que podem colonizar as culturas no campo e/ou ocorrem durante o armazenamento dos alimentos (GOMIERO, 2018). Na cultura do cafeeiro, destaca-se a ocratoxina A (OTA) e aflotoxina, que acometem especialmente cafés processados por via seca (KHANEGHAH *et al.*, 2019; BESSAIRE *et al.*, 2019).

A OTA é a micotoxina mais estudada na cultura do café, sendo produzida por vários fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* (BAYMAN; BAKER, 2006; ALVES *et al.*, 2020). As principais espécies de fungos produtores de OTA em café são *A. ochraceus*, *A. carbonarius* e *A. niger* (MORELLO *et al.*, 2007; SILVA, 2008) e pertencentes a seções Circumdati e Nigri (BASTITA; CHALFOUN, 2007; CHALFOUN; PARIZZI, 2008).

A Aflatoxina (B_1 , B_2 , G_1 e G_2) também ocorre com frequência em grãos de café (HUCH; FRANZ, 2015; GARCÍA-MORALEJA *et al.*, 2015; GEREMEW *et al.*, 2016). São metabólitos secundários, altamente tóxicos, produzidos pelos fungos: *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *A. nomius*, *A. tamarii* e *A. pseudotamarii* (CULLIAO; BARCELO, 2015). Com destaque para a Aflatoxina B_1 , a mais carcinogênica, mutagênica e teratogênica (GEREMEW *et al.*, 2016; BESSAIRE *et al.*, 2018).

Sabe-se que a adoção de boas práticas agrícolas, como realizar colheita no estágio de maturação cereja (maduro), evitar utilizar frutos cereja ou grãos que tenham contato com solo e realizar correta secagem, são desejáveis e recomendadas para diminuição da contaminação de frutos e grãos de café por espécies de fungos filamentosos que apresentem potencial toxigênico (IAMANAKA *et al.*, 2014), propiciando assim, uma melhor qualidade da bebida.

Apesar dos efeitos deletérios dos fungos na qualidade da bebida do café, existem indícios que os cafés secos naturalmente na planta possuem potencial para obtenção de cafés especiais. Alguns estudos comprovam que o café colhido no estágio de maturação seco ainda nas plantas, apresenta maior concentração de sacarose e menor concentração de ácido clorogênicos, o que resulta em benefícios na qualidade da bebida (RIBEIRO *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2018).

Entretanto, são escassas na literatura, as informações quanto ao efeito da colheita de frutos no estágio seco sobre a incidência e contaminação de frutos e grãos e sua relação com a qualidade da bebida. Outro ponto pouco elucidado é a relação desta contaminação sobre a classificação da SCA e a análise de conteúdo. Portanto, objetivou-se verificar o efeito de diferentes sistemas de produção e da semeadura de plantas de cobertura em lavouras cafeeiras, sobre a diversidade de fungos filamentosos e qualidade sensorial da bebida.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área e delineamento experimental

O estudo foi realizado na Fazenda Cachoeira, localizada no município de Santo Antônio do Amparo-MG, em duas áreas de café arábica, sendo uma com adoção do manejo orgânico (latitude 20°88'78,35" S e longitude 44°95'12,36" W e altitude média de 1.018,5 metros) e outra com manejo convencional (latitude 20°90'42,20" S e longitude 44°94'59,51" W e altitude média de 1.008 metros). O clima predominante é do tipo "Cwa" (subtropical úmido), com estação seca no inverno, e de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura anual média de 19,4 °C e a precipitação anual média de 1.530 mm. O solo é classificado como Latossolo vermelho distrófico.

O ensaio foi realizado em um delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial (2x2x2), com 2 cultivares (Catiguá MG2 e Paraíso MG H419-1), 2 tipos de sistema de produção (orgânico e convencional) e 2 diferentes manejos referentes a presença e ausência de plantas de cobertura, com quatro repetições, num total de 32 parcelas.

As lavouras convencionais de café arábica foram implantadas em 2016/2017 e as orgânicas em 2015/2016, ambas com o espaçamento de 3,80 m (entre linhas) x 0,70 m (entre plantas), conferindo um estande de 3.759 plantas ha⁻¹.

O experimento foi implantado em novembro de 2018, quando foi realizada a semeadura do coquetel de plantas de cobertura composto por girassol (*Helianthus annuus* L.), milheto

(*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), trigo-sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench) e as crotalárias (*Crotalaria ochroleuca* G. Don, *C. breviflora* DC. e *C. juncea* L.).

O corte foi realizado posteriormente, em fevereiro de 2019, e o segundo plantio foi realizado em novembro de 2019, e o corte realizado em fevereiro de 2020. Em ambos os anos, as plantas de cobertura não foram incorporadas, sendo usadas apenas como cobertura morta.

2.2 Avaliação do percentual de contaminação por fungos filamentosos em frutos e grãos de café

Foram analisadas amostras de café provenientes de frutos em dois estádios de maturação: Cereja natural (CN) – frutos colhidos no estágio cereja e levados ao terreiro para secagem ao sol sob peneiras, até atingirem 11% do teor de umidade e Frutos secos (FS) – frutos colhidos no estágio seco e levados ao terreiro para secagem ao sol sob peneiras, até atingirem 11% do teor de umidade.

Foram selecionados 25 frutos de café CN e 25 frutos de café FS, desinfetados superficialmente com Álcool 70% durante 1 min, em seguida por Hipoclorito de Sódio a 1% a 30 seg e lavados com água destilada estéril por três vezes consecutivas. Após a desinfecção, os frutos foram plaqueados diretamente sobre papel de filtro. As placas foram incubadas a uma temperatura de 25 °C por um período de 7 dias. O mesmo procedimento foi realizado com grãos de café CM e NT (ambos com 25 grãos por amostra).

Após esse período, os frutos foram analisados para avaliação do percentual de contaminação. Feito a contagem, as colônias foram transferidas para o meio de cultura ágar extrato de malte (MA) para posterior identificação, incubadas a 25 °C, por um período de 7 dias. Os isolados de fungos foram identificados, utilizando o método tradicional com placas de Petri inoculadas, em nível de gênero com base em características macroscópicas e microscópicas dos fungos filamentosos, usando as chaves padrão de Klich (2002), Pitt (2000) e Samson *et al.* (2000).

2.3 Identificação fenotípica das espécies de fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*

A partir das culturas puras, foram identificados os fungos do gênero *Aspergillus* e *Penicillium* de acordo com Klich (2002) e Pitt (2000). Os isolados foram incubados em meios de cultura CYA - Ágar Czapek Levedura (K₂HPO₄: 1g; Concentrado Czapec: 10mL; Extrato

de Levedura: 5g, Agar: 15g, Água Destilada: 1L; (Concentrado Czapek: NaNO₃: 30g, KCl: 5g, MgSO₄.7H₂O: 5g, FeSO₄.7H₂O: 0,1g, ZnSO₄.7H₂O: 0,1g, CuSO₄.5H₂O: 0,05g, Água Destilada: 100 mL)) a 25 °C e a 37 °C e MEA - Ágar Extrato de Malte (Extrato de Malte: 20g, Peptona: 1g, Glucose: 30g, Ágar: 20g, Água Destilada: 1L) a 25 °C. Após sete dias de incubação foram observadas as características macroscópicas e microscópicas dos fungos filamentosos.

2.4 Detecção da produção de ocratoxina A por fungos do gênero *Aspergillus* pertencentes à Seção Nigri e Circumdati

Para teste do potencial ocratoxigênico pelo método Plug Agar as espécies potencialmente toxigênicas do gênero *Aspergillus* pertencentes à Seção Nigri foram inoculadas em meio CYA - Ágar Czapek Levedura (SYNTH) (K₂HPO₄: 1g; Concentrado Czapek: 10mL; Extrato de Levedura: 5g, Ágar: 15g, Água Destilada: 1L; (Concentrado Czapek: NaNO₃: 30g, KCl: 5g, MgSO₄.7H₂O: 5g, FeSO₄.7H₂O: 0,1g, ZnSO₄.7H₂O: 0,1g, CuSO₄.5H₂O: 0,05g, Água Destilada: 100mL) por 7 dias a 25 °C. Já as espécies potencialmente toxigênicas pertencentes à Seção Circumdati foram inoculadas em meio YES - Ágar Extrato de Levedura Sacarose (Extrato de levedura: 20g; Sacarose: 150g; Ágar: 20g; ZnSO₄.7H₂O: 0,1g, CuSO₄.5H₂O: 0,05g; Água destilada: 1L), por 7 dias a 25 °C conforme Filtenborg e Frisvad (1980). Utilizou-se uma solução padrão de OTA (SIGMA-ALDRICH), Placas de Cromatografia de Camada Delgada (MERK-SÍLICA GEL 60, 20x20) e como Fase móvel TEF - Tolueno Acetato de Etila e Ácido Fórmico 90% (60:30:10). Após a eluição, as placas foram secas em capela de fluxo laminar. A confirmação quanto à produção de OTA foi realizada em luz ultravioleta com λ 366nm em Cromatovisor CAMAG (UF-BETRACHTER).

2.5 Detecção da produção de aflatoxinas B1 e B2 por fungos do gênero *Aspergillus* pertencentes à Seção Flavi

Para teste do potencial aflatoxigênico pelo método Plug Agar as espécies potencialmente toxigênicas do gênero *Aspergillus* pertencentes à Seção Flavi foram inoculadas em meio YES - Ágar Extrato de Levedura Sacarose (Extrato de levedura: 20g; Sacarose: 150g; Ágar: 20g; ZnSO₄.7H₂O: 0,1g, CuSO₄.5H₂O: 0,05g; Água destilada: 1L), por 7 dias a 25 °C conforme Filtenborg e Frisvad (1980). Utilizou-se uma solução padrão de aflatoxinas B1 e B2 (SIGMA-ALDRICH), Placas de Cromatografia de Camada Delgada (MERK-SÍLICA GEL 60, 20x20) e como Fase móvel TEF - Tolueno Acetato de Etila e Ácido Fórmico 90% (60:30:10). Após a eluição, as placas foram secas em capela de fluxo laminar. A confirmação quanto à

produção de aflatoxinas foi realizada em luz ultravioleta com λ 366nm em Cromatovisor CAMAG (UF-BETRACHTER). Os isolados considerados produtores de AFB1 e AFB2 apresentaram um RF (fator de retenção) e um spot de fluorescência semelhante ao do padrão.

2.6 Qualidade da bebida

A colheita do café foi realizada em maio de 2019 e em junho de 2020, quando os frutos se apresentavam predominantemente no estágio cereja, ideal para obtenção da bebida de qualidade superior. Os frutos de café foram lavados para eliminação dos frutos chochos, malformados, brocados e impurezas, sendo retirada amostra de oito litros de frutos maduros de cada experimental. As amostras foram processadas via seca e submetidas à secagem em peneiras de fundo telado constituída de polietileno de 1,00 mm² de malha, montadas em suportes de madeira e dispostas de forma suspensa, conforme técnicas específicas estabelecidas por Borém, Isquierdo e Tavieria (2014).

Após os frutos de café terem atingido 11% de teor de água, foram acondicionados em sacos impermeáveis e armazenadas em câmara fria por 30 dias a 16 °C, para uniformização do teor de água nos grãos. Após o período de descanso o café em coco foi beneficiado e os grãos foram preparados para a análise sensorial.

A análise sensorial foi realizada por três juízes certificados e calibrados, de acordo com o protocolo da Associação de Cafés Especiais (SCA) (SCA, 2021), segundo a metodologia proposta por Lingle (2011) para avaliação sensorial de cafés especiais. Foram avaliadas cinco xícaras representando cada amostra, preparadas em condições padrão, e atribuídas notas (variando de 0 a 10) para as características uniformidade, ausência de defeitos, doçura, fragrância/aroma, sabor, acidez, corpo, finalização (sabor residual), equilíbrio e impressão global. As notas totais da análise sensorial foram constituídas pela soma das notas médias de todos os atributos, sendo considerados cafés especiais aqueles com notas iguais ou acima de 80 pontos (BEMFEITO *et al.*, 2021).

Os frutos dos tratamentos de café FS foram colhidos no estágio de maturação seco. Todo o processamento foi realizado semelhante ao empregado para as amostras de café cereja.

2.7 Estatística

Os dados referentes ao percentual de contaminação por fungos filamentosos em frutos e grãos de café foram apresentados médias dos dois anos de coleta (2019 e 2020) em porcentagem.

A avaliação do percentual de contaminação dos frutos e grãos de café por fungos filamentosos foi realizada através do cálculo do percentual médio de contaminação por dois anos consecutivos (2019 e 2020).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software R (3.3.1), obtendo-se as análises de variância para as variáveis: sabor, acidez, corpo, aroma, equilíbrio, finalização, impressão global e nota total através das interações cultivares x sistemas de produção, cultivares x manejo e sistemas x manejo. O agrupamento de médias foi realizado pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$) quando identificado efeito significativo do fator pela análise de variância.

Para complementação da avaliação sensorial da bebida por escala de notas, o perfil sensorial da bebida foi analisado descritivamente considerando as notas sensoriais de cada tratamento em um único diagrama em radar (escala gráfica única), denominado 'sensoriograma'. Também foi empregada a análise de conteúdo, segundo a adaptação proposta por Sobreira *et al.* (2015), para caracterização sensorial de cafés especiais quanto à qualidade e intensidade das nuances de sabor e aroma percebidas pelos juízes na análise sensorial.

3 RESULTADOS

3.1 Percentual de contaminação por fungos filamentosos

Foram encontrados e identificados sete gêneros de fungos filamentosos em frutos e grãos de café arábica. Na Tabela 1 são apresentados os percentuais de contaminação de frutos no estágio cereja (CN). Em sistema de produção convencional na presença do plantio de plantas de cobertura, independentemente da cultivar adotada e na ausência da desinfecção, os gêneros mais frequentes foram *Fusarium*, *Penicillium* e *Geotrichum*.

Quando os frutos foram desinfetados, houve uma redução na ocorrência dos fungos. No tratamento cultivar Paraíso MG H419-1 na presença do plantio de plantas de cobertura os gêneros predominantes foram: *Fusarium* (60%), *Penicillium* (20%) e não identificado (20%). Na ausência do plantio de plantas de cobertura os mais frequentes foram *Aspergillus* e não identificados (75%) e *Fusarium* (25%) (TABELA 1). Já para a cultivar Catiguá MG2 na

presença e ausência do plantio de cobertura, ocorreram nenhum fungo e apenas *Aspergillus* seção Nigri, respectivamente (TABELA 1).

Já em sistema orgânico independente do plantio ou não das plantas de cobertura e das cultivares estudadas, o gênero mais frequente foi *Fusarium* (TABELA 1), com ou sem desinfecção. Vale destacar a ocorrência de *Aspergillus parasiticus*, *Cladosporium* sp. e *Rhizopus* sp. apenas nos tratamentos sob sistema de produção orgânico.

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os percentuais de contaminação para frutos e grãos de café em coco, provenientes do café CN. No tratamento cultivar Paraíso MG H419-1 em sistema de produção convencional e com presença do plantio de plantas de cobertura, os fungos *Cladosporium* e *Penicillium* (70,52%) e *Cladosporium*, *Fusarium* sp1 e sp2 (93,81%) foram os mais frequentes na ausência e presença da desinfecção, respectivamente. Já na ausência do plantio de plantas de cobertura, independentemente da presença ou ausência da desinfecção, os gêneros mais frequentes foram *Cladosporium*, *Fusarium* e *Penicillium*.

Quando se considera os grãos (TABELA 3) na presença do plantio de plantas de cobertura, independentemente da presença ou ausência da desinfecção, os gêneros mais frequentes foram *Cladosporium*, *Fusarium* e *Penicillium*. Já na ausência do plantio, os gêneros que apresentaram maior importância foram: *Cladosporium*, *Fusarium* sp 1 e *Penicillium* na ausência da desinfecção e *Cladosporium* e *Fusarium* sp2 na presença da desinfecção.

No tratamento cultivar Catiguá MG2 na presença e ausência do plantio de plantas de cobertura, os gêneros predominantes foram: *Cladosporium* e *Penicillium* na ausência da desinfecção e *Cladosporium* e *Fusarium* sp2 na presença da desinfecção (TABELA 2). Já nos grãos, os gêneros mais frequentes foram *Cladosporium* e *Penicillium* na ausência da desinfecção, independente do plantio ou não de plantas de cobertura (TABELA 3). Quando realizada a desinfecção, não foi observada a ocorrência de fungos filamentosos.

No tratamento cultivar Paraíso MG H419-1 em sistema de produção orgânica e com presença e ausência do plantio de plantas de cobertura, os fungos *Cladosporium* e *Penicillium* e *Cladosporium*, *Fusarium* sp1 e sp2 e *Penicillium* foram os mais frequentes na ausência e presença da desinfecção, respectivamente (TABELA 2). Já nos grãos, os mais predominantes foram: *Cladosporium*, *Fusarium* sp1 e *Penicillium* (TABELA 3).

Já para a cultivar Catiguá MG2 em sistema orgânico na presença e ausência do plantio de cobertura, os fungos *Cladosporium* e *Penicillium* e *Cladosporium* e *Fusarium* sp1 foram os mais frequentes na ausência e presença da desinfecção, respectivamente (TABELA 2). Enquanto que nos grãos (TABELA 3) na presença do plantio de plantas de cobertura, os gêneros *Cladosporium* e *Penicillium* foram os mais frequentes na ausência da desinfecção e na

presença destaca-se o gênero *Penicillium* (76,19%). Na ausência do plantio de plantas de cobertura, independente da desinfecção, o gênero predominante foi o *Cladosporium*.

Vale destacar que os fungos *Aspergillus ostianus* seção *circumdati*, *Aspergillus* seção *Nigri* e *Rhizopus* sp. ocorrem exclusivamente no sistema de produção convencional. Já o fungo *Penicillium funiculosum* ocorreu apenas no tratamento Catiguá MG2 sob sistema de produção orgânico.

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os percentuais de contaminação para frutos e grãos de café em coco, provenientes do café FS. Na Tabela 4 é possível observar uma maior diversidade de fungos contaminantes no café em coco em sistema orgânico quando comparado ao sistema convencional. Os fungos mais predominantes em sistema orgânico considerando a cultivar Paraíso MG H419-1 foram *Cladosporium* e *Geotrichum* e nos grãos *Penicillium*, *Rhizopus* e *Fusarium* sp1 e sp2. Já quando se considera a cultivar Catiguá MG2 em coco, os fungos mais importantes foram *Cladosporium* e *Penicilium brevicompactum*, independentemente da presença ou ausência do plantio de plantas de cobertura e de desinfecção.

Já no sistema convencional considerando grãos e café em coco (TABELAS 4 e 5), independentemente da cultivar utilizada, da presença ou ausência do plantio de plantas de cobertura e de desinfecção, os gêneros predominantes foram: *Cladosporium*, *Fusarium* e *Penicillium*.

3.2 Capacidade toxigênica de espécies do gênero *Aspergillus*

Um total de 56 isolados pertencentes ao gênero *Aspergillus* obtidos de frutos e grãos de café arábica em sistema de produção orgânico e convencional, na presença e ausência do plantio de plantas de cobertura nos anos 2019 e 2020, foram testados quanto ao potencial toxigênico.

Quanto à toxina OTA, nenhum isolado foi produtor. Já para a aflotoxina, apenas um isolado *Aspergillus Parasiticus* seção *flavi* pertencente ao tratamento cultivar Paraíso MG H419-1 em sistema orgânico na presença do plantio de plantas de cobertura, pertencente ao tratamento CN, produziu as aflatoxinas B₁ e B₂.

3.3 Qualidade da bebida

A análise e o perfil sensorial foram realizados visando identificar possíveis alterações devido a ocorrência dos fungos e pela adoção do plantio de plantas de cobertura. Foi verificado efeito significativo das interações cultivares x sistema de produção, cultivares x manejos e sistemas de produção x manejos. Dentro de cada interação serão apresentados os dados referentes aos tratamentos Cereja natural (CN) e frutos secos (FS).

3.3.1 Cultivares x sistemas de produção

Com relação à análise sensorial, observa-se que a cultivar Paraíso MG H419-1 em sistema convencional e Catiguá MG2 sob sistema orgânico apresentaram as maiores notas para cafés cereja natural (CN) (FIGURA 1a). O teste de agrupamento aplicado não foi capaz de diferenciar as médias para o tratamento frutos secos (FS) (FIGURA 1b).

Nas Tabela 6 e 7 são apresentadas as médias das características avaliadas na análise sensorial. Com relação à análise sensorial, não foi realizada a análise de variância para as características uniformidade, ausência de defeitos e doçura, já que na avaliação dos três juízes todos os tratamentos apresentaram nota máxima. O teste de média não permitiu a distinção dos tratamentos para o CN (TABELA 6) e para o tratamento FS (TABELA 7) foi observado, na análise de variância, interação entre as cultivares e sistema de produção para o atributo equilíbrio, a cultivar Catiguá MG2 sob sistema orgânico apresentou média inferior.

3.3.2 Cultivares x manejo

Com relação à análise sensorial, observa-se que a cultivar Paraíso MG H419-1 na presença do plantio de plantas de cobertura e Catiguá MG2 na ausência do plantio de plantas de cobertura apresentaram as maiores notas sensoriais para o tratamento CN (FIGURA 2a). O teste de agrupamento aplicado não foi capaz de diferenciar as médias para o tratamento FS (FIGURA 2b).

Na Tabela 8 e 9 são apresentadas as médias das características avaliadas na análise sensorial. Com relação à análise sensorial, não foi realizada a análise de variância para as características uniformidade, ausência de defeitos e doçura, já que na avaliação dos três juízes todos os tratamentos apresentaram nota máxima. O teste de agrupamento aplicado não foi capaz de diferenciar as médias para o tratamento CN (TABELA 8) e FS (TABELA 9).

3.3.3 Sistema x manejo

Com relação à análise sensorial, observa-se que o sistema de produção convencional na presença do plantio de plantas de cobertura apresentou a menor média (FIGURA 3a). Não foi verificada diferença significativa para o tratamento FS (FIGURA 3b).

Na Tabela 10 e 11 são apresentadas as médias das características avaliadas na análise sensorial, com exceção das características uniformidade, ausência de defeitos e doçura, já que na avaliação dos três juízes todos os tratamentos apresentaram nota máxima. O teste de agrupamento aplicado não permitiu a diferenciação para o tratamento CN (TABELA 10) e FS (TABELA 11).

3.3.4 Perfil sensorial e análise de conteúdo

Observa-se que todas as cultivares, independente do sistema de produção e manejo apresentaram nota superior a 80 pontos (FIGURA 1, 2 e 3), sendo então, classificados como cafés especiais. De acordo com o perfil sensorial dos cafés colhidos no estágio de maturação cereja, no geral, os tratamentos cultivar Catiguá MG2 na presença e ausência do plantio de plantas de cobertura em sistema convencional apresentaram as maiores pontuações para os diferentes atributos avaliados (FIGURA 4 a). Já para o perfil para o café colhido no estágio de maturação seco (FIGURA 4 b), observa-se que o tratamento Catiguá MG2 sob sistema orgânico, na ausência do plantio de plantas de cobertura, se destacou frente aos atributos sabor e acidez. Enquanto em sistema convencional, na presença do plantio de plantas de cobertura, apresentou a maior pontuação para o atributo equilíbrio. Além disso, as maiores pontuações para os atributos sabor, corpo, finalização e acidez foram obtidos também no tratamento cultivar Paraíso MG H419-1 em sistema convencional com plantio de plantas de cobertura.

A análise de conteúdo foi realizada a partir da descrição de sabores identificados pelos juízes na análise sensorial, visando diferenciar os tratamentos quanto à qualidade e intensidade das nuances (FIGURA 5). Foram relatados 35 e 17 nuances/sabores para os tratamentos CN e FS, respectivamente.

Para o tratamento CN as nuances foram agrupadas nas categorias frutados (frutado, frutas amarelas, frutas tropicais, frutas cítricas, frutas pretas, manga, baunilha, lima, maracujá, limão com mel, cereja, limão, mamão, carambola e abacaxi), caramelados (caramelo, mascavo, mel, rapadura, açúcar queimado e melado), achocolatados (chocolate, chocolate ao leite,

chocolate amargo, chocolate ao leite com amêndoas e chocolate amargo com amêndoas) e outros (cereal, floral, herbáceo, leve gordura, vinhoso, castanha, garapa, mofo e lúpulo).

Constata-se que a maior variedade e frequência de nuances foi observada no tratamento cultivar Catiguá MG2 em sistema orgânico na presença do plantio de plantas de cobertura, onde foram observadas, além das nuances comuns, como frutado, caramelo, mascavo e chocolate, foram percebidas nuances não encontradas nos demais tratamentos, como carambola, chocolate amargo com amêndoas, herbáceo e lúpulo (FIGURA 5 a).

Já para o tratamento FS, as nuances foram agrupadas nas categorias frutados (frutado, frutas amarelas, frutas cítricas, frutas tropicais, maracujá, limão com mel e abacaxi), caramelados (caramelo, mascavo, mel, rapadura e melado), achocolatados (chocolate, chocolate ao leite, chocolate amargo e chocolate ao leite com amêndoas) e outros (floral). A maior diversidade de nuances foi observada na cultivar Paraíso MG H419-1 em sistema convencional com plantio de plantas de cobertura, as nuances rapadura, frutas cítricas, limão com mel e chocolate ao leite com amêndoas foram observadas exclusivamente neste tratamento (FIGURA 5 b).

As nuances comuns aos tratamentos CN e FS são: categoria frutado composto por frutado, frutas amarelas, frutas cítricas, frutas tropicais, maracujá, limão com mel e abacaxi; caramelados por caramelo, mascavo, mel, rapadura e melado; achocolatados por chocolate, chocolate ao leite, chocolate amargo e chocolate ao leite com amêndoas e na categoria outros apenas floral.

4 DISCUSSÃO

Os isolados fúngicos associados aos frutos e grãos de café arábica são espécies comumente relatadas, como: *Aspergillus ostianus*, *A. parasiticus*, *A. westerdijkiae*, *Penicillium brevicompactum* e *P. funiculosum* e os gêneros *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Rhizopus*, *Talaromyces* e *Penicillium* (VILELA *et al.*, 2010; REZENDE *et al.*, 2013; COUTO *et al.*, 2014).

Considerando o tratamento café colhido no estágio cereja (CN) os fungos mais frequentes foram: *Cladosporium*, *Fusarium* e *Penicillium* em ambos os sistemas de produção e manejo. Os gêneros *Cladosporium*, *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium* estavam constantemente presentes em todos os diferentes tratamentos e combinações. A predominância destes gêneros pode estar associada e influenciada por diferentes necessidades de crescimento,

competição por espaço e pela produção de enzimas que apresentam atividade antifúngica de bactérias e leveduras (BAUTISTA-ROSALES *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2021).

Uma maior diversidade de fungos contaminantes em sistema orgânico, quando comparado ao sistema convencional, foi observada, especialmente em café em coco para o tratamento FS. Couto *et al.* (2014) também verificaram maior diversidade de fungos em grãos de café orgânico. Tal fato se justifica pela restrição do uso de agrotóxicos no sistema orgânico, o que pode representar uma vantagem em relação à preservação de microrganismos desejáveis tais como alguns fungos e leveduras.

Em sistema orgânico os fungos mais importantes foram: *Cladosporium*, *Penicilium brevicompactum*, *Geotrichum*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Fusarium* independentemente da presença ou ausência do plantio de plantas de cobertura e de desinfecção. Já no sistema convencional os gêneros predominantes foram: *Cladosporium*, *Fusarium* e *Penicillium*.

Diferentes gêneros e espécies fúngicas identificadas entre o café colhido no estágio cereja e seco podem ser justificadas pela diferença nos tempos de exposição aos fatores ambientais, fermentação e processos de secagem. O tempo de exposição e a diferença do local de secagem (SILVA *et al.*, 2008), aliados ao processamento via seco, podem favorecer a proliferação de fungos (SCHWAN *et al.*, 2012). Assim como no presente estudo, estes fatores podem ter afetado a porcentagem e diversidade fúngicas, uma vez que o café natural foi seco na planta e cereja natural passou pelo processo de secagem seguindo o protocolo de Borém *et al.* (2014).

Duas espécies ocorreram exclusivamente nos sistemas de produção, *Penicillium funiculosum* ocorreu apenas em grãos de café CN sob sistema orgânico e *Aspergillus ostianus* seção *circumdati* ocorreu apenas no sistema de produção convencional, em café em coco e grãos de café CN. O *Penicillium funiculosum* é considerado um fungo onipresente e é comumente encontrado no solo e em frutos (YADAV *et al.*, 2018). O *Aspergillus ostianus* seção *circumdati* é comumente encontrado em grãos de café e geralmente são produtores de OTA (IAMAKA *et al.*, 2014; BOZZA *et al.*, 2019).

O *Cladosporium* ocorreu em todos os estágios avaliados. Este fungo é comumente correlacionado com boa qualidade da bebida, devido sua capacidade de inibir a entrada de outros fungos maléficos nos grãos de café (CHALFOUN, 2010). Ocorrem desde ambientes internos como externos, em materiais vegetais, no solo e no ar, e podem crescer com baixa atividade de água (BENSCHEN *et al.*, 2018).

Apenas um isolado, *Aspergillus Parasiticus*, produziu aflatoxinas B₁ e B₂, provenientes da cultivar Paraíso MG H419-1 em sistema orgânico, na presença do plantio de plantas de

cobertura. Na cultura do café, a produção de aflatoxinas ocorre especialmente pelos fungos *Aspergillus flavus*, *A. paraciticus* e *A. nominous* (AZAM *et al.*, 2021).

As micotoxinas são os contaminantes mais importantes da cadeia alimentar. Diversos estudos sugerem que não há evidências para apoiar a alegação de que a agricultura orgânica levaria a um risco aumentado de contaminação por micotoxinas, devido ao não uso de fungicidas químicos. Assim como não existem evidências que os alimentos orgânicos sejam mais susceptíveis à contaminação bacteriana e fúngicas (SMITH-SPANGLER *et al.*, 2012; MIE *et al.*, 2016).

Sabe-se que, em café, existe uma relação entre a presença de fungos, bactérias e leveduras e a diversidade de aromas e sabores, de forma que cafés de baixa qualidade tendem a apresentar menor diversidade de nuances (SILVA *et al.*, 2021). O efeito negativo dos microrganismos sob a qualidade do café, ao longo do tempo, pode ser atribuído ao processo de fermentação, principalmente pela ação de microrganismos pectinolíticos que degradam a polpa e mucilagem do café produzindo álcoois e ácidos que interferem na qualidade final da bebida.

Quanto à análise sensorial, foi verificado efeito significativo da cultivar e sistema de produção apenas para o atributo equilíbrio, o qual é entendido como a complementação e contraste entre os atributos sabor, finalização, acidez e corpo da bebida (SCA, 2021). Neste atributo, somente a cultivar Catiguá MG2 sob sistema orgânico apresentou média inferior, demonstrando assim, desequilíbrio dos componentes do conjunto, e possivelmente o café apresente uma acidez muito delicada ou pouco corpo. Assim, infere-se que o sistema de produção, adoção do plantio de plantas de cobertura e as cultivares não possuem influência direta predominante sobre os atributos avaliados no período experimental considerado.

Foi verificado que todos os tratamentos avaliados apresentaram nota total acima de 80 pontos, sendo classificados como cafés especiais 'Premium' pela metodologia da SCA (SCA, 2021), resultados semelhantes aos encontrados por Sobreira *et al.* (2016), Carvalho *et al.* (2016) e Barbosa *et al.* (2019, 2020), para as cultivares Paraíso MG H419-1 e Catiguá MG2. Além disso, foi verificado efeito significativo das cultivares, sistemas de produção e manejo para a nota total dos cafés cereja natural. Onde as cultivares Paraíso MG H419-1, em sistema convencional e na presença do plantio de plantas de cobertura e Catiguá MG2, sob sistema orgânico e na ausência do plantio de plantas de cobertura, apresentaram as maiores notas. Já para os frutos secos, o teste de médias adotado não foi capaz de diferenciar as médias.

Aliado a análise sensorial, Sobreira *et al.* (2015) ressaltam que a visualização das notas de todos os atributos avaliados pode ser melhor compreendida utilizando-se a representação gráfica do perfil sensorial. Independentemente da adoção do plantio de plantas de cobertura ou

não, de acordo com o sensoriógrama apresentado observa-se a superioridade da cultivar Catiguá MG2 para o tratamento CN. Já para o FS, a cultivar Catiguá MG2 e Paraíso MG H419-1 se destacaram, considerando os atributos sabor e acidez; sabor, corpo, finalização e acidez, assim como observado para cultivar Paraíso MG H419-1 (BARBOSA *et al.*, 2019).

O aumento na pontuação e classificação do café seguindo os critérios da SCA, reflete melhor remuneração para os produtores (SILVA *et al.*, 2021). Atrelado ao aumento na nota final, tem crescido a busca por cafés que apresentem sabores e aromas naturalmente diferenciados por parte dos consumidores (GUIMARÃES *et al.*, 2019). De acordo com Freitas *et al.* (2020), cafés com diferentes nuances possibilitam maior alcance aos consumidores, entretanto, ressaltam a escassez de trabalhos científicos sobre nuances de cafés especiais.

Nesse sentido, o estudo de nuances através da análise de conteúdo pode auxiliar na diferenciação de cafés especiais, e particulamente atender determinados nichos de mercado. Constatou-se que as notas frutadas (frutado, frutas amarelas, frutas cítricas, frutas tropicais, maracujá, limão com mel e abacaxi), carameladas (caramelo, mascavo, mel, rapadura e melado), achocolatadas (chocolate, chocolate ao leite, chocolate amargo e chocolate ao leite com amêndoas) e floral ocorreram no café cereja natural e frutos secos, porém, em diferentes níveis. Estas nuances também foram observadas por Fassio *et al.* (2014), Sobreira *et al.* (2015) e Freitas *et al.* (2020).

Considerando os tratamentos avaliados no presente trabalho, foi observada maior variação de nuances no tratamento cereja natural, principalmente na cultivar Catiguá MG2 em sistema orgânico na presença do plantio de plantas de cobertura, onde foram observadas nuances comuns e nuances mais complexas como carambola, chocolate amargo com amêndoas, herbáceo e lúpulo. Já para o FS, a Paraíso MG H419-1 em sistema convencional com plantio de plantas de cobertura apresentou maior diversidade de nuances frente aos demais tratamentos. Constata-se então que, o plantio de plantas de cobertura pode ser considerado benéfico para melhorias na qualidade da bebida e aumento das nuances.

Destaca-se que embora o estágio de maturação considerado ideal para a colheita seja a cereja natural (CN), sob condições específicas, como no caso do presente estudo, a colheita dos frutos já no estágio seco não acarretou prejuízos à qualidade. Considerando-se que o processo de maturação, e consequentemente de colheita, ocorrem em um curto espaço de tempo, verificou-se que a possibilidade de colheita em estágio de maturação mais avançado, pode ampliar o período de colheita. Isso porque o método tradicional de colheita total dos frutos de uma única vez, resulta na colheita de frutos em diferentes estágios de maturação. Aliado ao

grande desafio para a cafeicultura alcançar alta uniformidade de maturação dos frutos (PIMENTA *et al.*, 2018; BAZAME *et al.*, 2021).

5 CONCLUSÕES

Os gêneros predominantes no sistema de produção orgânico foram os fungos *Cladosporium*, *Geotrichum*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Fusarium*. Já no sistema de produção convencional foram *Cladosporium*, *Fusarium* e *Penicillium*.

Frutos secos na planta (FS) apresentaram boa qualidade da bebida e são classificados como cafés especiais ‘Premium’.

As nuances frutadas, carameladas, achocolatas e floral ocorreram em ambos os cafés cereja natural e frutos secos.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, G.M.R.N.; DRESCH, D.G.; MELCHERT, W.R. Use of non-volatile compounds for the classification of specialty and traditional Brazilian coffees using principal component analysis. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 360, n. 13, p. 88, 2021.
- ALVES, S.S.; PEREIRA, R. G. F. A.; AZEVEDO, N.L.; GLÓRIA, E.M.; CHALFOUN, S. M.; BATISTA, L. R. Fungi associated to beans infested with coffee berry borer and the risk of ochratoxin A. **Food Control**, [S.l.], p. 107-204, 2020.
- AZAM, K.; AKHTAR, S.; GONG, Y.Y.; ROUTLEDGE, M. N. R.; ISMAIL, A.; OLIVEIRA, C.A.F.; IQBAL, S. Z.; ALI, H. Evaluation of the impact of activated carbon-based filtration system on the concentration of aflatoxins and selected heavy metals in roasted coffee. **Food Control**, [S.l.], v. 121, 107583, 2021.
- BARBOSA, I.P.; OLIVEIRA, A.C.B.; ROSADO, R.D.S.; SAKIYAMA, N.S.; CRUZ, C.D, PEREIRA, A.A. Sensory quality of *Coffea arabica* L. genotypes influenced by post-harvest processing. **Crop Breed Appl Biotechnol**, [S.l.], v. 19, n. 4, p. 428-435, 2019.
- BARBOSA, I.D.; De OLIVEIRA, A.C.B.; ROSADO, R.D.S. *et al.* Sensory analysis of arabica coffee: cultivars of rust resistance with potential for the specialty coffee market. **Euphytica**, [S.l.], v. 216, n. 165, 2020.
- BATISTA, L. R.; CHALFOUN, S. M. Incidência de ocratoxina A em diferentes frações do café (*Coffea arabica* L.): bóia, mistura e varrição após secagem em terreiros de terra, asfalto e cimento. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 3, p. 804-813, maio/ jun. 2007.
- BAUTISTA-ROSALES, P.U.; CALDERON-SANTOYO, M.; SERVÍN-VILLEGAS, R. OCHOA-ALVAREZ, N.A.; RAGAZZO-SÁNCHEZ, J.A. Mecanismos de ação da levedura *Meyerozyma caribbica* para o controle do fitopatógeno *Colletotrichum gloeosporioides* em manga. **Biol. Contr.**, [S.l.], v. 65, p. 293-301, 2013.
- BAYMAN, P.; BAKER, J. L. Ochratoxins: A global perspective. **Mycopathologia**, [S.l.], v. 162. n. 3, p. 215-223, 2006.
- BAZAME, H. C.; MOLIN, J. P.; ALTHOFF, D.; MARTELLO, M. Detection, classification, and mapping of coffee fruits during harvest with computer vision. **Computers and Electronics in Agriculture**, [S.l.], v. 183, 2021.
- BEMFEITO, C. M.; GUIMARÃES, A. S.; OLIVEIRA, A. L.; ANDRADE, B. F.; PAULA, L. M. A. F.; PIMENTA, C. J. Do consumers perceive sensory differences by knowing information about coffee quality? **LWT**, [S.l.], v. 138, n. 11, 2021.
- BENSCH, K.; GROENEWALD, J. Z.; MEIJER, M.; DIJKSTERHUIS, J.; JURJEVIĆ, Ž.; ANDERSEN, B.; SAMSON, R. A. *Cladosporium* species in indoor environments. **Studies in Mycology**, [S.l.], v. 89, p. 177–301, 2018.
- BESSAIRE, T.; PERRIN, I.; TARRES, A.; BEBIUS, A.; REDING, F.; THEURILLAT, V. Mycotoxins in green coffee: Occurrence and risk assessment. **Food Control**, [S.l.], v. 96, p.59-67, 2019.

BORÉM, F. M.; ISQUIERDO, E. P.; TAVEIRA, J. H. S. Coffee drying. *In: Handbook of coffee post-harvest technology*. Borém, F. M. (Eds.). Norcross: Gin Press, 2014. p. 49-68.

BOZZA, A.A.; CORRÊA, I.P.; FURUIE, J.L.; FARIAS PIRES, T.; ROCIO DALZOTO, P.; PIMENTEL, I.C. Inhibition of growth and ochratoxin A production in *Aspergillus* species by fungi isolated from coffee beans. **Brazilian Journal Of Microbiology**, [S.l.], v. 50, p. 1091-1098, 2019.

CARVALHO, A.M.; REZENDE, J.C.; REZENDE, T.T.; FERREIRA, A.D.; REZENDE, R.M.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, G.R. Relacionamento entre os atributos sensoriais e a qualidade do café em diferentes ambientes. **African Journal of Agricultural Research**, [S.l.], v. 11, p. 3607-3614, 2016.

CHALFOUN, S. M. Biological control and bioactive microbial metabolites: a coffee quality perspective. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1071- 1085, set./out. 2010.

CHALFOUN, S. M.; PARIZZI, F. C. Fungos toxigênicos e micotoxinas em café. *In: BORÉM, F. M. (Ed.). Pós-colheita do café*. Lavras: UFLA, 2008. p. 512-543.

CONSONNI, R.; POLLA, D.; CAGLIANI, L.R. Organic and conventional coffee differentiation by NMR spectroscopy. **Food Control**, [S.l.], v. 94, p. 284-288, 2018.

COUTO, F. A.; DE SOUZA, S. C.; MONTEIRO, M. C. P.; DA SILVA, D. M.; CIRILLO, M. A.; BATISTA, L. R. Diversity and association of filamentous fungi in coffee beans under organic and conventional cultivation. **African Journal of Microbiology Research**, [S.l.], v. 8, n. 26, p. 2505-2512, 2014.

CULLIAO, A. G. L.; BARCELO, J. M. Fungal and mycotoxin contamination of coffee beans in Benguet province, Philippines. **Food Additives & Contaminants: Part A**, [S.l.], v. 32, n. 2, p. 250–260, 2015.

FASSIO, L. D. O.; PEREIRA, R. G. F. A.; MALTA, M. R.; LISKA, G. R.; SOUSA, M. M. M.; CARVALHO, G. R.; PEREIRA, A. A. Sensory Profile of Arabica Coffee Accesses of the Germplasm Collection of Minas Gerais- Brazil. **C.Sci.**, [S.l.], v. 14, n. 3, p. 382, 2019.

FILTENBORG, O.; FRISVAD, J. C. A simple screening method for toxigenic moulds in pure cultures. **Lebensmittel-Wissenschaft Technologie**, Amsterdam, v. 13, n. 3, p. 128-130, 1980.

FREITAS, A.F.; NADALETI, D.H.S.; SILVEIRA, H.R. DE O.; CARVALHO, G.R.; VENTURIN, R.P.; SILVA, V.A. Productivity and beverage sensory quality of arabica coffee intercropped with timber species. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 55, p. e02240, 2020.

GARCÍA-MORALEJA, A.; FONT, G.; MAÑES, J.; FERRER, E. Simultaneous determination of mycotoxin in commercial coffee. **Food Control**, [S.l.], v. 57, p. 282–292, 2015.

GEREMEW, T.; ABATE, D.; LANDSCHOOT, S.; HAESAERT, G.; AUDENAERT, K. Occurrence of toxigenic fungi and ochratoxin A in Ethiopian coffee for local consumption. **Food Control**, [S.l.], v. 69, p. 65–73, 2016.

GOMIERO, T. Food quality assessment in organic vs. conventional agricultural produce: Findings and issues. **Applied Soil Ecology**, [S.l.], v. 123, 714-728, 2018.

GUIMARÃES, E. R.; LEME, P. H. M. V.; DE REZENDE, D. C.; PEREIRA, S. P.; DOS SANTOS, A. C. The brand new Brazilian specialty coffee market. **Journal of Food Products Marketing**, [S.l.], v. 25, n. 1, p. 49-71, 2019.

HUCH, M.; FRANZ, C. M. A. P. Coffee. **Advances in Fermented Foods and Beverages**, [S.l.], p. 501-513, 2015.

IAMANAKA, B. T.; TEIXEIRA, A. A.; TEIXEIRA, A. R. R.; COPETTI, M. V.; BRAGAGNOLO, N.; TANIWAKI, M. H. The mycobiota of coffee beans and its influence on the coffee beverage. **Food Research International**, [S.l.], v. 62, p. 353-358, 2014.

KHANEGHAH, A.M.; FAKHRI, L.Y.; COPPA BDI, C.F.S.C.; FRANCO, L.T.; OLIVEIRA, C.A.F. The concentration and prevalence of ochratoxin A in coffee and coffee-based products: a global systematic review, meta-analysis and meta-regression. **Fungal Biol**, [S.l.], v. 123, p. 611-617, 2019.

KLICH, M. A. **Identification of common *Aspergillus* species**. Utrecht: CBS, 2002. 116 p.

LINGLE, T. R. **The Coffee Cupper's Handbook: A Systematic Guide to the Sensory Evaluation of Coffee's Flavor**, 4th.ed. Handbook series. Speciality Coffee Association of America: Long Beach, Calif, 2011.

MIE, A.; KESSE-GUYOT, E.; KAHL, J.; REMBIAŁKOWSKA, E.; RAUN ANDERSEN, H.; GRANDJEAN, P.; GUNNARSSON, S. B. Human Health Implications of Organic Food and Organic Agriculture. **European Parliament Research Service**, Belgium, v. 5, p. 81-92, 2016

MORELLO, L. G. *et al.* Detection and quantification of *Aspergillus westerdijkiae* in coffee 102 beans based on selective amplification of betatubulin gene by using real-time PCR. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 119, n. 3, p. 270-276, nov. 2007.

PIMENTA, C.J.; ANGÉLICO, C.L.; CHALFOUN, S.M. **Challenges in coffee quality: Cultural, chemical and microbiological aspects**. *Cienc. e Agrotecnologia*, [S.l.], v. 42, n. 4, Jul./Aug. 2018.

PITT, J. I. **A laboratory guide to Common *Penicillium* Species**. Sydney: Food Science Australia, 2000. 187 p.

REZENDE, E. F.; BORGES, J. G.; CIRILLO, M.A.; PRADO, G.; PAIVA, L. C.; BATISTA, L. R. Ochratoxigenic fungi associated with green coffee beans (*Coffea arabica* L.). *In: conventional and organic cultivation in Brazil*. **Brazilian Journal of Microbiology**, [S.l.], v. 44, n. 2, p. 377-384, 2013.

RIBEIRO, J.S.; FERREIRA, M.; SALVA, T. Chemometric models for the quantitative descriptive sensory analysis of Arabica coffee beverages using near infrared spectroscopy. *Talanta*, [S.l.], v. 83, n. 5, p. 1352-1358, 2011.

SAMSON, R. A. *et al.* **Introduction to food-borne fungi**. 4th ed. Centraalbureau: Voor Schimmelcultures Baarn Delft, 2000.

SANTOS, R. A. dos; PRADO, M. A.; PERTIERRA, R. E.; PALACIOS, H. A. Análises de açúcares e ácidos clorogênicos de cafés colhidos em diferentes estádios de maturação e após o processamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, [S.l.], v. 21, 2018.

SCA. Specialty Coffee Association of America. **Green Coffee Grading Protocols**. Disponível em: <https://sca.coffee/research/protocols-best-practices/>. Acesso em: 18 maio 2021.

SCHOLZ, M. B. S.; SILVA, J. V. N. da; FIGUEIREDO, V. R. G. de; KITZBERGER, C. S. G. Atributos sensoriais e características físico-químicas de bebida de cultivares de café do IAPAR. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 6-16. 2013.

SCHWAN, R.F.; SILVA, C.F.; BATISTA, L.R. Coffee Fermentation. *In*: HUI, Y. H.; EVRANUZ, E. Ö. (Ed.). **Handbook of Plant-based fermented food and beverage technology**. [S.l.], CRC Press, 2012. Cap. 42, p. 667-689.

SILVA, B.L.; PEREIRA, P.V.; BERTOLI, L.D.; SILVEIRA, D.L.; BATISTA, N.N.; PINHEIRO, P.F.; CARNEIRO, J.S.; SCHWAN, R.F.; SILVA, S.A.; COELHO, J.M.; BERNARDES, P.C. Fermentation of *Coffea canephora* inoculated with yeasts: Microbiological, chemical, and sensory characteristics. **Food Microbiology**, [S.l.], v. 98, n. 103, p. 786, 2021.

SILVA, C.F.; BATISTA, L.R.; ABREU, L.M.; DIAS, E.S.; SCHWAN, R.F. Succession of bacterial and fungal communities during natural coffee (*Coffea arabica*) fermentation. **Food Microbiology**, [S.l.], v. 25, n. 8, p. 951-957, 2008.

SMITH-SPANGLER, C.; BRANDEAU, M.L.; HUNTER, G.E.; BAVINGER, J.C.; PEARSON, M.; ESCHBACH, P.J.; SUNDARAM, V.; LIU, H.; SCHIRMER, P.; STAVE, C.; OLKIN, I.; BRAVATA, D.M. Are organic foods safer or healthier than conventional alternatives? A systematic review. **Ann. Intern. Med.**, [S.l.], v. 157, p. 348-366, 2012.

SOBREIRA, F. M.; OLIVEIRA, A. C. B.; PEREIRA, A. A.; SOBREIRA, M. F. C.; SAKIYAMA, N. S. Sensory quality of arabica coffee (*Coffea arabica*) genealogic groups using the sensogram and content analysis. **Aust. J. Crop Sci.**, [S.l.], v. 9, p. 486-493, 2015.

SOBREIRA, F.M.; OLIVEIRA, A.C.B. de; PEREIRA, A. A.; MARTINS, A.G.; SAKIYAMA, N.S. divergence among arábica coffee genotypes for sensory quality. **Australian Journal of Crop Science**, [S.l.], v. 10, p. 1442-1448, 2016.

SOUZA, M.L.; SILVA RIBEIRO, L.; GABRIELA PEDROSO MIGUEL, M., ROBERTO BATISTA, L., FREITAS SCHWAN, R., HENRIQUE MEDEIROS, F., & FERREIRA SILVA, C. Yeasts prevent ochratoxin A contamination in coffee by displacing *Aspergillus carbonarius*. **Biological Control**, [S.l.], v. 104, p. 512, 2020.

TOLEDO, R. A. B. *et al.* Relationship between the different aspects related to coffee quality and their volatile compounds. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, New Jersey, v. 15, p. 705-719, 2016.

VILELA, D. M.; PEREIRA, G. V. M.; SILVA, C. F.; BATISTA, SCHWAN, R. F. Molecular ecology and polyphasic characterization of the microbiota associated with semi-dry processed coffee (*Coffea arabica* L.). **Food Microbiol.**, [S.l.], v. 27, n. 8, p. 1128-1135, 2010.

YADAV, A. N.; VERMA, P.; KUMAR, V.; SANGWAN, P.; MISHRA, S.; PANJIAR, N.; SAXENA, A. K. Biodiversity of the Genus *Penicillium* in Different Habitats. **New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering**, [S.l.], p. 3-18, 2018.

ANEXOS

Tabela 1 - Percentual de contaminação por fungos filamentosos em frutos de café no estágio cereja natural (CN).

Gêneros/ espécies	Paraíso convencional				Catiguá convencional				Paraíso orgânico				Catiguá orgânico			
	<i>Presença</i>		<i>Ausência</i>		<i>Presença</i>		<i>Ausência</i>		<i>Presença</i>		<i>Ausência</i>		<i>Presença</i>		<i>Ausência</i>	
	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD
<i>Aspergillus parasiticus</i> seção Flavi									0,41							
<i>Aspergillus</i> seção Circumdati	1,6		1,3	37,50	3,73		2,91				2,90		0,33		0,84	
<i>Aspergillus</i> seção Nigri	2		1,7		2,23		1,45	100	4,57		4,56	14,06			1,70	27,27
<i>Cladosporium</i> sp.										16		25,00	2,30		0,42	6,06
<i>Fusarium</i> sp1.	30,20	60	28,26	25	33,58		33,5		58,09	68	58,51	51,56	30,26	8,33	17,76	12,12
<i>Fusarium</i> sp2.	21,20		20,45		14,6		17,51				0,83		26	58,33	34,53	45,5
<i>Geotrichum</i> sp.	20,40		21,73		20,89		18,4		11	10	9,96	6,25				
<i>Penicilium</i> sp.	22,40	20	19,56		15,57		22,62		1,66	2	6,64	1,56	18,09	16,67	30,28	9,09
<i>Rhizopus</i> sp.													4,95	16,67	5,53	
Não identificado	2,2	20	7	37,50	9,4		3,61		24,07	4	16,60	1,56	17,76		8,94	

*SM: sem desinfecção e CD: com desinfecção.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 2 - Percentual de contaminação por fungos filamentosos em café em coco, provenientes do café CN seco em terreiro.

Gêneros/ espécies	Paraíso convencional				Catiguá convencional			
	Presença		Ausência		Presença		Ausência	
	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD
<i>Aspergillus</i> seção Flavi	5,77		1,56		2,56		1,93	
<i>Aspergillus</i> seção Circumdati	5,14	1,55	1,56		3,29		3,36	2,95
<i>Aspergillus ostianus</i> seção Circumdati			0,52					
<i>Aspergillus</i> seção Nigri	2,56		3,14		7,33	0,66	3,36	0,95
<i>Cladosporium</i> sp.	33,97	30,62	40,4	30,63	36,99	41,6	40,29	34,30
<i>Fusarium</i> sp1.	10,88	20,15	15,18	17,5	9,89	12,72	12,12	27,35
<i>Fusarium</i> sp2.	5,13	43,04	8,86	48,12	7,33	41,9		30,55
<i>Penicilium</i> sp.	36,55	2,32	28,78	0,63	32,61	1,3	37,85	0,95
<i>Rhizopus</i> sp.		2,32		3,13		1,82	1,09	2,95
Gêneros/ espécies	Paraíso orgânico				Catiguá orgânico			
	Presença		Ausência		Presença		Ausência	
	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD
<i>Aspergillus</i> seção Flavi	0,37		0,8		0,55			
<i>Aspergillus</i> seção Circumdati	6,43	3,91	3,20	5,88	6,11	7,21	5,68	8,33
<i>Aspergillus ostianus</i> seção Circumdati								
<i>Aspergillus</i> seção Nigri	5,3		5,6		4,7		8,72	
<i>Cladosporium</i> sp.	42,05	44,69	47,20	33	52,07	59,91	49,62	50,55
<i>Fusarium</i> sp1.	14,01	14,52	11,2	24,01	6,11	12,16	6,44	15,56
<i>Fusarium</i> sp2.	4,93	21	6	31,41				12,78
<i>Penicilium</i> sp.	26,91	14,52	26,00	3,43	30,47	10,81	29,54	12,78
<i>Rhizopus</i> sp.		1,11		1,96		9,91		

*SM: sem desinfecção e CD: com desinfecção.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 3 - Percentual de contaminação por fungos filamentosos em grãos de café seco em terreiro, proveniente de amostras do café CN.

Gêneros/ espécies	Paraíso convencional				Catiguá convencional				Paraíso orgânico				Catiguá orgânico			
	Presença		Ausência		Presença		Ausência		Presença		Presença		Ausência		Presença	
	SM	CD	SM	CD	SM	S M	CD	S M	CD	CD	SM	CD	SM	CD	SM	SM
<i>Aspergillus westerdikiae</i> seção Circumdati			2,70		1,67				5,44				17,93		4,41	
<i>Aspergillus ostianus</i> seção Circumdati			2,70													
<i>Aspergillus</i> seção Circumdati	3,85		4,06		2,5		24,7 1		5,98		12,80		5,52	4,76	16,18	
<i>Aspergillus</i> seção Nigri	2,56		2,70		6,67		2,35								11,78	
<i>Cladosporium</i> sp.	23,08	23,80	54,06	57,14	28,3 3		49,4 1		29,90	33,34	60,00	33,34	26,89	19,05	47,05	100
<i>Fusarium</i> sp1.		28,58	18,92		10		4,71		9,78	33,33					5,88	
<i>Fusarium</i> sp2.	28,20	28,58		42,86	4,17				16,30		14,28	33,33	9,65			
<i>Penicilium</i> sp.	41,03	19,04	14,86		46,6 7		18,8 2		32,60	33,33	12,92	33,33	38,62	76,19	14,70	
<i>Penicilium funiculosum</i>													1,39			
<i>Rhizopus</i> sp.	1,28															

*SM: sem desinfecção e CD: com desinfecção.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 4 - Percentual de contaminação por fungos filamentosos em café em coco, provenientes do café seco (FS).

Gêneros/ espécies	Paraíso convencional				Catiguá convencional				Paraíso orgânico				Catiguá orgânico			
	Presença		Ausência		Presença		Ausência		Presença		Ausência		Presença		Ausência	
	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD
<i>Aspergillus</i> seção Circumdati					9,87		6,71	3,84	2		3		6,35		1,43	
<i>Aspergillus</i> seção Nigri	1,09		1,01	3,17	0,82		1,18	0,64					0,66		0,71	
<i>Cladosporium</i> sp.	44,26	7,27	38,07	22,22	54,32	22,96	57,7	40,38	48,57	28,26	44	35,51	36,12	34,95	39,92	36,7
<i>Fusarium</i> sp1.	9,83	74,54	23,85	20,63	13,16	46,66		26,92	3,57	19,56	9,46	20,56	1,67	6,19	2,51	16,87
<i>Fusarium</i> sp2.	15,3	14,54		31,74		5,92	2,37	5	2	4		2,80		11,06	2,87	12,23
<i>Geotrichum</i> sp.									13,92	39,13	8,33	16,82	15,05	6,19	20,14	
<i>Penicilium</i> sp.					7,4	11,85	6,32		17,50	1,44	10,60	1,40	6,02	8,4		
<i>Penicilium brevicompactum</i>	22,95	3,63	20,81		14,4	12,59	25,69	23	7,50	7,24	24	22,89	29,76	33,18	32,37	31,64
<i>Rhizopus</i> sp.	6,55		16,24	22,22					1,42				1,33			1,26
<i>Talaromyces</i> sp.									3,57				3,01			1,26

*SM: sem desinfecção e CD: com desinfecção.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 5 - Percentual de contaminação por fungos filamentosos em grãos de café proveniente do café FS.

Gêneros/ espécies	Paraíso convencional				Catiguá convencional				Paraíso orgânico				Catiguá orgânico			
	Presença		Ausência		Presença		Ausência		Presença		Ausência		Presença		Ausência	
	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD	SM	CD
<i>Aspergillus parasiticus</i> seção Flavi	25															
<i>Aspergillus westerdikiae</i> seção Circumdati	7,38	9,09								5,40						
<i>Aspergillus</i> seção Circumdati		9,09	6,77							2,70						
<i>Aspergillus</i> seção Nigri			3,4				22,22			1,35			10,24		20,51	
<i>Cladosporium</i> sp.	14,77		40,67		15		33,33		16,21		36,64		26,51		10,26	
<i>Fusarium</i> sp1.	2,46									66,67						
<i>Fusarium</i> sp2.	56	54,54	10,17	100	12,18	43,75	2,9	50	31,10	33,33		50		12,90	5,13	16,67
<i>Penicilium</i> sp.	2,15		38,99		25,94	18,75	41,55	50	15,54		63,36	50	28,37		64,10	83,33
<i>Penicilium brevicompactum</i>	14,77	27,28			46,88	12,5			27,7				34,88		87,09	
<i>Rhizopus</i> sp.	2,47															

*SM: sem desinfecção e CD: com desinfecção.

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 6 - Análise estatística para os atributos sensoriais considerando as cultivares e sistemas de produção para o café CN.

Tratamentos	Atributos sensoriais						
	Sabor	Acidez	Corpo	Aroma	Equilíbrio	Finalização	Impressão global
Paraíso MG H419-1	7,72 a	7,58 a	7,75 a	7,48 a	7,50 a	7,52 a	7,5 a
Catiguá MG2	7,25 a	7,05 a	7,22 a	6,97 a	6,93 a	7,13 a	6,93 a
Convencional	7,15 a	7,00 a	7,20 a	6,90 a	6,85 a	6,98 a	6,85 a
Orgânico	7,82 a	7,63 a	7,77 a	7,55 a	7,58 a	7,67 a	7,58 a
CV %	8,77	8,34	8,62	8,54	8,45	8,83	8,45

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 7 - Análise estatística para os atributos sensoriais considerando as cultivares e sistemas de produção para o café FS.

Tratamentos	Atributos sensoriais								
	Sabor	Acidez	Corpo	Aroma	Finalização	Impressão global	Equilíbrio		
Paraíso MG H419-1	7,8 a	7,60 a	7,87 a	7,5 a	7,67 a	7,53 a	Cultivares	Sistemas de produção	
Catiguá MG2	7,8 a	7,62 a	7,72 b	7,47 a	7,65 a	7,47 a		Convencional	Orgânico
Convencional	7,8 a	7,63 a	7,80 a	7,52 a	7,68 a	7,53 a	Paraíso MG H419-1	7,5 Aa	7,6 Aa
Orgânico	7,8 a	7,58 a	7,78 a	7,45 a	7,63 a	7,47 a	Catiguá MG2	7,6 Aa	7,37 Bb
CV %	1,77	1,68	1,37	1,07	2,21	1,07		1,15	

Letras minúsculas indicam a comparação entre cultivares dentro de um mesmo sistema de produção e letras maiúsculas correspondem à comparação do mesmo cultivar em diferentes sistemas de produção. Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 8 - Médias para atributos sensoriais considerando as cultivares e manejos para o café CN.

Tratamentos	Atributos sensoriais						
	Sabor	Acidez	Corpo	Aroma	Equilíbrio	Finalização	Impressão global
Paraíso MG H419-1	7,72 a	7,58 a	7,77 a	7,48 a	7,5 a	7,53 a	7,45 a
Catiguá MG2	7,23 a	7,08 a	7,20 a	6,95 a	6,95 a	7,13 a	7,00 a
Com plantas de cobertura	7,43 a	7,30 a	7,50 a	7,22 a	7,20 a	7,30 a	7,20 a
Sem plantas de cobertura	7,52 a	7,37 a	7,47 a	7,22 a	7,25 a	7,37 a	7,25 a
CV %	11,13	11,49	11,31	11,14	10,64	11,24	10,64

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 9 - Médias para atributos sensoriais considerando as cultivares e manejos para o café FS.

Tratamentos	Atributos sensoriais						
	Sabor	Acidez	Corpo	Aroma	Equilíbrio	Finalização	Impressão global
Paraíso MG H419-1	7,80 a	7,60 a	7,85 a	7,50 a	7,55 a	7,65 a	7,53 a
Catiguá MG2	7,82 a	7,63 a	7,73 a	7,47 a	7,48 a	7,65 a	7,47 a
Com plantas de cobertura	7,80 a	7,62 a	7,83 a	7,48 a	7,52 a	7,73 a	7,52 a
Sem plantas de cobertura	7,82 a	7,62 a	7,75 a	7,48 a	7,52 a	7,57 a	7,48 a
CV %	1,99	2,06	1,78	1,53	2,42	2,15	1,52

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 10 - Médias para atributos sensoriais considerando os sistemas de produção e manejos para o café CN.

Tratamentos	Atributos sensoriais						
	Sabor	Acidez	Corpo	Aroma	Equilíbrio	Finalização	Impressão global
Convencional	7,45 a	7,27 a	7,47 a	7,18 a	7,18 a	7,28 a	7,18 a
Orgânico	7,52 a	7,37 a	7,50 a	7,22 a	7,25 a	7,37 a	7,23 a
Com plantas de cobertura	7,45 a	7,27 a	7,47 a	7,18 a	7,18 a	7,28 a	7,18 a
Sem plantas de cobertura	7,52 a	7,37 a	7,50 a	7,22 a	7,25 a	7,37 a	7,23 a
CV %	11,22	11,03	10,34	11,82	11,09	10,79	11,48

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Da autora (2022).

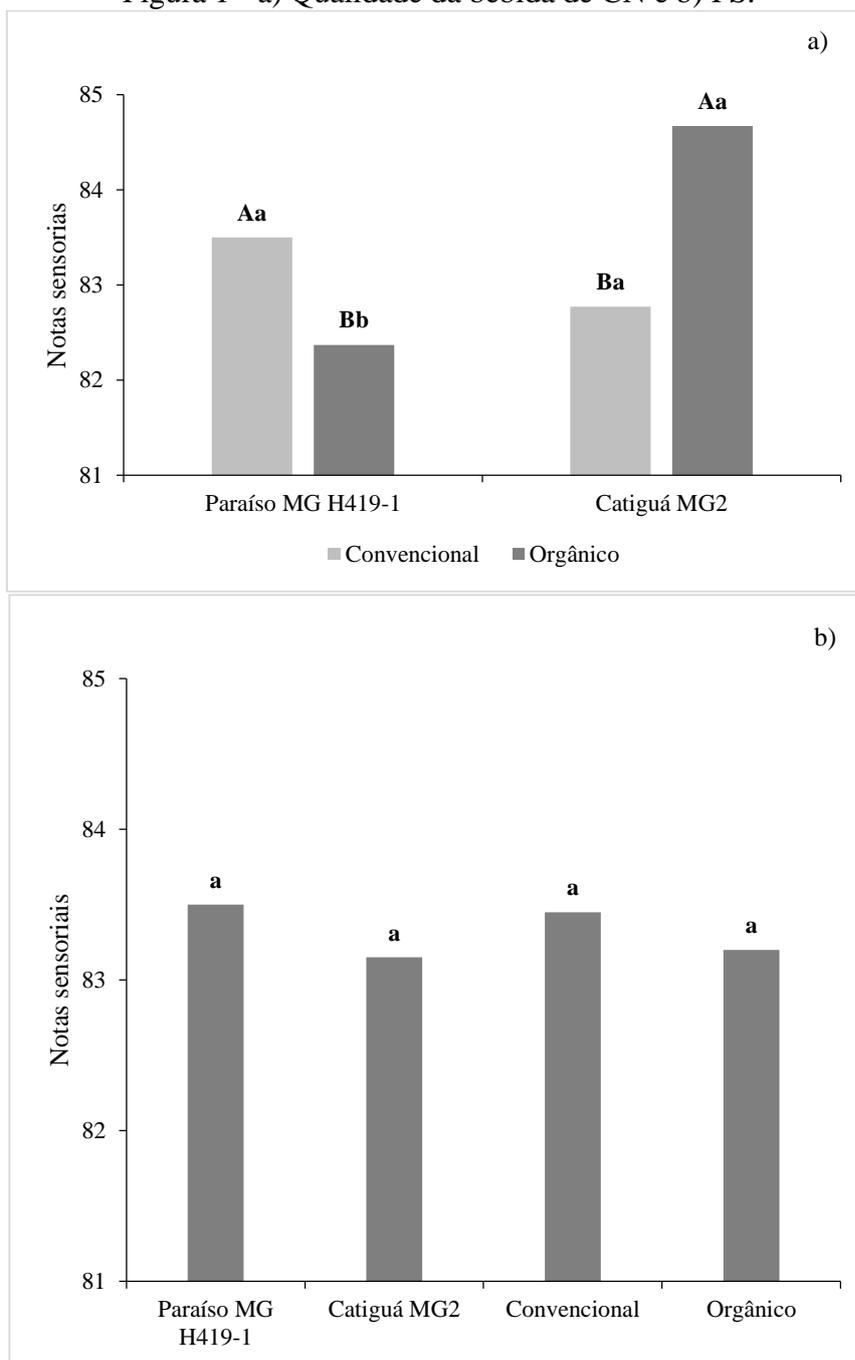
Tabela 11 - Médias para atributos sensoriais considerando os sistemas de produção e manejos para o café CN.

Tratamentos	Atributos sensoriais						
	Sabor	Acidez	Corpo	Aroma	Equilíbrio	Finalização	Impressão glo
Convencional	7,78 a	7,63 a	7,83 a	7,5 a	7,52 a	7,72 a	7,72 a
Orgânico	7,82 a	7,62 a	7,73 a	7,48 a	7,52 a	7,58 a	7,58 a
Com plantas de cobertura	7,78 a	7,63 a	7,83 a	7,5 a	7,52 a	7,72 a	7,72 a
Sem plantas de cobertura	7,82 a	7,62 a	7,73 a	7,48 a	7,52 a	7,58 a	7,58 a
CV %	2,27	2,11	2,11	1,12	2,28	2,97	2,97

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Da autora (2022).

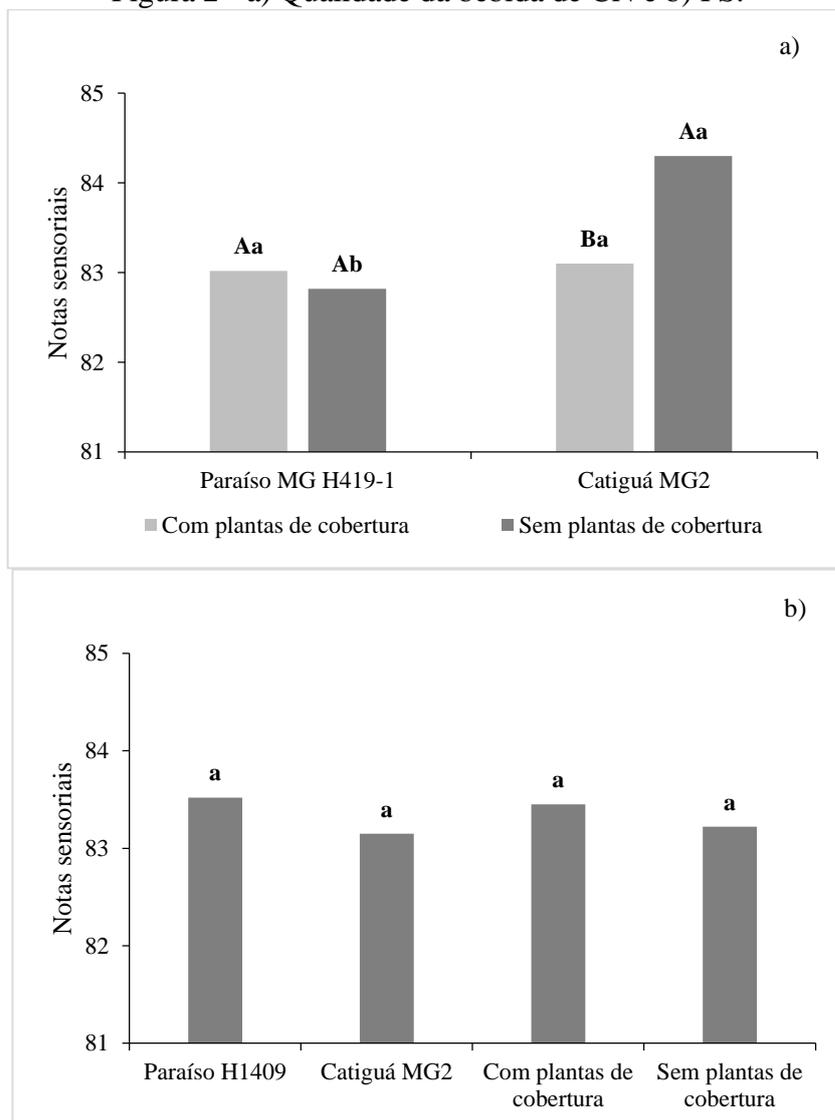
Figura 1 - a) Qualidade da bebida de CN e b) FS.



Letras minúsculas indicam a comparação entre cultivares dentro de um mesmo sistema de produção e letras maiúsculas correspondem à comparação do mesmo cultivar em diferentes sistemas de produção. Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Da autora (2022).

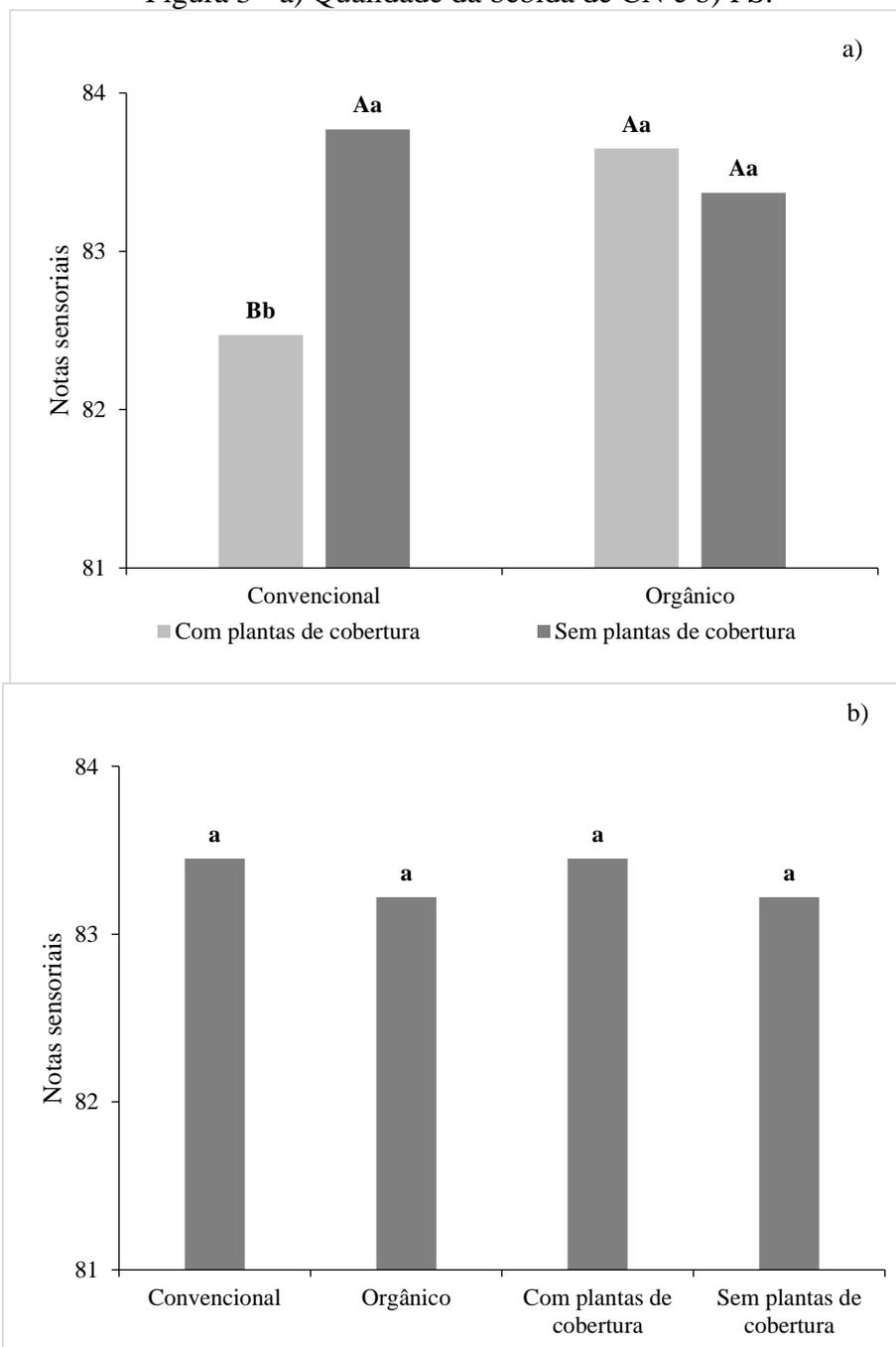
Figura 2 - a) Qualidade da bebida de CN e b) FS.



Letras minúsculas indicam a comparação entre cultivares dentro de um mesmo manejo e letras maiúsculas correspondem à comparação do mesma cultivar em diferentes manejos. Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Da autora (2022).

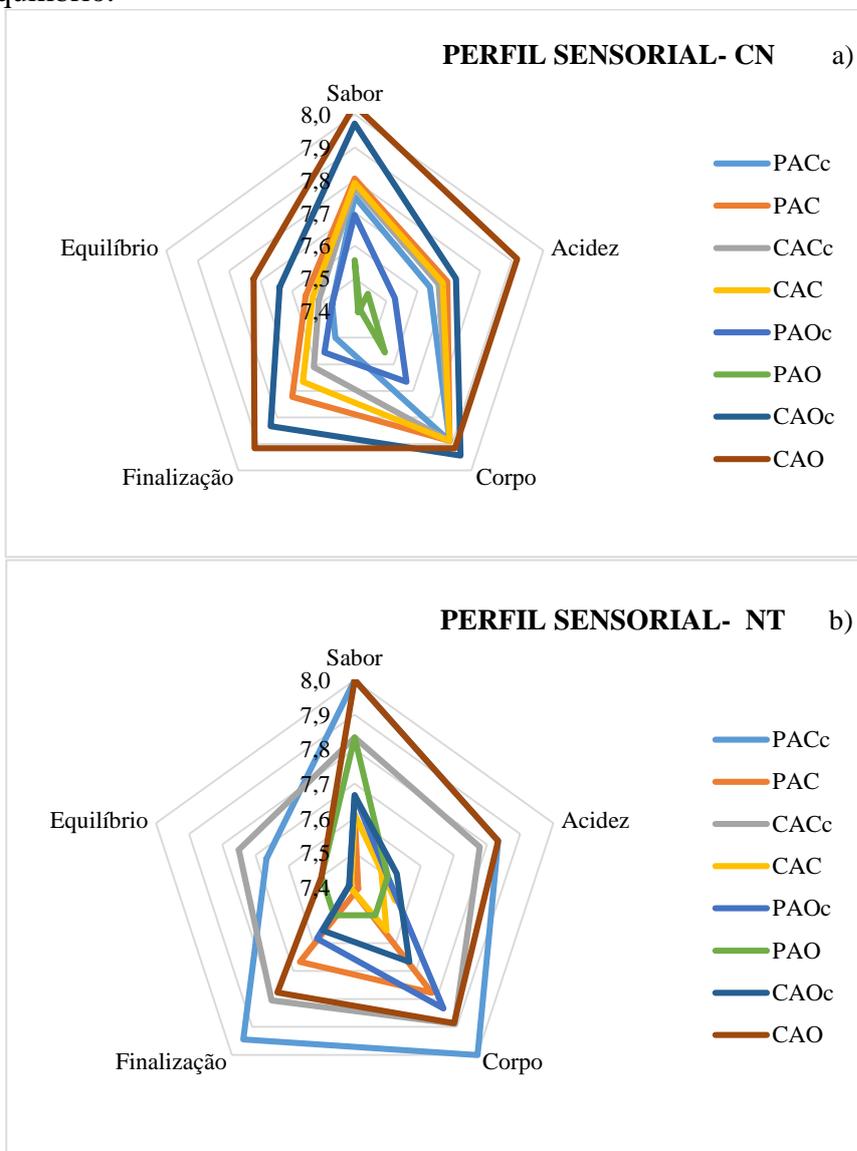
Figura 3 - a) Qualidade da bebida de CN e b) FS.



Letras minúsculas indicam a comparação entre sistemas de produção dentro de um mesmo manejo e letras maiúsculas correspondem à comparação do mesmo sistema de produção em diferentes manejos. Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Da autora (2022).

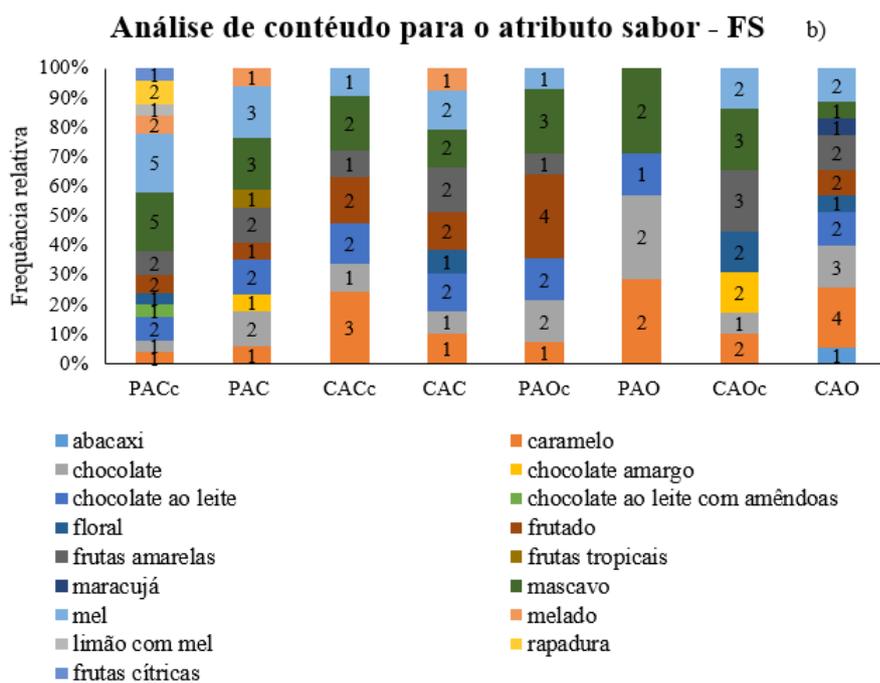
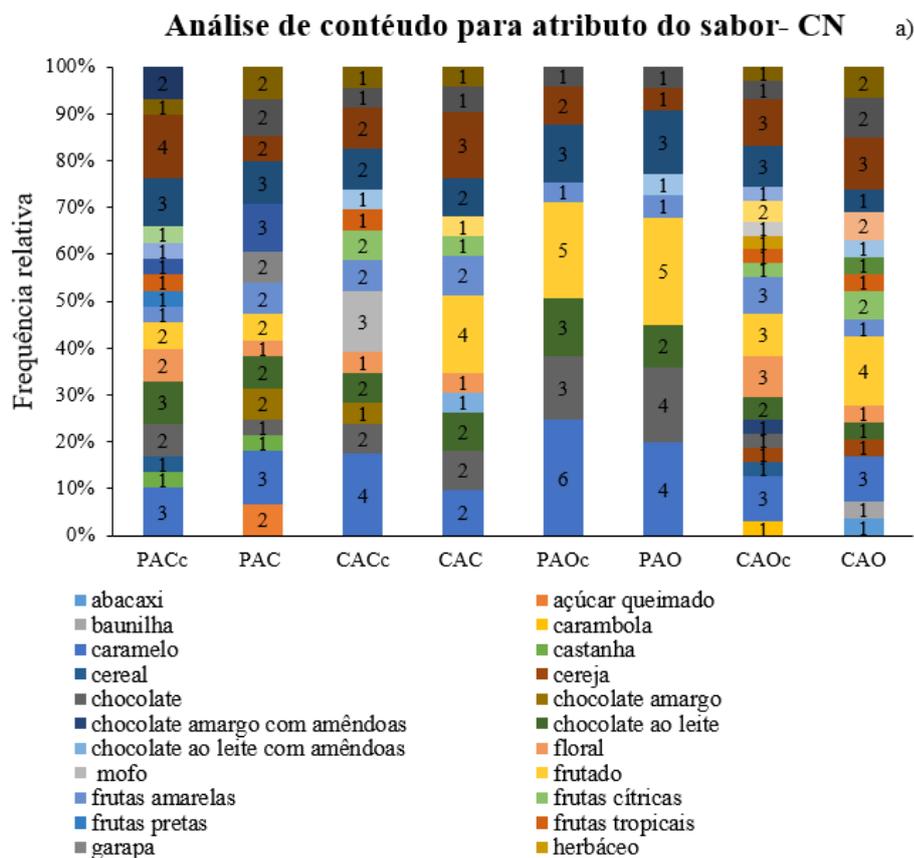
Figura 4 - Perfil sensorial (sensoriograma) dos cafés CN (a) e FS (b) considerando as cultivares, sistemas de produção e manejos e as características sabor, acidez, corpo, finalização e equilíbrio.



Tratamentos: PACc, PAOc, CACc e CAOc: com plantas de cobertura e PAC, PAO, CAC e CAO: sem plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

Figura 5 - Análise de conteúdo com a descrição de nuances de sabor e aroma da bebida dos cafés CN (a) e FS (b). As barras são distribuídas de acordo com a frequência relativa.



Tratamentos: PACc, PAOc, CACc e CAOc: com plantas de cobertura e PAC, PAO, CAC e CAO: sem plantas de cobertura.

Fonte: Da autora (2022).

ARTIGO 5 CULTIVO DE PLANTAS DE COBERTURA NAS ENTRELINHAS DE CAFÉ ARÁBICA COMO MÉTODO ALTERNATIVO NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM SISTEMA DE PRODUÇÃO ORGÂNICO E CONVENCIONAL

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar as composições florísticas e fitossociológicas de plantas daninhas em lavouras cafeeiras sob diferentes manejos. Foi avaliada a influência do plantio de plantas de cobertura na entrelinha do cafeeiro manejado organicamente e convencionalmente. A amostragem de plantas daninhas foi realizada em duas épocas distintas, época de seca e chuvosa nos anos de 2019 e 2020, utilizando-se um quadrado confeccionado com barras de ferro soldadas com dimensão de 0,50 x 0,50 m (0,25 m²), que foi lançado quatro vezes aleatoriamente em cada parcela, evitando-se sobreposição, totalizando 4,0 m² de área coletada. Um total de 41 espécies de plantas daninhas foram registradas, distribuídas em 38 gêneros e 19 famílias, com predominância Poaceae e Asteraceae. A espécie mais abundante foi *Cyperus* sp. e a *Urochloa decumbens* Staf. que ocorreram simultaneamente em todos os tratamentos e apresentaram maior importância (IVI) entre as plantas daninhas. O índice de similaridade foi geralmente baixo, indicando que a comunidade de plantas daninhas foi afetada positivamente pela presença das plantas de cobertura.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L. Fitossociologia. Agricultura orgânica. Cultivares.

1 INTRODUÇÃO

A produtividade e a qualidade do café arábica pode ser drasticamente afetada por plantas daninhas quando mal manejadas (PIRES *et al.*, 2017). Estas plantas competem com os cafeeiros pelo uso de água, luz, gás carbônico e dos nutrientes, para o seu crescimento e desenvolvimento (LANZA *et al.* 2017) assim como, são capazes de manter seu crescimento mesmo em condições não favoráveis.

Podem causar grandes perdas no rendimento e qualidade, pois diminuem a eficiência e a eficácia dos equipamentos agrícolas, afetam a fertilidade do solo, aumentam o uso de insumos agrícolas e diminuem a capacidade de germinação das sementes, devido a produção e liberação de aleloquímicos (AHMAD *et al.*, 2016; WELCH *et al.*, 2016).

As práticas de manejo atuam como um filtro nas comunidades de plantas daninhas, removendo, limitando ou favorecendo certas espécies (SMITH; GROSS, 2007; DERROUCH *et al.*, 2021). Diferentes métodos de controle podem ser utilizados nas entrelinhas do cafeeiro, tais como cultural, físico, mecânico, biológico e químico. Além de propiciar o controle, podem ainda minimizar o potencial de degradação física do solo, compactação e erosão hídrica, perda de matéria orgânica, dentre outros (MARTINS *et al.*, 2015; PIRES *et al.*, 2017).

O controle químico é visto como o mais econômico quando comparado aos métodos manuais e biológicos, como uso de cobertura viva e morta (GHORAI, 2008). Embora a aplicação de herbicidas possa controlar com sucesso o crescimento de plantas daninhas, muito se discute sobre os seus possíveis impactos ao meio ambiente, o que ocasiona desafios para os pesquisadores e produtores rurais.

Uma alternativa ao controle químico é o uso de plantas de cobertura do solo. As culturas de cobertura podem ser leguminosas, gramíneas ou mesmo misturas de espécies cultivadas especificamente para proteger o solo contra a erosão (STAVER *et al.*, 2020), melhorar a estrutura e aumentar a fertilidade do solo (DOZIER *et al.*, 2017), diminuir a lixiviação de nitrato e outros nutrientes da zona da raiz (KASPAR *et al.*, 2012), e suprimir pragas e plantas daninhas (NGOSONG *et al.*, 2019; TAAK *et al.*, 2020).

Algumas espécies de leguminosas como crotalárias (*C. ochroleuca*, *C. breviflora* e *C. juncea*) e gramíneas, como o milheto (*Pennisetum glaucum*), produzem diferentes sistemas radiculares, que exploram diferentes profundidades no solo. O que pode aumentar e melhorar a eficiência de absorção e uso de nutrientes (KASPAR *et al.*, 2012; WUTKE *et al.*, 2016), atuar na descompactação do solo (GONÇALVES *et al.*, 2006) e ainda suprimir o crescimento e desenvolvimento de plantas daninhas.

Neste artigo, foram testadas as hipóteses de que a composição florística e a riqueza das comunidades de plantas daninhas são alteradas e que a frequência das espécies predominantes é reduzida pelo plantio de plantas de cobertura. Para este propósito, lavouras cafeeiras orgânicas e convencionais sob manejo de plantio de plantas de cobertura nas entrelinhas do cafeeiro, foram avaliadas para detectar mudanças de curto prazo na comunidade de plantas daninhas na composição, riqueza, frequência e abundância de espécies.

2 METODOLOGIA

O estudo foi realizado na Fazenda Cachoeira, localizada no município de Santo Antônio do Amparo-MG, em duas áreas de café arábica com adoção do manejo orgânico e convencional. A lavoura manejada convencionalmente nas coordenadas de latitude 20°90'42,20" S e longitude 44°94'59,51" W e altitude média de 1.008 metros e orgânica nas coordenadas de latitude 20°88'78,35" S e longitude 44°95'12,36" W e altitude média de 1.018,5 metros. O clima predominante é do tipo "Cwa" (subtropical úmido), com estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura anual média de 19,4 °C e a precipitação anual média de 1.530 mm.

O ensaio foi realizado em um delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial (2x2x2), com 2 cultivares (Catiguá MG2 e Paraíso MG H419-1), 2 tipos de manejo (orgânico e convencional) e 2 diferentes manejos referentes a presença e ausência de plantas de cobertura, com quatro repetições.

As lavouras convencionais de café arábica foram implantadas em 2016/2017 e as orgânicas em 2015/2016, ambas com o espaçamento de 3,80 m (entre linhas) x 0,70 m (entre plantas), conferindo um estande de 3.759 plantas ha⁻¹.

O experimento foi implantado em novembro de 2018, quando foi realizada a semeadura do coquetel de plantas de cobertura composto por girassol (*Helianthus annuus* L.), milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), trigo-sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench) e as crotalárias (*Crotalaria ochroleuca* G. Don, *C. breviflora* DC. e *C. juncea* L.). O corte foi realizado posteriormente em fevereiro de 2019 e o segundo plantio foi realizado em novembro de 2019, e o corte realizado em fevereiro de 2020, em ambos os anos as plantas não foram incorporadas, sendo usadas apenas como cobertura morta.

A implantação e condução das áreas seguiram as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro. O manejo fitossanitário foi feito preventivamente ou curativamente, por meio de produtos químicos em dosagens recomendadas, acompanhando a sazonalidade da ocorrência de pragas e de doenças.

O levantamento foi realizado em duas épocas distintas, época de seca e chuvosa nos anos de 2019 e 2020, utilizando-se um quadrado confeccionado com barras de ferro soldadas com dimensão de 0,50x0,50 m (0,25 m²), que foi lançado quatro vezes aleatoriamente em cada bloco nas entrelinhas, tentando evitar sobreposição, totalizando 4,0 m² de área coletada.

As plantas daninhas que se encontravam dentro do quadrado, foram quantificadas de acordo com o número de indivíduos e realizada a identificação das espécies em nível de classe, família e gênero, por meio de bibliografia especializada.

A partir dos dados coletados, foram calculados os parâmetros fitossociológicos (TABELA 1) e índice de similaridade, que varia de 0 a 100%, sendo máximo quando todas as espécies são comuns às duas áreas e mínimo quando não existem espécies em comum (SORENSEN, 1972).

Tabela 1- Fórmulas utilizadas para o cálculo dos parâmetros fitossociológicos.

Frequência (F) =	$\frac{\text{n}^\circ \text{ de quadrados que contêm a espécie}}{\text{n}^\circ \text{ total de quadrados obtidos}}$
Frequência Relativa (FR) =	$\frac{100 \times \text{frequência da espécie}}{\text{frequência total de todas as espécies}}$
Densidade (D) =	$\frac{\text{n}^\circ \text{ total de indivíduos por espécie}}{\text{n}^\circ \text{ total de quadrados obtidos}}$
Densidade Relativa (Dr) =	$\frac{100 \times \text{densidade da espécie}}{\text{densidade total de todas as espécies}}$
Abundância (A) =	$\frac{\text{n}^\circ \text{ total de indivíduos por espécie}}{\text{n}^\circ \text{ total de quadrados que contêm a espécie}}$
Abundância Relativa (Ar) =	$\frac{100 \times \text{abundância da espécie}}{\text{abundância total de todas as espécies}}$
Índice de Valor de Importância (IVI) =	$\frac{\text{FR} + \text{Dr} + \text{Ar}}{(2a/(b+c)) \times 100}$
Índice de Similaridade (IS) =	onde: a é igual ao número de espécies comuns às duas áreas, b e c é igual ao número total de espécies nas duas áreas comparadas

Fonte: Brandão *et al.* (1998).

Os parâmetros florísticos e a estrutura fitossociológica (frequência, densidade, abundância, frequência relativa, densidade relativa, abundância relativa e índice de valor de importância) foram analisados de forma descritiva, sendo realizada a média dos dois anos de levantamento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram identificadas 41 espécies de plantas daninhas (TABELA 2), distribuídas em 38 gêneros e 19 famílias, com predominância de Poaceae (10) e Asteraceae (9) corroborando com resultados encontrados por MACIEL *et al.* (2010) em lavouras cafeeiras orgânicas. Esse fato pode ser atribuído ao elevado banco de sementes formado no solo, a característica das sementes destas possuem menor sensibilidade à luz, germinando mesmo em condições de baixa radiação solar (SILVA *et al.*, 2018). A família Asteraceae apresenta a característica de anemocoria, ou seja, facilita a dispersão de sementes em longas distâncias disseminadas pelo

vento, tornando estas espécies de planta daninha um colonizador rápido (DERROUCH *et al.*, 2021).

Muitas espécies de plantas daninhas apresentam altas taxas de crescimento fotossintético e vegetativo, o que pode ser justificado pelo seu rápido ajuste fenotípico e plasticidade fisiológica (SILBERG *et al.*, 2019; RAMESH *et al.*, 2017), permitindo que germinem, cresçam e floresçam mesmo com baixa disponibilidade de luz.

O uso de plantas de cobertura como ferramenta adicional para o controle de plantas daninhas deve ser baseado principalmente na escolha de espécies de plantas que apresentem diferentes tipos de dossel, e ainda que apresentem uma vantagem competitiva específica, como por exemplo plantas C3 e C4. Essa diversificação pode influenciar a interceptação da radiação solar e na temperatura do solo.

A qualidade da radiação que atinge o dossel das plantas daninhas e a superfície do solo é alterada pelas plantas de cobertura, o que pode acarretar em inibição de alongamento do caule, redução da ramificação e estimulação de floração precoce (SHARMA; BANIK, 2013). A diversificação das plantas escolhidas para compor o coquetel de plantas de cobertura, influencia também a temperatura, especialmente devido ao dossel das suas plantas que podem alterar o microclima e após o corte, sendo utilizadas como cobertura morta, reduzem a evaporação do solo e aumentam a umidade (SILBERG *et al.*, 2019).

Os resultados de abundância, riqueza e distribuição de espécies de plantas daninhas permitem ajudar a determinar como a população de determinada espécie muda ao longo do tempo em resposta ao manejo e as estações avaliadas. Dessa forma, é válido ressaltar que a intensidade e longevidade na supressão de plantas daninhas por parte de plantas de cobertura é influenciada pelo banco de sementes, tempo de implementação da prática, capacidade competitiva das culturas escolhidas por recursos, entre outros fatores.

Tabela 2 - Família, nome científico e nome popular das 42 espécies de plantas daninhas registradas no município de Santo Antônio do Amparo-MG nos anos de 2019 e 2020. (continua)

Família	Nome científico	Nome popular
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i> Colla.	Apaga Fogo
Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i> sp.	Caruru de Mancha
Asteraceae	<i>Conyza</i> sp.	Buva
Asteraceae	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Coentro do Mato
Asteraceae	<i>Emília fosbergii</i> Nicolson	Falsa Serralha
Asteraceae	<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.	Fazendeiro Peludo
Asteraceae	<i>Gamochaeta coarctata</i> (Willd.).	Macela
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Mestraço
Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Picão Branco
Asteraceae	<i>Bidens</i> sp.	Picão Preto
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Serralha
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Nabo/ Nabiça
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Trapoeraba
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.	Corde de Viola
Cruciferae	<i>Lepidium virginicum</i> L.	Mastruz
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp.	Tiririca
Euphorciaceae	<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Small	Erva de Santa Luzia
Euphorciaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Leiteiro
Euphorciaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	Mamona
Fabaceae	<i>Aeschynomene denticulata</i> Rudd.	Angiquinho
Fabaceae	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) Irwin & Barneby	Fedegoso
Fabaceae	<i>Neonotonia wightii</i> (Wight & Arn.) Lackey.	Soja perene
Lamiaceae	<i>Leonurus sibiricus</i> L.	Rubin
Malvaceae	<i>Sida</i> sp.	Vassoura
Oxalidaceae	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth.	Trevo
Phyllantaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb	Quebra-Pedra
Poaceae	<i>Digitaria insularis</i> (L.) Fedde.	Capim Amargoso
Poaceae	<i>Erogrotis pilosa</i> (L.) P.Beauv.	Capim Barbicha de Alemão
Poaceae	<i>Urochloa decumbens</i> Staf.	Capim Braquiária
Poaceae	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	Capim Colchão
Poaceae	<i>Panicum maximum</i> L.	Capim Colônião

Tabela 2 - Família, nome científico e nome popular das 42 espécies de plantas daninhas registradas no município de Santo Antônio do Amparo-MG nos anos de 2019 e 2020. (conclusão)

Família	Nome científico	Nome popular
Poaceae	<i>Pennisetum purpureum</i> Schum	Capim Elefante
Poaceae	<i>Urochloa plantaginea</i> (Link) Hitchc.	Capim Marmelada
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Capim Pé de Galinha
Poaceae	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen	Capim Rabo de Raposa
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	Gramma Seda
Polygonaceae	<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench	Trigo Mourisco
Portulacaceae	<i>Portulaca oleraceae</i> L.	Beldroega
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	Poaia-Branca
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill.	Maria-Pretinha
Talinaceae	<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	Maria Gorda

Fonte: Da autora (2022).

Na Tabelas 3 e 4 estão apresentados os dados referentes aos parâmetros fitossociológicos avaliados nas lavouras de café arábica cv. Catiguá, é possível observar que independente do manejo, na estação seca, as espécies *Urochloa decumbens* Staf., *Cynodon dactylon* e *Neonotonia wightii* ocorreram em ambas as áreas orgânica e convencional e apresentaram altos índices de frequência relativa (FrR), densidade relativa (DeR), abundância relativa (AbR) e índice de valor de importância (IVI) (TABELA 3), ao passo que *Talinum paniculatum*, *Erogrotis pilosa*, *Solanum americanum* e *Raphanus raphanistrum* (na presença) e *Commelina benghalensis*, *Conyza* sp., *Gamochoeta coarctata* e *Ricinus communis* na ausência, apresentaram os menores valores de IVI.

Na estação chuvosa é possível notar diferença entre as espécies que se destacaram. No manejo orgânico, na presença e ausência do plantio de plantas de cobertura, *Urochloa decumbens* e *Digitaria horizontalis* possibilitaram maior IVI, *Urochloa decumbens* para FrR e *Neonotonia wightii* para DeR e AbR. Os menores valores de IVI na presença e ausência foram obtidos nas espécies *Lepidium virginicum* e *Panicum maximum* (3,96) e *Fagopyrum esculentum* e *Ipomoea* sp. (4,96), respectivamente. Enquanto no manejo convencional, destacaram-se a *Urochloa decumbens* e *Cyperus* sp. em todos os parâmetros fitossociológicos (TABELA 4) e as espécies que apresentaram menor importância foram *Lepidium virginicum*, *Alternanthera tenella* e *Cynodon dactylon* (4,01), *Amaranthus* sp. e *Bidens* sp. (5,65), na presença e ausência do plantio de plantas de cobertura, respectivamente.

Na Tabela 5 as espécies que se destacaram frente a todos os parâmetros avaliados no manejo orgânico foram *Urochloa decumbens*, *Digitaria horizontalis* e *Cynodon dactylon*, e no manejo convencional foram *Urochloa decumbens* e *Sonchus oleraceus*. Vale destacar que as espécies que apresentaram menor IVI foram *Erogrotis pilosa*, *Amaranthus* sp. e *Chamaesyce hirta* (5,19) e *Alternanthera tenella*, *Amaranthus* sp., *Panicum maximum* e *Sonchus oleraceus* (7,08) no manejo orgânico e *Aeschynomene denticulata*, *Alternanthera tenella*, *Panicum maximum*, *Solanum americanum* e *Oxalis latifolia* (3,78) e *Alternanthera tenella*, *Panicum maximum*, *Gamochoaeta coarctata*, *Solanum americanum*, *Oxalis latifolia* e *Ageratum conyzoides* (3,88) no manejo convencional, na presença e ausência respectivamente.

Enquanto que na estação chuvosa (TABELA 6), no manejo orgânico *Urochloa decumbens* se destacou para FrR, DeR e AbR. Quanto ao IVI foram *Cynodon dactylon* e *Urochloa decumbens*. Enquanto, *Talinum paniculatum* e *Sida* sp. (5,62) e *Conyza* sp., *Lepidium virginicum* e *Cyperus* sp. (11,64) apresentaram os menores valores. No manejo convencional apenas a *Urochloa decumbens*, com destaque para a *Sida* sp. que apresentou elevado IVI (104,39) na área onde foi realizado o plantio das plantas de cobertura.

A *Cyperus* sp. foi a mais abundante nas áreas de estudo. Esta espécie possui a característica de sobreviver e crescer em condições com pH mais elevado; altos teores de CaCO_3 e potássio, condutividade elétrica, concentração de matéria orgânica, solos mais argilosos e arenosos (AHMAD *et al.*, 2016). Outra espécie que merece destaque é a grama seda, que é considerada uma planta daninha de difícil controle tanto em agroecossistemas tropicais como temperados, apresenta alta capacidade competitiva e possui boa adaptação a diferentes tipos de solos (ALSHERIF, 2020).

Dentre as 41 espécies identificadas, apenas *Urochloa decumbens* Staf. esteve presente simultaneamente em todos os tratamentos e apresentou maior importância entre as demais plantas daninhas, alcançando altos índices de valor de importância. Essa resposta se deve aos seus elevados valores relativos de frequência e densidade, que indicam o grande número de indivíduos dessa espécie ocupando a maior parte da área amostrada em cada tratamento e estação.

A *Urochloa decumbens* Staf. é conhecida por possuir abundante produção de biomassa durante o ano todo e é comumente utilizada visando a cobertura vegetal do solo, em especial nas entrelinhas do cafeeiro, fato esse que não foi objeto de estudo. Entretanto, a mesma ocorreu em todas as áreas, tanto orgânica como convencional. Como era de se esperar, algumas espécies de plantas daninhas podem persistir, isso pode se justificado pela alta capacidade competitiva,

boa adaptação a solos pobres e principalmente apresenta fácil disseminação (SANTOS; SILVA, 2018).

Tabela 3 - Nome científico, frequência relativa (FrR), densidade relativa (DeR), abundância relativa (AbR) e índice de valor de importância (IVI) de espécies de plantas daninhas registradas em cultivo de café cv. Catiguá sob diferentes manejos na estação seca. (continua)

Nome científico	Catiguá orgânico - estação seca							
	Presença de plantas de cobertura				Ausência de plantas de cobertura			
	FrR (%)	DeR (%)	AbR (%)	IVI	FrR (%)	DeR (%)	AbR (%)	IVI
<i>Alternanthera tenella</i> Colla.	6,22	0,51	2,84	9,57	12,97	2,55	4,97	20,49
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	4,00	0,20	1,86	6,06				
<i>Urochloa decumbens</i> Staf.	35,56	9,88	8,88	54,31	32,40	9,08	7,31	48,79
<i>Conyza</i> sp.	8,00	0,79	1,86	10,65				
<i>Erogrotis pilosa</i> (L.) P.Beauv.	17,78	29,72	22,94	70,44	4,35	0,84	3,71	8,90
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.					6,52	23,85	35,27	65,64
<i>Panicum maximum</i> L.	6,67	1,86	3,82	12,35	11,92	4,64	9,18	25,74
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	16,00	20,08	23,77	59,84	12,90	14,36	20,52	47,78
<i>Ricinus communis</i> L.					4,35	0,84	1,86	7,04
<i>Lepidium virginicum</i> L.	8,44	2,98	9,53	20,96	8,63	2,87	8,86	20,36
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	2,22	0,31	1,91	4,44				
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	6,67	2,17	4,45	13,29	13,04	4,18	3,10	20,33
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	25,33	5,71	6,63	37,67	4,35	2,51	5,57	12,43
<i>Neonotonia wightii</i> (Wight & Arn.) Lackey.	20,89	58,32	45,61	124,82	25,95	11,59	10,50	48,04
<i>Cyperus</i> sp.	12,44	6,08	15,50	34,02	21,60	57,83	37,66	117,09
<i>Commelina benghalensis</i> L.	8,89	3,10	4,78	16,76	2,17	0,42	1,86	4,45
<i>Oxalis latifolia</i> Kunth.					12,90	5,78	8,26	26,94
<i>Sida</i> sp.					4,35	0,84	3,71	8,90

Tabela 3 - Nome científico, frequência relativa (FrR), densidade relativa (DeR), abundância relativa (AbR) e índice de valor de importância (IVI) de espécies de plantas daninhas registradas em cultivo de café cv. Catiguá sob diferentes manejos na estação seca. (conclusão)

Nome científico	Catiguá convencional - estação seca							
	Presença de plantas de cobertura				Ausência de plantas de cobertura			
	FrR (%)	DeR (%)	AbR (%)	IVI	FrR (%)	DeR (%)	AbR (%)	IVI
<i>Urochloa decumbens</i> Staf.	37,36	44,28	23,19	104,83	50,77	41,15	18,01	109,92
<i>Conyza</i> sp.					2,50	0,57	1,90	4,97
<i>Erogrotis pilosa</i> (L.) P.Beauv.	2,08	0,42	1,64	4,15				
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	2,08	1,26	4,93	8,27				
<i>Amaranthus</i> sp.					2,50	1,14	3,79	7,43
<i>Ipomoea</i> sp.	4,17	0,84	1,64	6,65				
<i>Emília fosbergii</i> Nicolson	4,17	3,35	6,58	14,09	2,50	2,86	9,48	14,84
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.	4,17	0,84	3,29	8,29	7,50	1,71	1,90	11,11
<i>Senna obtusifolia</i> (L.) Irwin & Barneby	2,08	0,84	3,29	6,21				
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	3,45	1,98	7,87	13,29	3,85	1,27	4,74	9,85
<i>Gamochaeta coarctata</i> (Willd.).					3,85	0,42	1,58	5,85
<i>Solanum americanum</i> Mill.	2,08	0,42	1,64	4,15				
<i>Urochloa plantaginea</i> (Link) Hitchc.	6,25	2,93	3,83	13,01				
<i>Lepidium virginicum</i> L.	2,08	2,93	11,51	16,52	5,00	1,14	3,79	9,93
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	8,98	1,63	4,86	15,47	3,85	0,42	1,58	5,85
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	11,78	7,42	13,21	32,41	5,00	4,00	6,64	15,64
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	15,23	9,58	10,21	35,01	30,38	9,81	6,55	46,75
<i>Bidens</i> sp.					6,35	5,99	20,22	32,55
<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	27,66	8,09	6,41	42,16	17,69	9,39	10,42	37,51
<i>Leonurus sibiricus</i> L.	30,46	41,82	27,92	100,20	31,54	40,35	21,29	93,18
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	5,53	0,81	3,22	9,56	3,85	0,84	3,16	7,85
<i>Cyperus</i> sp.	21,41	67,80	58,38	147,59	20,38	77,22	79,27	176,88
<i>Commelina benghalensis</i> L.	8,98	2,79	6,37	18,14	2,50	1,71	5,69	9,90

Tabela 4 - Nome científico, frequência relativa (FrR), densidade relativa (DeR), abundância relativa (AbR) e índice de valor de importância (IVI) de espécies de plantas daninhas registradas em cultivo de café cv. Catiguá sob diferentes manejos na estação chuvosa. (continua)

Nome científico	Catiguá orgânico - estação chuvosa							
	Presença de plantas de cobertura				Ausência de plantas de cobertura			
	FrR (%)	DeR (%)	AbR (%)	IVI	FrR (%)	DeR (%)	AbR (%)	IVI
<i>Alternanthera tenella</i> Colla.					10,34	1,81	3,13	15,29
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	6,25	0,26	0,70	7,21	10,34	0,96	1,66	12,96
<i>Urochloa decumbens</i> Staf.	38,75	16,09	19,79	74,63	31,65	20,72	16,39	68,76
<i>Digitaria insularis</i> (L.) Fedde.					3,57	0,39	1,18	5,14
<i>Erogrotis pilosa</i> (L.) P.Beauv.	4,00	0,51	1,12	5,62				
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	12,00	20,30	14,87	47,18	14,29	16,54	12,34	43,16
<i>Amaranthus</i> sp.	4,00	1,52	3,35	8,87				
<i>Panicum maximum</i> L.	3,13	0,13	0,70	3,96	14,16	2,78	9,47	26,41
<i>Ipomoea</i> sp.	7,13	0,64	1,82	9,58	3,45	0,96	0,55	4,96
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	12,50	10,55	14,01	37,07	17,24	18,23	18,90	54,37
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	3,13	0,13	0,70	3,96	3,57	1,18	3,53	8,28
<i>Urochloa plantaginea</i> (Link) Hitchc.	4,00	3,05	6,69	13,74	7,14	3,94	5,88	16,96
<i>Lepidium virginicum</i> L.	3,13	0,13	0,70	3,96				
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	12,00	2,03	1,48	15,51	3,57	0,79	2,35	6,71
<i>Bidens</i> sp.	8,00	19,29	21,20	48,49				
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	23,63	11,33	12,29	47,25	7,14	1,18	1,76	10,09
<i>Neonotonia wightii</i> (Wight & Arn.) Lackey.	15,37	53,84	44,68	113,89	21,18	8,51	7,53	37,23
<i>Cyperus</i> sp.	4,00	1,52	3,35	8,87	17,43	54,46	45,59	117,48
<i>Commelina benghalensis</i> L.	9,38	2,90	5,14	17,41	3,45	0,53	2,76	6,74
<i>Oxalis latifolia</i> Kunth.	6,25	0,40	1,05	7,70	10,59	11,59	20,84	43,02
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench	8,00	1,52	1,67	11,20	3,45	0,96	0,55	4,96

Tabela 4 - Nome científico, frequência relativa (FrR), densidade relativa (DeR), abundância relativa (AbR) e índice de valor de importância (IVI) de espécies de plantas daninhas registradas em cultivo de café cv. Catiguá sob diferentes manejos na estação chuvosa. (conclusão).

Nome científico	Catiguá convencional - estação chuvosa							
	Presença de plantas de cobertura				Ausência de plantas de cobertura			
	FrR (%)	DeR (%)	AbR (%)	IVI	FrR (%)	DeR (%)	AbR (%)	IVI
<i>Alternanthera tenella</i> Colla.	2,50	0,23	1,28	4,01				
<i>Portulaca oleraceae</i> L.	5,00	0,47	1,28	6,74	3,23	0,81	4,04	8,08
<i>Urochloa decumbens</i> Staf.	54,44	50,87	22,91	128,22	43,72	35,38	17,61	96,70
<i>Conyza</i> sp.					3,45	1,32	2,61	7,38
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.					3,45	1,32	2,61	7,38
<i>Amaranthus</i> sp.	10,00	2,11	2,87	14,98	3,23	0,40	2,02	5,65
<i>Panicum maximum</i> L.					3,45	1,32	2,61	7,38
<i>Ipomoea</i> sp.					3,23	0,20	1,01	4,44
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.					3,45	2,63	5,23	11,31
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	2,50	0,23	1,28	4,01				
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	11,11	15,71	21,85	48,68	10,34	23,68	15,69	49,72
<i>Ricinus communis</i> L.	16,67	15,71	14,58	46,96	6,90	3,95	3,92	14,77
<i>Urochloa plantaginea</i> (Link) Hitchc.	7,50	2,34	4,25	14,09	16,57	11,23	12,52	40,32
<i>Lepidium virginicum</i> L.	2,50	0,23	1,28	4,01				
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	2,50	0,47	2,55	5,52				
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	10,00	1,41	1,91	13,32				
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	2,50	0,47	2,55	5,52	6,67	6,78	14,08	27,54
<i>Bidens</i> sp.					3,23	0,40	2,02	5,65
<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	15,56	4,24	7,80	27,59	22,80	5,05	7,25	35,10
<i>Leonurus sibiricus</i> L.					3,45	3,95	7,84	15,24
<i>Neonotonia wightii</i> (Wight & Arn.) Lackey.					3,45	1,32	2,61	7,38
<i>Cyperus</i> sp.	28,61	89,65	76,75	195,01	22,80	79,55	71,02	173,37
<i>Commelina benghalensis</i> L.	18,06	9,93	20,48	48,47	13,35	5,36	7,46	26,17
<i>Oxalis latifolia</i> Kunth.	10,56	5,93	16,38	32,86	19,80	14,05	15,22	49,06

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 5 - Nome científico, frequência relativa (FrR), densidade relativa (DeR), abundância relativa (AbR) e índice de valor de importância (IVI) de espécies de plantas daninhas registradas em cultivo de café cv. Paraíso sob diferentes manejos na estação seca. (continua)

Nome científico	Paraíso orgânico - estação seca							
	Presença de plantas de cobertura				Ausência de plantas de cobertura			
	FrR (%)	DeR (%)	AbR (%)	IVI	FrR (%)	DeR (%)	AbR (%)	IVI
<i>Alternanthera tenella</i> Colla.					2,56	0,66	3,85	7,08
<i>Portulaca oleraceae</i> L.	2,22	1,04	4,89	8,15				
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	14,29	6,31	11,23	31,82				
<i>Urochloa decumbens</i> Staf.	55,87	53,55	33,93	143,35	67,57	73,32	41,04	181,93
<i>Erogrotis pilosa</i> (L.) P.Beauv.	2,22	0,52	2,45	5,19				
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	17,78	42,19	24,76	84,72	20,51	21,85	15,89	58,26
<i>Amaranthus</i> sp.	2,22	0,52	2,45	5,19	2,56	0,66	3,85	7,08
<i>Panicum maximum</i> L.					2,56	0,66	3,85	7,08
<i>Ipomoea</i> sp.	2,22	2,08	9,78	14,09	5,88	0,76	2,21	8,85
<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Small	2,22	0,52	2,45	5,19				
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	28,57	60,36	53,83	142,76	29,41	45,04	26,05	100,50
<i>Urochloa plantaginea</i> (Link) Hitchc.	2,22	1,56	7,34	11,12	5,13	1,99	5,78	12,89
<i>Lepidium virginicum</i> L.	13,33	7,81	6,11	27,26	8,45	19,75	59,04	87,23
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	13,33	8,33	6,53	28,20	12,82	6,62	7,71	27,15
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	13,97	5,45	13,38	32,79	2,56	0,66	3,85	7,08
<i>Neonotonia wightii</i> (Wight & Arn.) Lackey.	20,63	7,67	16,00	44,30	20,51	23,84	17,34	61,69
<i>Commelina benghalensis</i> L.	4,44	1,04	2,45	7,93	7,69	2,65	5,12	15,47
<i>Oxalis latifolia</i> Kunth.					5,88	0,76	2,21	8,85
<i>Sida</i> sp.	4,44	1,04	2,45	7,93	5,88	0,76	2,21	8,85

Tabela 5 - Nome científico, frequência relativa (FrR), densidade relativa (DeR), abundância relativa (AbR) e índice de valor de importância (IVI) de espécies de plantas daninhas registradas em cultivo de café cv. Paraíso sob diferentes manejos na estação seca. (conclusão)

Nome científico	Paraíso convencional - estação seca							
	Presença de plantas de cobertura				Ausência de plantas de cobertura			
	FrR (%)	DeR (%)	AbR (%)	IVI	FrR (%)	DeR (%)	AbR (%)	IVI
<i>Alternanthera tenella</i> Colla.					2,56	0,66	3,85	7,08
<i>Portulaca oleraceae</i> L.	2,22	1,04	4,89	8,15				
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	14,29	6,31	11,23	31,82				
<i>Urochloa decumbens</i> Staf.	55,87	53,55	33,93	143,35	67,57	73,32	41,04	181,93
<i>Erogrotis pilosa</i> (L.) P.Beauv.	2,22	0,52	2,45	5,19				
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	17,78	42,19	24,76	84,72	20,51	21,85	15,89	58,26
<i>Amaranthus</i> sp.	2,22	0,52	2,45	5,19	2,56	0,66	3,85	7,08
<i>Panicum maximum</i> L.					2,56	0,66	3,85	7,08
<i>Ipomoea</i> sp.	2,22	2,08	9,78	14,09	5,88	0,76	2,21	8,85
<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Small	2,22	0,52	2,45	5,19				
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	28,57	60,36	53,83	142,76	29,41	45,04	26,05	100,50
<i>Urochloa plantaginea</i> (Link) Hitchc.	2,22	1,56	7,34	11,12	5,13	1,99	5,78	12,89
<i>Lepidium virginicum</i> L.	13,33	7,81	6,11	27,26	8,45	19,75	59,04	87,23
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	13,33	8,33	6,53	28,20	12,82	6,62	7,71	27,15
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	13,97	5,45	13,38	32,79	2,56	0,66	3,85	7,08
<i>Neonotonia wightii</i> (Wight & Arn.) Lackey.	20,63	7,67	16,00	44,30	20,51	23,84	17,34	61,69
<i>Commelina benghalensis</i> L.	4,44	1,04	2,45	7,93	7,69	2,65	5,12	15,47
<i>Oxalis latifolia</i> Kunth.					5,88	0,76	2,21	8,85
<i>Sida</i> sp.	4,44	1,04	2,45	7,93	5,88	0,76	2,21	8,85

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 6 - Nome científico, frequência relativa (FrR), densidade relativa (DeR), abundância relativa (AbR) e índice de valor de importância (IVI) de espécies de plantas daninhas registradas em cultivo de café cv. Paraíso sob diferentes manejos na estação chuvosa. (continua)

Nome científico	Paraíso orgânico - estação chuvosa							
	Presença de plantas de cobertura				Ausência de plantas de cobertura			
	FrR (%)	DeR (%)	AbR (%)	IVI	FrR (%)	DeR (%)	AbR (%)	IVI
<i>Alternanthera tenella</i> Colla.	4,17	0,88	3,50	8,54				
<i>Portulaca oleraceae</i> L.	3,70	2,44	4,74	10,89				
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	4,17	0,29	1,17	5,62				
<i>Urochloa decumbens</i> Staf.	31,48	55,48	45,31	132,27	28,29	40,52	30,10	98,91
<i>Conyza</i> sp.					3,13	2,27	6,24	11,64
<i>Digitaria insularis</i> (L.) Fedde.					6,25	3,41	4,68	14,34
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	3,70	14,63	28,46	46,79				
<i>Pennisetum purpureum</i> Schum					9,38	6,82	6,24	22,44
<i>Amaranthus</i> sp.	11,11	9,76	6,33	27,20				
<i>Panicum maximum</i> L.	16,67	23,10	23,01	62,78	15,79	16,32	12,71	44,82
<i>Ipomoea</i> sp.	8,33	0,58	1,17	10,08				
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	25,00	36,55	24,27	85,82	26,32	31,09	14,53	71,93
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	15,74	5,12	6,47	27,33	9,38	15,91	14,58	39,86
<i>Ricinus communis</i> L.					5,26	3,11	7,27	15,64
<i>Urochloa plantaginea</i> (Link) Hitchc.	14,81	10,98	5,34	31,13	20,89	25,95	28,15	75,00
<i>Lepidium virginicum</i> L.	7,41	2,44	2,37	12,22	3,13	2,27	6,24	11,64
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	7,41	2,44	2,37	12,22				
<i>Bidens</i> sp.	14,81	18,29	8,89	42,00	9,38	11,36	10,40	31,14
<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb	4,17	0,29	2,33	6,79	5,26	5,18	12,11	22,55
<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen					5,26	5,18	12,11	22,55
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	7,41	2,44	2,37	12,22	6,25	4,55	6,24	17,04
<i>Neonotonia wightii</i> (Wight & Arn.) Lackey.	4,17	0,29	2,33	6,79	12,50	4,55	4,15	21,20
<i>Cyperus</i> sp.	3,70	9,76	18,97	32,43				
<i>Commelina benghalensis</i> L.	7,87	3,95	9,44	21,27	6,25	2,27	3,12	11,64
<i>Sida</i> sp.	4,17	0,29	1,17	5,62	27,30	19,24	21,11	67,65

Tabela 6 - Nome científico, frequência relativa (FrR), densidade relativa (DeR), abundância relativa (AbR) e índice de valor de importância (IVI) de espécies de plantas daninhas registradas em cultivo de café cv. Paraíso sob diferentes manejos na estação chuvosa. (conclusão)

Nome científico	Paraíso convencional - estação chuvosa							
	Presença de plantas de cobertura				Ausência de plantas de cobertura			
	FrR (%)	DeR (%)	AbR (%)	IVI	FrR (%)	DeR (%)	AbR (%)	IVI
<i>Alternanthera tenella</i> Colla.	2,50	0,65	3,31	6,46				
<i>Portulaca oleraceae</i> L.	2,50	0,16	0,83	3,49	2,70	0,14	0,88	3,73
<i>Urochloa decumbens</i> Staf.	43,27	36,99	17,69	97,94	50,92	35,65	19,75	106,32
<i>Amaranthus</i> sp.	2,50	0,16	0,83	3,49	2,70	0,72	4,40	7,82
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	3,85	3,00	5,93	12,78				
<i>Ipomoea</i> sp.	8,85	2,32	4,78	15,95	4,00	1,11	3,40	8,52
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	2,50	0,16	0,83	3,49	8,00	4,44	6,81	19,25
<i>Ricinus communis</i> L.	3,85	3,00	5,93	12,78	4,00	5,56	17,02	26,58
<i>Solanum americanum</i> Mill.	3,85	1,00	1,98	6,82				
<i>Urochloa plantaginea</i> (Link) Hitchc.	15,38	10,00	4,94	30,33	20,00	22,22	13,62	55,84
<i>Lepidium virginicum</i> L.	7,50	0,97	1,66	10,13	8,11	1,58	5,28	14,96
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	8,85	4,65	9,56	23,06	2,70	0,14	0,88	3,73
<i>Bidens</i> sp.	2,50	0,16	0,83	3,49	2,70	0,29	1,76	4,75
<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	20,19	8,88	8,92	37,99	16,22	4,15	4,25	24,62
<i>Leonurus sibiricus</i> L.	6,35	2,16	4,78	13,29				
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	3,85	13,00	25,70	42,55				
<i>Cyperus</i> sp.	2,50	0,16	0,83	3,49	26,92	91,24	92,39	210,55
<i>Commelina benghalensis</i> L.	13,85	8,04	13,08	34,97	16,11	4,19	6,87	27,17
<i>Oxalis latifolia</i> Kunth.	15,00	1,61	2,32	18,93	34,92	28,56	22,71	86,19
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench	3,85	2,00	3,95	9,80				
<i>Sida</i> sp.	13,27	50,46	40,66	104,39				

Fonte: Da autora (2022).

O índice de similaridade entre a cultivar Catiguá no sistema orgânico e convencional na presença do plantio de plantas de cobertura foi de 35,29%, e na ausência, foi de 36,36%, considerando a estação seca. Esses valores são considerados baixos, enquanto na estação chuvosa os valores foram respectivamente, 57,14% e 73,68%.

A cultivar Paraíso no sistema orgânico e convencional na estação seca, apresentou índice de similaridade entre 46,51% e 54,05%, na presença e ausência. Na estação chuvosa os valores foram 51,16% e 37,50% respectivamente. De acordo com Sorensen (1972), esse índice é alto quando acima de 50%. O baixo índice de similaridade indica que a comunidade de plantas daninhas foi afetada pelo plantio das plantas de cobertura.

Diferentes manejos podem afetar a composição das plantas daninhas (ALBUQUERQUE *et al.*, 2017), como observado nos tratamentos onde o plantio nas entrelinhas do cafeeiro foi eficiente em controlar a ocorrência destas na estação seca. Staver *et al.* (2020), em experimento realizado em lavouras de café orgânico e convencional na Nicarágua, observaram que ao longo de 11 anos os cafeeiros consorciados com espécies arbóreas leguminosas possibilitaram maior presença de serapilheira, e o controle seletivo com uso de herbicidas apresentou menor diversidade e frequência de plantas daninhas.

Pires *et al.* (2017) observaram que o controle químico e mecânico aumentou a retenção de água e os parâmetros de disponibilidade de água. Porém, a manutenção de plantas de cobertura nas entrelinhas da cultura do café (método cultural) foi o único método de controle de plantas daninhas que melhorou o armazenamento de água e não causou danos aos poros do solo.

É importante ressaltar, que o conhecimento prévio da composição florística das plantas daninhas em sistemas de café orgânico, permite antecipar a organização de estratégias preventivas para adoção de medidas de controle mais sustentáveis (MACIEL *et al.*, 2010). Nesse contexto, seria possível a adoção de medidas de controle em função das espécies de maior ocorrência, associando o uso de plantas de cobertura com roçadas ou capinas seletivas, e a continuidade do monitoramento para evitar o aumento das espécies de menor ocorrência.

4 CONCLUSÕES

Urochloa decumbens Staf. foi a espécie que apresentou os maiores valores de importância (IVI), reforçando a prioridade no controle.

De modo geral, houve baixo índice de similaridade entre os tratamentos, indicando que a comunidade de plantas daninhas foi afetada pela presença e ausência do plantio das plantas de cobertura.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, Z.; KHAN, S. M.; ABD_ALLAH, E. F.; ALQARAWI, A. A.; HASHEM, A. Weed species composition and distribution pattern in the maize crop under the influence of edaphic factors and farming practices: A case study from Mardan, Pakistan. **Saudi Journal of Biological Sciences**, [S.l.], v. 23, n. 6, 741-748, 2016.
- ALBUQUERQUE, J. A. A.; SANTOS, T. S.; CASTRO, T. S.; MELO, V. F.; ROCHA, P. R. R. WEED incidence after soybean harvest in no-till and conventional tillage crop rotation systems in Roraima cerrado. **Planta Daninha**, [S.l.], v. 35, 2017.
- ALSHERIF, E. A. Cereal weeds variation in middle Egypt: Role of crop family in weed composition. **Saudi Journal of Biological Sciences**, [S.l.], v. 27, n. 9, p. 2245-2250, 2020.
- BRANDÃO, M.; BRANDÃO, H.; LACA-BUENDIA, J.P. A mata ciliar do rio Sapucaí, município de Santa Rita do Sapucaí-MG: fitossociologia. **Daphne**, [S.l.], v. 8, n. 4, p.36-48, 1998.
- DERROUCH, D.; DESSAINT, F.; FRIED, G.; CHAUVEL, B. Weed community diversity in conservation agriculture: Post-adoption changes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.l.], v. 312, n. 107, p. 351, 2021.
- DOZIER, I. A.; BEHNKE, G. D.; DAVIS, A. S.; NAFZIGER, E. D.; VILLAMIL, M. B. Tillage and Cover Cropping Effects on Soil Properties and Crop Production in Illinois. **Agronomy Journal**, [S.l.], v. 109, n. 4, p. 1261, 2017.
- GHORAI, A.K. Integrated weed management in jute (*Corchorus olitorius*). **Indian Journal of Agronomy**, [S.l.], v. 53, p. 149-151, 2008.
- GONÇALVES, W. G.; JIMENEZ, R. L.; ARAÚJO-FILHO, J. V.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; PIRES, F. R. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. **Eng. Agríc.**, [S.l.], v. 26, p. 67-75, 2006.
- KASPAR, T.C.; JAYNES, D.B.; PARKIN, T.B.; MOORMAN, T.B.; SINGER J.W. Effectiveness of oat and rye cover crops in reducing nitrate losses in drainage water. **Agr. Water Manage**, [S.l.], v. 110, p. 25-33, 2012.
- LANZA, T.R.; MACHADO, A.F.L.; MARTELLETO, L.A.P. Effect of planting densities of “BRS Princess” banana tree in the suppression of weeds. **Planta Daninha**, [S.l.], v. 35, p. 1-11, 2017.
- MACIEL, C.D. de G.; POLETINE, J.P.; OLIVEIRA NETO, A.M. de; GUERRA, N.; JUSTINIANO, W. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em café orgânico. **Bragantia**, [S.l.], v. 69, n. 3, p. 631-636, 2010.
- MARTINS, B.H.; C.F. ARAUJO-JUNIOR, M.; MIYAZAWA, K.M.; VIEIRA, D.M.P. Milori. Soil organic matter quality and weed diversity in coffee plantation area submitted to weed control and cover crops management. **Soil Tillage Res.**, [S.l.], v. 153, p. 169-174, 2015.

- NGOSONG, C.; OKOLLE, J. N.; TENING, A. S. Mulching: A Sustainable Option to Improve Soil Health. **Soil Fertility Management for Sustainable Development**, [S.l.], p. 231-249, 2019.
- PIRES, L. F.; ARAUJO-JUNIOR, C. F.; AULER, A. C.; DIAS, N. M. P.; DIAS JUNIOR, M. S.; DE ALCÂNTARA, E. N. Soil physico-hydric properties changes induced by weed control methods in coffee plantation. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.l.], v. 246, p. 261-268, 2017.
- RAMESH, K.; RAO, A.N.; CHAUHAN, B.S. Role of crop competition in managing weeds in rice, wheat, and maize in India: a review. **Crop Prot.**, [S.l.], v. 95, p. 14-21, 2017.
- SANTOS, T. A.; SILVA, F. F. Plantas daninhas situadas em áreas de reflorestamento no Brasil: Uma revisão de literatura. **Diversidade e Gestão**, [S.l.], v. 2, n. 1, p.2-16, 2018.
- SHARMA, R.C.; BANIK, P. Baby corn-legumes intercropping system: II weed dynamics and community structure. **NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences**, [S.l.], v. 67, p. 11-18. 2013.
- SILBERG, T. R.; CHIMONYO, V. G. P.; RICHARDSON, R. B.; SNAPP, S. S.; RENNER, K. Legume diversification and weed management in African cereal-based systems. **Agricultural Systems**, [S.l.], v. 174, p. 83-94, 2019.
- SILVA, D. A.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; ALVES, J. M. A.; ROCHA, P. R. R.; MEDEIROS, R. D.; INOTO, E. L.; MENEZES, P. H. S. Caracterização de plantas daninhas em área rotacionada de milho e feijão-caupi em plantio direto. **Scientia Agropecuaria**, [S.l.], v. 9, n. 1, p.7-15, 2018.
- SMITH, R. G.; GROSS, K. L. Montagem de comunidades de ervas daninhas ao longo de um gradiente de diversidade de cultura **J. Appl. Ecol.**, [S.l.], v. 44, p. 1046-1056, 2007.
- SORENSEN, T. A. Method of establishing groups equal amplitude in plant society based on similarity of species content. *In*: ODUM, E. P. **Ecologia**. 3. ed. México: Interamericana, 1972. p. 341-405.
- STAVER, C.; JUVENTIA, S.; NAVARRETE, E.; NAVARRETE, L.; SEPULVEDA, N.; BARRIOS, M. Long-term response of groundcover components to organic and conventional weed control in shaded and open-sun coffee in Nicaragua. **Crop Protection**, [S.l.], v. 133, p. 105-150, 2020.
- TAAK, P.; KOUL, B.; CHOPRA, M.; SHARMA, K. Comparative assessment of mulching and herbicide treatments for weed management in *Stevia rebaudiana* (Bertoni) cultivation. **South African Journal of Botany**, [S.l.], [S.v.], [S.n.], 2020.
- WELCH, R. Y.; BEHNKE, G. D.; DAVIS, A. S.; MASIUNAS, J.; VILLAMIL, M. B. Using cover crops in headlands of organic grain farms: Effects on soil properties, weeds and crop yields. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.l.], v. 216, p. 322-332, 2016.
- WUTKE, E. B.; TRANI, P. E.; AMBROSANO, E. J.; DRUGOWICH, M. I. **Adubação verde no Estado de São Paulo**. Campinas: CATI, 2016. 89 p. (CATI. Boletim técnico, 249).