

ÚRSULA RAMOS Z AidAN

**SISTEMAS CONSERVACIONISTAS DE MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS
DANINHAS NA CULTURA DO CAFÉ**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Francisco C. L. de Freitas

Coorientadores: Ricardo H. Silva Santos
Maurício Dutra Costa

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2020**

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

T

Zaidan, Úrsula Ramos, 1986-

Z21s Sistemas conservacionistas de manejo integrado de plantas
2020 daninhas na cultura do café / Úrsula Ramos Zaidan. – Viçosa,
MG, 2020.

94 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Francisco Cláudio Lopes de Freitas.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Ervas daninhas - Controle. 2. Café - Cultivo. 3. Café -
Floração. 4. Flores - Composição. 5. Cobertura morta
(Agricultura). 6. Micro-organismos do solo. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 632.5

ÚRSULA RAMOS ZAIDAN

SISTEMAS CONSERVACIONISTAS DE MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS
DANINHAS NA CULTURA DO CAFÉ

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 06 de novembro de 2020.

Assentimento:



Úrsula Ramos Zaidan
Autora



Francisco Cláudio Lopes de Freitas
Orientador

“Mas é preciso ter força, é preciso ter raça, é preciso ter gana sempre. Quem traz no corpo a marca, Maria, Maria, mistura a dor e a alegria. Mas é preciso ter manha, é preciso ter graça, é preciso ter sonho sempre. Quem traz na pele essa marca, possui a estranha mania de ter fé na vida!”

Milton Nascimento

ELAS são livres, são sonhadoras, fortes e capazes de escolher seu próprio destino.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ser minha proteção e a força que conduz minha vida.

Ao meu pai Marcos por ter me proporcionado toda estrutura necessária para minha formação. Por seu carinho, atenção, confiança e incentivo.

Agradeço ao meu marido, Rafael Tassinari Resende, por ter sido a paciência e o amor que precisei nos momentos de desafio. Por ter sido meu grande mentor e suporte científico. Pelos momentos de encorajamento e companheirismo.

Ao meu irmão Samir e minha cunhada Cris pela mútua admiração e respeito, amizade, carinho e apoio. Em especial à minha irmã Iasmine, luz dos meus dias, que vivenciou vida e obra deste sonho desafiador de me tornar doutora.

À minha querida Maria Nena pelo apoio psicológico, pela contribuição em meu desenvolvimento pessoal, e por me ensinar o que é ter responsabilidade emocional sobre mim e sobre os outros, e sobre ser leve diante dos desafios e seguir em frente.

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa (UFV), e ao Departamento de Agronomia, pela oportunidade de realizar este trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFV, pela oportunidade concedida para realização do doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa e apoio financeiro à pesquisa.

Ao professor Francisco Cláudio Lopes de Freitas, pela oportunidade, orientação, incentivo, amizade, dedicação e ensinamentos, que foram de grande relevância para a realização deste trabalho e o meu desenvolvimento profissional.

Aos meus coorientadores, os professores Ricardo Santos e Maurício Costa pela disponibilidade e ensinamentos indispensáveis.

Aos meus amigos, o encarregado Wilson e os funcionários da Unidade de Ensino e Pesquisa da Horta Velha, que embalaram os trabalhos com suas histórias e risadas, e tornaram a logística da minha pesquisa possível.

Ao professor Christiano Matos e ao Pesquisador Mabio Lacerda pela participação na banca examinadora.

Aos amigos e colaboradores do Laboratório de Manejo Integrado de Plantas Daninhas.

Á todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste sonho: Gratidão!

Não existem palavras para agradecer àquela que foi e sempre será meu exemplo de resiliência e sabedoria, minha inspiração de vida. Mãe à você dedico esta conquista (*in memoriam*). Obrigada por ter me ensinado a ser uma mulher forte e persistente. Por isso, NOSSO sonho foi realizado. Gratidão minha flor bonita!

RESUMO

Z Aidan, Úrsula Ramos, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2020. **Sistemas conservacionistas de manejo integrado de plantas daninhas na cultura do café.** Orientador: Francisco Cláudio Lopes de Freitas. Coorientadores: Ricardo Henrique Silva Santos e Maurício Dutra Costa.

O manejo de plantas daninhas é um aspecto de suma importância no cultivo de café, pois trata-se de uma cultura sensível à competição por água, luz e nutrientes. As plantas daninhas usualmente são controladas de forma intensiva e sem rotação de métodos de controle, o que vem causando a depauperação das lavouras, esgotamento dos solos e seleção de espécies de difícil controle. Fato que vem causando a depauperação das lavouras, esgotamento dos solos e seleção de espécies de difícil controle. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes estratégias de controle de plantas daninhas sobre a composição florística, a produtividade e a qualidade do solo de lavoura cafeeira mensurada por meio de indicadores microbiológicos, ao longo de três anos. O experimento foi conduzido em lavoura de café (*Coffea arabica* L.) estabelecida, onde foram avaliadas cinco estratégias de manejo de plantas daninhas na entrelinha do cafeeiro: cultivo de *Urochloa ruziziensis*, *Pueraria phaseoloides* e vegetação espontânea mantidos por roçada, para formação de cobertura vegetal sobre o solo; controle da vegetação espontânea com duas aplicações de herbicidas ao longo do ano e solo mantido “no limpo” por meio de capinas manuais. O primeiro capítulo aborda o estudo fitossociológico nas unidades experimentais e demonstra que estratégias de manejo de plantas daninhas modificam a composição florística, a diversidade e a densidade destas. A capina manual selecionou e aumentou a densidade das espécies *Cyperus rotundus* e *C. esculentus* nas unidades experimentais. Este estudo remete à compreensão de que estratégias de manejo com produção e manutenção de cobertura vegetal viva ou morta sobre o solo, como no cultivo de *U. ruziziensis* e *P. phaseoloides* na entrelinha, são alternativas para reduzir a infestação de plantas daninhas e que a adoção de roçadas, controle químico e capinas devem ser intercalados no intuito de evitar pressão de seleção de espécies adaptadas aos respectivos métodos de controle. O segundo capítulo avalia a produtividade e granulometria dos grãos de café, também em função das estratégias de manejo. No período avaliado a produtividade não foi afetada pelos métodos de controle. Nas unidades experimentais em que o solo foi mantido descoberto os grãos de café apresentaram maior granulometria. Embora os métodos de manejo com manutenção de palhada sobre o solo não tenham apresentado benefícios em termos de produtividade no período avaliado, deve-se considerar os benefícios relacionados à proteção e qualidade do solo à médio

e longo prazos. No terceiro capítulo, avaliou-se a qualidade e a sustentabilidade do sistema solo-planta por meio da análise de indicadores microbiológicos sensíveis à distúrbios ocorridos no solo relacionados às estratégias de manejo de plantas daninhas. Neste estudo verificou-se que os indicadores microbiológicos utilizados não indicaram diferenças entre as estratégias de manejo de plantas daninhas quando em condição de estresse hídrico por baixa disponibilidade de água no solo. Entretanto, observou-se diferença nos valores de qCO_2 com tendência de melhoria da qualidade do solo e da sustentabilidade do sistema nas estratégias de manejo em que houve acúmulo de matéria seca sobre o solo quando as avaliações foram realizadas na época do ano com alto índice pluviométrico. O manejo de plantas daninhas no cafeeiro deve ser realizado integrando diferentes métodos de controle, procurando manter a cobertura do solo com material vegetal de modo a evitar a seleção de espécies de plantas daninhas de difícil controle, preservando a microbiota do solo e mantendo a produtividade e qualidade dos grãos, em um sistema de produção sustentável.

Palavras-chave: Composição florística no cafeeiro. Atividade microbiana no solo. Manejo conservacionista de plantas daninhas. Cobertura vegetal.

ABSTRACT

Z Aidan, Úrsula Ramos, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2020. **Conservationist systems of integrated weed management in coffee culture.** Adviser: Francisco Cláudio Lopes de Freitas. Co-advisers: Ricardo Henrique Silva Santos and Maurício Dutra Costa.

Weed management is an extremely important aspect in the cultivation of coffee, as it is a crop sensitive to competition for water, light and nutrients. Weeds are usually controlled intensively and without rotation of control methods, which has been causing depletion of crops, soil depletion and selection of species that are difficult to control. Fact that has been causing depletion of crops, depletion of soils and selection of species that are difficult to control. The aim of this study was to evaluate the effect of different weed control strategies on the floristic composition, productivity and soil quality of coffee plantations measured by microbiological indicators, over three years. The experiment was carried out in an established coffee plantation (*Coffea arabica* L.), where five weed management strategies were evaluated in the coffee rows: cultivation of *Urochloa ruziziensis*, *Pueraria phaseoloides* and spontaneous vegetation maintained by mowing, to form vegetation cover on the ground; control of spontaneous vegetation with two herbicide applications throughout the year and soil kept weeding. The first chapter deals with the phytosociological study in the experimental units and demonstrates that weed management strategies modify the floristic composition, their diversity and density. The manual weeding selected and increased the density of the species *Cyperus rotundus* and *C. esculentus* in the experimental units. This study leads to the understanding that management strategies with production and maintenance of live or dead vegetation cover on the soil, as in the cultivation of *U. ruziziensis* and *P. phaseoloides* between the lines, are alternatives to reduce weed infestation and that adoption of clearings, chemical control and weeding must be intercalated in order to avoid pressure of selection of species adapted to the respective control methods. The second chapter evaluates the productivity and granulometry of coffee beans, also according to the management strategies. In the evaluated period, the productivity was not affected by the control methods. In the experimental units in which the soil was kept uncovered, the coffee beans showed greater granulometry. Although the management methods with straw maintenance on the soil did not present benefits in terms of productivity in the evaluated period, the benefits related to protection and soil quality in the medium and long term must be considered. In the third chapter, the quality and sustainability of the soil-plant system was assessed by analyzing microbiological indicators sensitive to disturbances in the soil related to

weed management strategies. In this study, it was found that the microbiological indicators used did not indicate differences between weed management strategies when under water stress due to low water availability in the soil. However, there was a difference in the qCO_2 values with a tendency to improve soil quality and system sustainability in management strategies in which there was an accumulation of dry matter on the soil when the evaluations were carried out at the time of the year with high rainfall. The management of weeds in coffee plants must be carried out by integrating different control methods, seeking to maintain the soil cover with plant material in order to avoid the selection of weed species that are difficult to control, preserving the soil microbiota and maintaining productivity and quality of grains, in a sustainable production system.

Keywords: Floristic composition in coffee. Microbial activity in the soil. Conservation management of weeds. Vegetation cover.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
REFERENCIAL TEÓRICO	13
A cultura do cafeeiro	13
Importância e interferência de plantas daninhas no cafeeiro.....	14
Controle de plantas daninhas.....	17
Indicadores microbiológicos do solo.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
Capítulo 1	27
RESUMO	27
ABSTRACT	28
1.1.INTRODUÇÃO	29
1.2.MATERIAL E MÉTODOS	30
1.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
1.3.2 Cálculo do Índice de Similaridade (IS)	44
1.4.CONCLUSÕES.....	45
1.5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
Capítulo 2	50
RESUMO	50
ABSTRACT	51
2.1. INTRODUÇÃO	52
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	53
2.2.1. Localização do experimento.....	53
2.2.2. Delineamento experimental e tratamentos	54
2.2.3. Colheita e beneficiamento	56
2.2.4. Rendimento dos grãos de café por peneiras	56
2.2.5. Coleta dos dados de acúmulo de matéria seca.....	57
2.2.6. Análise Estatística	58
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
2.3.1. Produtividade total de grãos de café.....	59
2.3.2. Granulometria dos grãos de café	63
2.3.3. Causalidade do acúmulo de matéria seca sobre a produtividade total de grãos de café	
65	
2.4. CONCLUSÕES.....	68
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
Capítulo 3	72
RESUMO	72
ABSTRACT	73
3.1. INTRODUÇÃO	74

3.2. MATERIAL E MÉTODOS	75
3.2.1. Caracterização da área experimental	75
3.2.2. Delineamento experimental e tratamentos	76
3.2.3. Coleta das amostras de solo.....	78
3.2.4. Análise microbiológica.....	79
3.2.5. Análises estatísticas	82
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
3.4. CONCLUSÃO	91
Agradecimentos.....	92
3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92

INTRODUÇÃO GERAL

A cafeicultura é uma das atividades agrícolas mais importantes do Brasil. É responsável por gerar empregos diretos e indiretos, movimentar o mercado interno e promover divisas internacionais por meio da exportação dos grãos. O país apresenta extensão territorial e clima diversificados, e extensa área apta à produção de café, o que o torna maior produtor e exportador mundial do produto. As duas espécies mais exploradas comercialmente são: *Coffea arabica* L. (café arábica), responsável por 60% da produção global de café, e *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (café robusta) (CARVALHO et al., 2020).

As principais regiões produtoras destas duas espécies são a região das Matas de Minas, zona serrana do Espírito Santo e do Estado do Rio de Janeiro, e quase todo o Sul de Minas, áreas serranas em São Paulo e regiões do planalto e cerrado na Bahia (SOUZA, 2014; SILVA; SANTOS, 2020). Historicamente, a produção de café em Minas Gerais é considerada a principal atividade em termos econômicos e sociais por absorver grande número de mão de obra do Estado. Este é considerado o maior produtor nacional de café da espécie *C. arabica* L., que é cultivada em regiões de relevo acidentado, com índices pluviométricos acentuados em determinados meses do ano, coincidindo com médias de temperaturas mais elevadas, características que favorecem o crescimento e desenvolvimento de plantas daninhas (OLIVEIRA JUNIOR; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

Além dos atributos climáticos, outro fator que favorece o desenvolvimento da comunidade infestante é o espaçamento utilizado na implantação das lavouras. Normalmente são adotados espaçamentos maiores nas entrelinhas, o que ocasiona maior intensidade luminosa e interceptação de luz pelas plantas daninhas, podendo aumentar a densidade populacional das mesmas. Estas possuem elevada capacidade competitiva por recursos do meio: água, nutrientes e luz; e se não manejadas corretamente afetam negativamente o crescimento vegetativo do cafeeiro, a qualidade final do produto, podendo ocasionar perdas quantitativas de até 90% na produtividade, além de onerar os custos de produção (FREITAS et al., 2009; CUNHA; MELO; SANTOS, 2014).

Tradicionalmente, o controle de plantas daninhas nos cafeeiros é feito de forma intensiva. No passado, o método de controle mais utilizado era por meio de capinas manuais. Com o passar dos anos, a oferta de mão de obra diminuiu drasticamente e os produtores tiveram que adotar novas estratégias. Foi então que o controle químico por aplicação de herbicidas passou a ser um dos métodos mais utilizados, por ser uma estratégia que demanda menor tempo de execução e menor quantidade de mão de obra. Entretanto, a adoção destes métodos de

controle por vários anos seguidos e de forma isolada, mantendo o solo “no limpo”, vem causando depauperação das lavouras, seleção de espécies de plantas daninhas tolerantes a herbicidas e prejuízos para a microbiota do solo, podendo culminar com a degradação e depauperação do mesmo (VIEIRA et al., 2015).

Em consequência destes processos de depauperação e degradação tem-se observado prejuízos na área agrícola, econômica e social do Estado, como por exemplo, redução da capacidade produtiva do solo, erosão, diminuição da produtividade do café, perda de fertilizantes, assoreamento e irregularidade nas vazões dos riachos, enchentes e destruição de estradas (ROCHA; PREZOTTI; DADALTO, 2000).

Diante desta problemática e da mudança de cenário das exigências do mercado consumidor nacional e internacional, que atualmente buscam por produtos de melhor qualidade e ao mesmo tempo, que sejam produzidos de forma sustentável, vê-se necessário repensar as estratégias de manejo para o controle de plantas daninhas. A atividade cafeeira deve ser considerada como um agronegócio que exige, além de conhecimento técnico em administração, uma consciência ambientalista, que busca a sustentabilidade do agroecossistema.

Em se tratando de sustentabilidade do sistema, uma variável importante ligada à produção com menor impacto ambiental é preservando os componentes biológicos do solo, pois sua estreita relação com os componentes físicos e químicos influencia em conjunto não só a produtividade das culturas, mas também a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Estratégias de manejo de plantas daninhas que aumentem o aporte de matéria orgânica sobre solo, por exemplo, podem reverter processos de degradação do mesmo. Solos de qualidade e saudáveis, são solos biologicamente ativos, isto é, com a microbiota do solo ativa e em equilíbrio (MENDES et al., 2020).

O controle cultural de plantas daninhas é uma estratégia de manejo que pode contribuir com o desenvolvimento sustentável da atividade cafeeira. Este método consiste em utilizar práticas como variação de espaçamento da cultura ou o uso de cobertura vegetal morta ou viva sobre o solo, buscando diminuir o banco de sementes de espécies daninhas (SILVA et al., 1992), baseado na utilização das características ecológicas das culturas e das plantas daninhas com o objetivo de beneficiar o estabelecimento e desenvolvimento das culturas. Por isso, a presença de outras espécies na entrelinha do café tem sido repensada, levando em consideração que espécies não cultivadas podem trazer benefícios para a cultura (CUNHA; MELO; SANTOS, 2014; MELLONI et al., 2013; MOREIRA et al., 2014).

Neste contexto, pode-se citar a utilização de espécies de braquiárias ou de algumas leguminosas perenes, como amendoim forrageiro e feijão-de-porco, para formação de cobertura

vegetal sobre o solo, com o intuito de aumentar a proteção da superfície do mesmo contra o processo de erosão e imobilização de grandes quantidades de nutrientes, influenciar na composição florística da área, manter a umidade do solo, suprimir a comunidade infestante, entre outros benefícios. Dessa forma, pode-se sugerir uma nova fase nas pesquisas sobre a competição de plantas daninhas com a cultura, em que os conceitos de manejo integrado precisam ser explorados.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de estratégias de manejo de plantas daninhas sobre a composição florística na entrelinha do café, sobre a produtividade e granulometria de grãos beneficiados e sobre atividade microbiana do solo.

REFERENCIAL TEÓRICO

A cultura do cafeeiro

A cafeicultura é uma importante atividade do setor agrícola nacional e vem desempenhando relevante papel no desenvolvimento social e econômico do país ao longo de sua história. A atividade gera oportunidades de empregos diretos e indiretos, contribui com a fixação do homem no campo, gera tributos e contribui significativamente para a formação da receita cambial brasileira. O café faz parte da história de desenvolvimento do Brasil, e por muitos anos foi considerado a maior riqueza brasileira, chegando a representar, isoladamente, 70% do valor de nossas exportações no período de 1925/1929 (FASSIO; SILVA, 2007).

Desde então, a cultura tem ocupado lugar de destaque no cenário agrícola brasileiro, e em virtude do tempo de exploração, bem como da forma como é explorada, grandes avanços tecnológicos foram alcançados com o intuito de otimizar a produção e a qualidade do produto. Em razão disso o Brasil se tornou o maior produtor mundial de café, principalmente da espécie *Coffea arabica* L. (café arábica), com mais de 50% da produção concentrada no Estado de Minas Gerais, onde a cultura encontrou condições climáticas favoráveis a seu desenvolvimento.

O clima exerce um papel primordial no desempenho da lavoura cafeeira, uma vez que temperatura e disponibilidade hídrica, particularmente durante certos estádios fenológicos, interferem diretamente na produtividade da cultura. Condições de temperaturas médias anuais entre 18 e 21°C são consideradas ideais para o bom desenvolvimento do café arábica. Quando as médias de temperaturas encontram-se muito acima desta faixa aceleram o amadurecimento dos frutos, podendo levar à perda de qualidade (DAMATTA et al., 2007).

Além disso, períodos prolongados de temperaturas acima de 23°C combinados com escassez de chuvas, durante o florescimento do cafeeiro ou enchimento dos frutos, podem causar abortamento das flores e comprometer o rendimento e a granulometria dos grãos, respectivamente. Por outro lado, em regiões com temperaturas médias anuais abaixo de 17 e 18°C, o desenvolvimento da cultura é comprometido (DAMATTA; RAMALHO, 2006). A ocorrência de geadas, mesmo que esporádicas, pode limitar o sucesso produtivo e econômico da colheita.

Embora diversas regiões do país, incluindo as regiões produtoras de Minas Gerais, apresentem médias de temperaturas e disponibilidade hídrica semelhantes às citadas acima, a produtividade nacional é considerada baixa, considerando seu potencial. As principais causas dessa baixa produtividade são o fato de muitas lavouras serem antigas e depauperadas, estarem em estado de deficiência nutricional, a bienalidade de produção, estresses bióticos e abióticos e manejo inadequado da cultura (MESQUITA et al., 2016). Segundo Damatta et al. (2007), o bom desenvolvimento e a boa produção do café dependem não somente dos fatores fisiológicos e ambientais favoráveis, mas também da adoção de tratamentos culturais adequados.

Entre os tratamentos culturais, o manejo de plantas daninhas é um dos mais importantes nas lavouras de café, isto porque, a cultura é extremamente sensível à competição por recursos do meio. De maneira geral, a comunidade infestante tem maior poder competitivo que a cultura, tanto que, a adoção de métodos de controle é uma prática obrigatória e representa um dos maiores encargos na exploração do cafezal. A adoção de estratégias de manejo de plantas daninhas deve ser bem pensada e não aplicada de forma intensiva, pois estudos comprovam que a comunidade infestante, se bem manejada, pode proporcionar benefícios à nível de lavoura e do meio ambiente, possibilitando a exploração sustentável do agroecossistema (FIALHO et al., 2010).

Importância e interferência de plantas daninhas no cafeeiro

As plantas daninhas fazem parte do ecossistema e são aquelas plantas que ocorrem de forma espontânea em local não desejável e em determinado momento interferem de forma negativa nos objetivos do homem, principalmente no que diz respeito ao comprometimento da produtividade e qualidade final do produto explorado. São plantas que se desenvolvem em lugares onde a cobertura natural foi completamente ou parcialmente removida, e competem pelos mesmos recursos de crescimento da cultura: água, luz, nutrientes e espaço para crescimento (VASCONCELOS; SILVA; LIMA, 2012).

No entanto, quando a presença destas plantas daninhas não interfere na cultura de interesse, elas podem ser exploradas de forma a contribuir com o sistema. A vegetação espontânea pode ser utilizada para formação de cobertura sobre o solo, servindo como barreira protetora contra erosão, promovendo ciclagem de nutrientes, manutenção da umidade e microrganismos do solo, entre outros benefícios (DORN; JOSSI; VAN DER HEIJDEN, 2015).

A maioria das espécies de plantas daninhas possuem características de rusticidade como capacidade de germinação, desenvolvimento e reprodução em condições adversas, rapidez e eficiência de utilização de recursos do ambiente e elevada capacidade de produção de sementes viáveis, com longevidade e facilidade de disseminação à curtas e longas distâncias. Algumas espécies podem se reproduzir de forma vegetativa por regeneração de fragmentos da planta adulta, outras contam com mecanismos que potencializam sua competitividade e capacidade de sobrevivência, como alelopatia e hábito de crescimento trepador. Características que fazem das plantas daninhas melhores competidoras quando comparadas com a cultura do café (VASCONCELOS; SILVA; LIMA, 2012; CHENG; CHENG, 2015).

A competição estabelecida entre as plantas daninhas, *Bidens pilosa* (picão-preto) e *Commelina diffusa* (trapoeraba), e o cafeeiro reduziu o conteúdo de nutrientes da parte aérea do café, além de ter diminuído o acúmulo de matéria seca do sistema radicular da cultura (Ronchi et al., 2003). As duas espécies apresentaram elevado grau de interferência negativa no acúmulo de nutrientes pelas plantas de café, mesmo quando em baixas densidades, comprometendo a produtividade final da lavoura (RONCHI; TERRA; SILVA, 2007).

O grau de interferência (ou de competição) das plantas daninhas sobre a cultura, é dependente da composição específica, densidade e distribuição da comunidade infestante e de fatores ligados à cultura, ao ambiente e ao período de convivência entre elas (PITELLI, 1985; SOARES et al., 2010). O maior número de plantas daninhas por metro quadrado (densidade), tende a ocasionar maior disputa por recursos do meio, ou seja, maior competição entre comunidade infestante e a cultura. Além da competição, estas plantas também podem atuar como hospedeiras de pragas e doenças, dificultar tratos culturais como adubação e colheita, depreciar o produto final, exercer efeito alelopático sobre a cultura, onerar custos de produção e prejudicar o meio ambiente em consequência da adoção intensiva de métodos de controle (VASCONCELOS; SILVA; LIMA, 2012).

Entre as plantas daninhas do cafeeiro, merecem destaque a *Digitaria insularis* (L.) (capim-amargoso), *Eleusine indica* L. (capim-pé-de-galinha), *Euphorbia heterophylla* L. (leiteiro) e a *Conyza* spp (buva), que possuem biótipos resistentes ao glyphosate, herbicida mais utilizado nesta cultura (KLEINMAN; RUBIN, 2017). A espécies *D. insularis* e *Conyza* spp

apresentam reprodução por sementes com alta capacidade de germinação e que podem ser carregadas pelo vento ou levadas por máquinas agrícolas de uma lavoura para outra, características que permitiram a dispersão e a ampla disseminação à nível nacional destas plantas daninhas (BAJWA et al., 2016; LOPEZ OVEJERO et al., 2017).

A aplicação sucessiva de glyphosate em lavouras de café também tem levado à seleção de espécies tolerantes como *Ipomoea* spp. (corda-de-viola), *Commelina benghalensis* (trapoeraba) e *Spermacoce latifolia* (erva-quente) (RONCHI et al., 2003; ALONSO et al., 2013). Estudos têm demonstrado que espécies do gênero *Commelina* na fase adulta, não estão sendo controladas de forma efetiva por aplicação única do glyphosate, sendo necessárias aplicações sequenciais do mesmo ou a sua associação com outros herbicidas como o 2,4-D (RAMIRES et al., 2010, 2011; HEAP; DUKE, 2018).

A *Ipomoea* spp. além de ser tolerante ao glyphosate, apresenta hábito de crescimento trepador, característica que possibilita a planta daninha se entrelaçar em plantas vizinhas, o que pode ocasionar perda de frutos, danos ao cafeeiro no momento da colheita, a qual pode ser comprometida ou até mesmo inviabilizada se esta população infestante não for controlada de maneira adequada e efetiva (CORREIA; KRONKA, 2010). Ramires et al. (2010) observaram controle efetivo de *Ipomoea grandifolia* quando diferentes doses do glyphosate isolado ou em mistura com herbicidas latifolicidas foram aplicados no estágio inicial de desenvolvimento da planta daninha.

Por outro lado, se a população infestante não estiver interferindo de forma negativa na cultura, pode contribuir com a sustentabilidade da lavoura, além de proporcionar benefício ambientais. Estudos comprovam que plantas daninhas utilizadas como cultura de cobertura na entrelinha da lavoura protegem o solo contra ação da erosão hídrica e eólica. Essa proteção se dá pela massa de matéria seca (palhada) depositada sobre a superfície do solo, formando uma barreira física que evita o impacto das gotas de chuva e diminui a energia da enxurrada de água evitando o transporte de partículas do solo (KASPAR; SINGER, 2011).

Além de possibilitar a proteção do solo, o sistema radicular da cobertura vegetal promove a estruturação, agregação e descompactação do mesmo por meio do crescimento das raízes. Quando estas iniciam o processo de decomposição deixam inúmeros canais e galerias no interior do solo permitindo a infiltração de água. Os resíduos vegetais depositados no solo da entrelinha após o corte das plantas daninhas, são capazes de promover a ciclagem dos nutrientes imobilizados, manter a umidade e estabilidade da temperatura do solo (SNAPP et al., 2005; CHERR; SCHOLBERG; MCSORLEY, 2006; MATOS et al., 2011). Além disso, os resíduos vegetais podem suprimir a germinação e estabelecimento de população infestantes,

seja por liberação de aleloquímicos que atuam inibindo estes processos, ou por restrição de disponibilidade luminosa (DORN; JOSSI; VAN DER HEIJDEN, 2015).

Melloni et al. (2013) estudando o efeito de métodos de controle de plantas daninhas sobre os microrganismos do solo de uma lavoura cafeeira, observou que a cobertura vegetal contribui para a manutenção da comunidade microbiana e sua atividade. A influência das plantas sobre a biomassa microbiana pode ser direta, como no caso do efeito seletivo da rizosfera, ou indireta, por meio das fontes de C provenientes dos resíduos culturais.

Diante destas perspectivas, é necessário a adoção de boas práticas agrícolas que possibilitem explorar os benefícios proporcionados pela comunidade de plantas daninhas, de modo a minimizar os prejuízos causados ao agroecossistema, estabelecendo relação de efeito benéfico com o sistema cafeeiro ao invés de relação estritamente competitiva.

Controle de plantas daninhas

As plantas daninhas tem maior poder competitivo quando comparadas com a cultura do café. E esta competição, principalmente por água e nutrientes essenciais, pode ter efeitos adversos sobre a produção do cafeeiro. A interferência imposta pela comunidade infestante pode prejudicar a condução da lavoura, as práticas de controle de pragas e doenças, a adubação e, principalmente, a colheita. Por isto a intervenção por meio de métodos de controle de plantas daninhas é tão empregada na atividade (SANTOS, 2011).

A capina manual por meio de enxada é um dos métodos de controle mecânico mais utilizados na atividade cafeeira. Esta prática promove o revolvimento da camada superficial do solo, o corte da planta daninha e mantém a entrelinha do café “no limpo”. Quando adotada de forma isolada e frequente seleciona plantas daninhas que se propagam de forma vegetativa. Algumas dessas espécies são de difícil controle, e podem causar maiores problemas de infestação (GODOY; VEGA; PITTY, 2012). Por esta razão e pela escassez de mão de obra e o elevado custo da mesma, este método tem sido substituído por outros que demandem menor quantidade de trabalhadores, menor tempo para realização e menor custo.

Um destes métodos é o controle por meio de roçadas, que permite o corte da vegetação espontânea da entrelinha rente ao solo. É uma prática menos onerosa para o produtor e demanda menor contingente de mão de obra. Porém, assim como a capina, se adotada de forma isolada, também irá causar problemas de seleção de espécies de plantas daninhas de difícil controle. A roçada seleciona plantas rasteiras, as quais levam alguma vantagem se comparadas com as de

portes mais elevado, isto porque a altura da roçada não promove o corte de plantas de porte baixo.

Outro método que vem substituindo a capina é a aplicação de herbicidas, por sua facilidade e rapidez de execução e por demandar menor quantidade de mão de obra para ser realizado. Mas, além dos benefícios, o controle químico tem trazido prejuízos ambientais e econômicos para o produtor. Aplicações repetidas de um mesmo herbicida têm levado à mudança da flora mediante a seleção de espécies tolerantes e biótipos de plantas daninhas resistentes à herbicidas.

Dentre as quais destaca-se a *Commelina benghalensis* L. e *C. difusa* Burm (trapoeraba), *Ipomoea* spp. (corda-de-viola) e *Spermacoce latifolia* (erva-quente) tolerantes ao glyphosate (FREITAS et al., 2018), e a *Digitaria insularis* (L.) Fedde (capim-amargoso), *Euphorbia heterophylla* (leiteiro), *Bidens pilosa* (picão preto), *Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha) e a buva (*Conniza sp*) resistentes, também, ao glyphosate, que é o principal herbicida usado nas lavouras de café (KLEINMAN; RUBIN, 2017). Além disso, a utilização intensiva do controle químico nas entrelinhas dos cafeeiros tem mantido o solo “no limpo”.

Esta manutenção da superfície do solo sem proteção (“no limpo”) expõe o mesmo à degradação e à processos erosivos causados por agentes climáticos (GUIMARÃES; ANDRADE; MENDONÇA, 2015). Baseado nisso, estudos sobre a utilização de cobertura vegetal sobre o solo para supressão de plantas daninhas e proteção do mesmo vêm sendo avaliados. O controle cultural de plantas daninhas é uma estratégia de manejo que possibilita a presença de material vegetal na entrelinha do cafeeiro, proporcionando efeitos benéficos tanto para o meio ambiente quanto para a produção da lavoura. A vegetação espontânea pode favorecer a manutenção da estrutura do solo, reduzindo o risco de ocorrência de erosão, maior ciclagem dos nutrientes, retenção de umidade e estabilidade nos ecossistemas (AMARAL et al., 2008; BAGATINI, 2011).

A prática de formação de cobertura vegetal sobre o solo vem sendo adotada por muitos agricultores, que têm optado pelo cultivo de espécies de plantas com maior potencial de produção de massa de matéria seca e que sejam facilmente manejadas nas entrelinhas do café, ao invés de deixar a vegetação espontânea (SILVA et al., 2007). Espécies de plantas destinadas à cobertura do solo, possuem também, a capacidade de reduzir a população de espécies de difícil controle nas entrelinhas, devido a efeitos de sombreamento e liberação de substâncias com potencial alelopático (FOLETTTO et al., 2012; SAMEDANI et al., 2013).

Dentre as plantas comumente utilizadas para cobertura do solo, destacam-se as braquiárias e algumas leguminosas. Dentre as braquiárias, a espécie *Urochloa ruziziensis* tem

se destacado pela capacidade de adaptação e produção de massa de matéria seca para gerar cobertura no solo após execução de roçadas. Esta espécie é também mais fácil de ser manejada em relação à outras espécies como *Urochloa brizantha* e *U. decumbens*, devido ao menor porte e facilidade de dessecação. A maior relação carbono/nitrogênio das gramíneas é vista como aspecto positivo por manter o solo protegido por maior período de tempo após a roçada, mantendo o solo protegido da ação da erosão, maior infiltração e retenção de água e ainda, servir de barreira física, evitando a germinação e emergência de plantas daninhas (MARCOLINI et al., 2009; FIALHO et al., 2010).

As leguminosas possuem a capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico, contribuindo com a ciclagem do nutriente no solo, aumentando assim sua disponibilidade para as plantas (ROCHA, 2014). Além disso, o fato destas plantas serem utilizadas como adubação verde, garante uma maior disponibilidade dos nutrientes, devido a sua decomposição, especialmente o nitrogênio, proveniente da fixação biológica (VIEIRA et al., 2015). Espindola et al. (2006) observaram que as leguminosas cultivadas como adubo verde, podem favorecer a germinação e estabelecimento de outras plantas, promovendo variação na dinâmica de sucessão das espécies. A utilização de cobertura viva sobre o solo, pode se tornar um controle efetivo de plantas daninhas na cultura do café, se consideradas as questões de solo e clima, as características da lavoura e a espécie utilizada como cobertura (SANTOS, 2011).

Tendo em vista que a adoção de métodos de controle de forma isolada e intensiva tem causado prejuízos à atividade cafeeira e comprometido a sustentabilidade do agroecossistema, e que a adoção de estratégias de manejo que mantêm o solo protegido por cobertura vegetal proporciona benefícios ambientais e produtivos, é interessante que o manejo integrado seja explorado. Os métodos integrados de controle promovem eficácia na supressão de plantas daninhas, engloba vantagens de cada um dos métodos, reduz custos de produção e possibilitam a preservação do solo e do meio ambiente.

Indicadores microbiológicos do solo

O cafeeiro é extremamente sensível à competição por nutrientes, água e luz, por isso uma das práticas agrícolas mais adotadas na cultura é o manejo de plantas daninhas, realizado de forma intensiva e frequente (MELLONI et al., 2013). Quando este manejo é realizado de forma inadequada leva ao esgotamento das reservas orgânicas e minerais dos solos,

transformando-os em solos de baixa fertilidade, desestruturados e de baixa qualidade (TÓTOLA; CHAER, 2002).

Atualmente, grande parte dos solos que estão em uso são considerados como degradados, condição que está diretamente relacionada com a diminuição da produtividade das culturas e da boa qualidade ambiental (TÓTOLA; CHAER, 2002). O solo é considerado um recurso vital para a produção agrícola e funcionamento global dos ecossistemas (DORAN, 1996) e por isso, o reestabelecimento e manutenção da qualidade do mesmo tem despertado interesse do sistema agrícola cafeeiro.

As estratégias de manejo de plantas daninhas estão diretamente relacionadas com a condição de esgotamento dos solos. Quando adotadas de forma inadequada, podem provocar desestruturação, compactação e desgaste do solo, levando à perdas de nutrientes e de propriedades biológicas, que irão refletir na qualidade do mesmo e na produtividade da lavoura (SANTOS, 2005). Entretanto, se manejadas de forma adequada, as plantas daninhas presentes na entrelinha do café podem evitar processos erosivos, proporcionar reciclagem de nutrientes e sustentabilidade do ecossistema (MELLONI et al., 2013), além de melhorias na estrutura do solo, na interação entre plantas e microrganismos e na manutenção da biomassa e atividade microbianas do solo (MATOS et al., 2019).

Estudos comprovam que indicadores microbiológicos relacionados à biomassa e a atividade microbiana podem ser utilizados como dados de qualidade do solo, sendo considerados como indicadores sensíveis à distúrbios ambientais em função do tipo de manejo e práticas agrícolas utilizados, além de serem indicadores sensíveis à mudanças edafoclimáticas (CHAER; TÓTOLA, 2007; CARNEIRO et al., 2008; MELLONI et al., 2008; SILVA et al., 2010).

A mensuração da qualidade do solo pode ser feita por meio de indicadores microbiológicos que medem ou refletem a condição ambiental ou de sustentabilidade do ecossistema (GLAESER; APARECIDA; ALVES, 2010).

Um destes indicadores é a biomassa microbiana (C_{bio}), que é considerada a parte viva da matéria orgânica do solo, está associada às funções ecológicas do ambiente e é responsável pela decomposição de resíduos orgânicos e pela ciclagem de nutrientes. São indicadores resposta à estresses e alterações ocorridas no solo por práticas agrícolas, incluindo o manejo de plantas daninhas que é uma prática que afeta a densidade, a diversidade e a atividade microbiana (MATOSO et al., 2012).

A biomassa microbiana é favorecida por estratégias de manejo que visam a manutenção de resíduos vegetais sobre o solo. O acúmulo de matéria seca de diferentes espécies vegetais

pode proporcionar maior desenvolvimento da biomassa microbiana, pois serve como fonte de energia e nutrientes para os organismos do solo, favorecendo a atividade microbiana e consequentemente proporcionando melhorias na qualidade do mesmo (MERLIM et al., 2005).

Do ponto de vista conservacionista da biomassa microbiana, métodos de controle de plantas daninhas que visam deixar o solo descoberto, como é o caso do método químico por aplicação de herbicidas e mecânico por meio de capina, adotados de forma isolada e frequente, tendem a gerar uma condição ambiental de estresse para a microbiota e a prejudicar o desenvolvimento da biomassa microbiana (CARNEIRO et al., 2008).

O indicador taxa de respiração basal (TR) do solo é resultado da liberação de CO₂ pela atividade metabólica de microrganismos, raízes vivas e organismos associados da rizosfera. A respiração do solo é resultado da atividade dos organismos e é considerado um indicador sensível de distúrbios no ecossistema, da decomposição de resíduos e do giro metabólico do carbono orgânico do solo (TÓTOLA; CHAER, 2002).

Em solos com alta atividade biológica a tendência é que seja observada alta taxa de respiração basal, indicando rápida mineralização de resíduos orgânicos e liberação de nutrientes para a planta, contribuindo com a qualidade do solo e boa produtividade da lavoura. Entretanto, a interpretação dos valores dessa taxa de respiração deve ser feita com critério, pois se a matéria orgânica estável (fração húmica do solo) estiver sendo decomposta, processos como agregação, capacidade de troca catiônica e capacidade de retenção de água serão prejudicados, e ao invés de contribuir com a manutenção da qualidade do solo, irá comprometê-la (CUNHA et al., 2011).

Desse modo, altas taxas de respiração nem sempre indicam condição favorável ao ecossistema, podendo a curto prazo sinalizar liberação de nutrientes para as plantas e, a longo prazo, distúrbio ecológico com perda de carbono orgânico do solo (ISLAM; WEIL, 2000).

O quociente metabólico (qCO_2) é um índice que expressa a relação entre a respiração basal do solo (TR) e a biomassa microbiana (C_{bio}), em que valores elevados indicam desequilíbrio da microbiota. Este desequilíbrio pode ser provocado por intensidade de uso, tipo de manejo do solo, temperatura e estresse hídrico, dentre outros. O manejo de plantas daninhas quando adotado de forma inadequada torna-se uma das principais práticas agrícolas que causam distúrbios no solo e, consequentemente no qCO_2 .

Por outro lado, quando adotado de forma adequada o sistema de manejo integrado de plantas daninhas, juntamente com práticas de manejo consideradas conservacionistas, são considerados como alternativas viáveis para a qualidade do solo e sustentabilidade do ecossistema (ARAUJO et al., 2019). Práticas de manejo que possibilitem o acúmulo de matéria seca sobre o solo e a diversificação de espécies de plantas de cobertura tendem a aumentar o

aporte e a qualidade da matéria orgânica que ficará disponível para a microbiota do solo, favorecendo a ciclagem e disponibilidade de nutrientes (BADEJO et al., 2002; MERLIM et al., 2005; TEODORO et al., 2011).

Até mesmo o método de controle químico ou mecânico podem ser utilizados de forma a favorecer a sustentabilidade do ecossistema. Adotados de forma integrada com outros métodos de manejo, podem beneficiar a ambiente e a microbiota do solo. Em períodos onde há escassez hídrica a competição por água entre cultura, plantas daninhas e microrganismos é elevada, ocasionando estresse tanto para as plantas quanto para a microbiota do solo. Nestes períodos é conveniente que a competição entre eles seja minimizada, e isto pode ser alcançado com a aplicação de herbicidas como o glyphosate, que vai atuar nas plantas daninhas e ser inativado no solo, diminuindo as chances de ocasionar estresse nos organismos do solo (SILVA et al., 2011; ARAUJO et al., 2019).

A influência das plantas daninhas na comunidade microbiana do solo ainda não é bem compreendida. Portanto, o estudo e as avaliações dos indicadores microbiológicos são necessários para poder ajudar a orientar os produtores a manejarem seus solos de forma mais produtiva, buscando melhorar a qualidade dos mesmo e produzir de forma sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, D. G. et al. Seletividade de glyphosate isolado ou em misturas para soja RR em aplicações sequenciais. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 203-212, 2013.
- AMARAL, A. J. et al. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo Húmico da região do Planalto Sul-Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 2145-2155, 2008.
- ARAUJO, T. et al. Biomassa e atividade microbiana em solo cultivado com milho consorciado com leguminosas de cobertura. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 51-60, 2019.
- BADEJO, M. A. et al. Soil oribatid mite communities under three species of legumes in an ultisol in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 27, p. 283-296, 2002.
- BAGATINI, T. Perdas de solo e água por erosão hídrica após mudança no tipo de uso da terra, em dois métodos de preparo do solo e dois tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.35, n. 3, p. 999-1011, 2011.
- BAJWA, A. A. et al. Biology and management of two important Conyza weeds: a global review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 24, p. 694-710, 2016.

- CARNEIRO, M. A. C. et al. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de Cerrado. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 455–462, 2008.
- CARVALHO, H. F. et al. The effect of bienniality on genomic prediction of yield in arabica coffee. **Euphytica**, p. 01–16, 2020.
- CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 31, n. 1, p. 1381–1396, 2007.
- CHENG, F.; CHENG, Z. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 1020, 2015.
- CHERR, C. M.; SCHOLBERG, J. M. S.; MCSORLEY, R. Green manure approaches to crop production: A synthesis. **Agronomy Journal**, v. 98, n. 2, p. 302–319, 2006.
- CORREIA, N. M.; KRONKA, B. Chemical control of plants of the genera *Ipomoea* and *Merremia* in sugarcane. **Planta Daninha**, v. 28, p. 1143–1152, 2010.
- CUNHA, A. J. DA; MELO, B. DE; SANTOS, J. C. F. Interferência do cultivo intercalar de leguminosas perenes nas características vegetativas e produtivas do cafeeiro. **Coffee Science**, v. 9, n. 1, p. 24–33, 2014.
- CUNHA, E. Q. et al. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho II - Atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 35, n. 1, p. 603–611, 2011.
- DAMATTA, F. M. et al. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 485–510, 2007.
- DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 55–81, 2006.
- OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. Biologia e manejo de plantas daninhas. **Curitiba, Brasil: Omnipax**, 2011.
- DORAN, J. W. Soil health and global sustainability. In: **Soil Quality is in the hands of the land manager**. Edição 1. Ballarat: Australia: University of Nebraska: Lincoln, 1996. p. 46–52.
- DORN, B.; JOSSI, W.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A. Weed suppression by cover crops: Comparative on-farm experiments under integrated and organic conservation tillage. **Weed Research**, v. 55, n. 6, p. 586–597, 2015.
- ESPINDOLA, J. A. A. et al. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 415–420, 2006.
- FASSIO, L. H.; SILVA, A. E. S. Importância econômica e social do café conilon. In: **Livro Café Conilon**. p. 34–49, 2015.

- FIALHO, C. M. T. et al. Competition of weeds with coffee plants, in two times of infestation. **Planta Daninha**, v. 28, n. 12, p. 969–978, 2010.
- FOLETTTO, M. P. et al. Allelopathic effects of *Brachiaria ruziziensis* and aconitic acid on *Ipomoea triloba* weed. **Allelopathy Journal**, v. 30, n. 1, p. 33–47, 2012.
- FREITAS, F. C. L. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 241–247, 2009.
- FREITAS, N. M. et al. Herbicide mixtures to control dayflowers and drift effect on coffee cultures. **Planta Daninha**, v. 36, 2018.
- GLAESER, D. F.; APARECIDA, M.; ALVES, M. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. **Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 14, n. 2, p. 103–114, 2010.
- GODOY, G.; VEGA, J.; PITTY, A. El tipo de labranza afecta la flora y la distribución vertical del banco de semillas de malezas. **Ceiba**, v. 36, n. 2, p. 217–229, 2012.
- GUIMARÃES, G. P.; ANDRADE, K. C.; MENDONÇA, E. S. Erosão hídrica e compartimentos da matéria orgânica do solo em sistemas cafeeiros conservacionistas e convencionais. **Coffee Science**, v. 10, n. 3, p. 365–374, 2015.
- HEAP, I.; DUKE, S. O. Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. **Pest Management Science**, v. 74, n. 5, p. 1040–1049, 2018.
- ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 79, n. 1, p. 9–16, 2000.
- KASPAR, T. C.; SINGER, J. W. The use of cover crops to manage soil. **Soil management: Building a stable base for agriculture**, p. 321–337, 2011.
- KLEINMAN, Z.; RUBIN, B. Non-target-site glyphosate resistance in *Conyza bonariensis* is based on modified subcellular distribution of the herbicide. **Pest Management Science**, v. 73, n. 1, p. 246–253, 2017.
- LOPEZ OVEJERO, R. F. et al. Frequency and dispersal of glyphosate-resistant sourgrass (*Digitaria insularis*) populations across Brazilian Agricultural Production Areas. **Weed Science**, v. 65, n. 2, p. 285–294, 2017.
- MARCOLINI, L. W. et al. Effect of the density and of the distance of *Brachiaria decumbens* staff on the initial growth of *Coffea arabica* L. Seedlings. **Coffee Science**, v. 4, n. 1, p. 11–15, 2009.
- MATOS, C. C. et al. Changes in soil microbial communities modulate interactions between maize and weeds. **Plant Soil**, v. 440, n. 1–2, p. 249–264, 2019.
- MATOS, E. S. et al. Decomposition and nutrient release of leguminous plants in coffee agroforestry systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 141–149, 2011.
- MATOSO, S. C. G. et al. Frações de carbono e nitrogênio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes usos na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 2, p. 231–240, 2012.

- MELLONI, R. et al. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2461–2470, 2008.
- MELLONI, R. et al. Métodos de controle de plantas daninhas e seus impactos na qualidade microbiana de solo sob cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p. 66–75, 2013.
- MENDES, I. C. et al. **Bioanálise de solo: a mais nova aliada para a sustentabilidade agrícola. Nutrição de Plantas Ciência e Tecnologia**. Piracicaba: SP. 2020.
- MERLIM, A. O. et al. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 1, p. 57–61, 2005.
- MESQUITA, C. M. et al. Manual do café: colheita e preparo (*Coffea arabica* L.). **Belo Horizonte: EMATER-MG**, p. 52, 2016.
- MOREIRA, G. M. et al. Consorciação em cafeeiros orgânicos por diferentes períodos com feijão-de-porco ou lablabe. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, p. 456–464, 2014.
- PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe agropecuário**, v. 11, n. 129, p. 16–27, 1985.
- RAMIRES, A. C. et al. Controle de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia* com a utilização de glyphosate isolado ou em associação com latifolicidas. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 621–629, 2010.
- ROCHA, A. C.; PREZOTTI, L. C.; DADALTO, G. G. Práticas de conservação de solo em café arábica na região serrana do Espírito Santo. v. 2, p. 1376–1378, 2000.
- ROCHA, O. C. **Atributos do solo e resposta do cafeeiro a regimes hídricos com e sem braquiária nas entrelinhas**. 128 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Brasília. Brasília, 2014.
- RONCHI, C. P. et al. Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 219–227, 2003.
- RONCHI, C. P.; TERRA, A. A.; SILVA, A. A. Growth and nutrient concentration in coffee root system under weed species competition. **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 679–687, 2007.
- SAMEDANI, B. et al. Phytotoxic effects of *Pueraria javanica* litter on growth of weeds *Asystasia gangetica* and *Pennisetum polystachion*. **Allelopathy Journal**, v. 32, n. 2, p. 191–202, 2013.
- SANTOS, M. N. **Métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro e seus efeitos na agregação e em frações da matéria orgânica do solo**. 64 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2005.
- SANTOS, J. C. F. **Manejo de plantas daninhas usando leguminosas herbáceas consorciadas com a cultura do café**. 95 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2011.

- SILVA, M. B. et al. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 12, p. 1755–1761, 2007.
- SILVA, R. R. et al. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 1585–1592, 2010.
- SILVA, E. F. et al. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob interação lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1321-1331, 2011.
- SILVA, J. A. S.; SANTOS, D. A. Aplicabilidades do marketing aos cafés especiais do Planalto de Vitória da Conquista/BA. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 4, n. 1, 2020.
- SNAPP, S. S. et al. Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. **Agronomy Journal**, v. 97, n. 1, p. 322–332, 2005.
- SOARES, I. A. A. et al. Weed interference in carrot yield and quality. **Planta Daninha**, v. 28, n. 2, p. 247–254, 2010.
- SOUZA, C. A. S. **A colônia vazia: Trabalhadores sem trabalho e sem morada na fazenda de café do sul de Minas Gerais**. 120 p. Dissertação (Mestrado em Política Social da Escola de Serviço Social) - Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2014.
- TEODORO, R. B. et al. Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 2, p. 292–300, 2011.
- TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em ciência do solo**, v. 2, n. 3, p. 195–276, 2002.
- VASCONCELOS, M. C. C.; SILVA, A. F. A.; LIMA, R. S. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 1, p. 1–6, 2012.
- VIEIRA, M. V. M. et al. Indicadores de sustentabilidade e influência de sistemas agroflorestal e convencional sobre a qualidade do solo e do café arábica em Piumhi-MG. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 224–238, 2015.

Capítulo 1

INFLUÊNCIA DOS MÉTODOS DE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS SOBRE A COMUNIDADE INFESTANTE NA CULTURA DO CAFÉ

RESUMO – O manejo intensivo e de forma inadequada de plantas daninhas na cultura do café tem ocasionado problemas referentes à processos erosivos, desestruturação e perda de qualidade do solo, resultando em distúrbios ambientais e de produtividade da lavoura. Entretanto, se as plantas daninhas forem manejadas de forma adequada, podem exercer papel importante na proteção do solo contra erosão e melhoria da qualidade do mesmo. Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito dos métodos de controle de plantas daninhas sobre a comunidade infestante na entrelinha do cafezal, por meio de estudo fitossociológico. Foram avaliados os seguintes métodos de controle: vegetação espontânea, cultivo de *Urochloa ruziziensis*, cultivo de *Pueraria phaseoloides* manejados por meio de roçadas para formação de cobertura morta sobre o solo, capina mecânica por meio de enxada e controle por meio de aplicação de herbicida. Foram efetuadas 12 amostragens por estratégia de controle para realização do estudo fitossociológico antes da implantação do experimento (2017) e dois anos após (2019). As plantas coletadas foram quantificadas e separadas por espécie e avaliadas quanto à densidade (plantas m⁻²) e acúmulo de matéria seca (g m⁻²), em seguida foram determinados: densidade, frequência e dominância relativas e índice de valor de importância. Nos tratamentos cultivo e roçada de *U. ruziziensis* e *P. phaseoloides* houve modificação da composição florística e diminuição da densidade da população infestante da condição inicial para a final. Os tratamentos com formação de cobertura pela roçada da vegetação espontânea e aplicação de herbicida apresentaram densidade de plantas daninhas semelhante entre a condição inicial e final. No controle realizado por meio de capinas houve aumento da densidade de plantas que reproduzem por propagação vegetativa como *Cyperus rotundus*, *C. esculentus* e *Digitaria insularis*. Conclui-se que o cultivo de *U. ruziziensis* e *P. phaseoloides* na entrelinha é uma alternativa para reduzir a infestação de plantas daninhas e que a adoção de roçadas, controle químico e capinas devem ser intercaladas no intuito de evitar a pressão de seleção de espécies adaptadas aos respectivos métodos na cultura do café.

Palavras-chave: Composição florística, fitossociologia, controle químico, plantas de cobertura.

INFLUENCE OF WEED MANAGEMENT STRATEGIES ON THE WEED COMMUNITY IN COFFEE CROP

ABSTRACT – The intensive and irrational management of weeds in the coffee crop has caused problems related to erosive processes, disruption and loss of soil quality, resulting in environmental and crop productivity disturbances. However, if weeds are managed properly, they can play an important role in protecting the soil from erosion and improving soil quality. The objective of this study was to evaluate the effect of weed control methods on the weed community between the coffee plantations, by means of a phytosociological study. The following control methods were evaluated: spontaneous vegetation, cultivation of *Urochloa ruziziensis*, cultivation of *Pueraria phaseoloides* managed by mowing to form mulch on the soil, mechanical weeding by means of hoe and control by means of herbicide application. Twelve samplings were performed per control strategy to carry out the phytosociological study before the implementation of the experiment (2017) and two years after (2019). The collected plants were quantified and separated by species and evaluated for density (plants m⁻²) and dry matter accumulation (g m⁻²), then determined: density, frequency and relative dominance and importance value index. In the cultivation and mowing treatments of *U. ruziziensis* and *P. phaseoloides* there was a change in the floristic composition and a decrease in the density of the weed population from the initial to the final condition. The treatments with cover formation by clearing the spontaneous vegetation and herbicide application showed similar weed density between the initial and final conditions. In the control performed by weeding, there was an increase in the density of plants that reproduce by vegetative propagation such as *Cyperus rotundus*, *C. esculentus* and *Digitaria insularis*. It is concluded that the cultivation of *U. ruziziensis* and *P. phaseoloides* between the lines is an alternative to reduce weed infestation and that the adoption of mowing, chemical control and weeding must be intercalated in order to avoid the pressure of species selection adapted to the respective methods in coffee cultivation.

Key words: Floristic composition, phytosociology, chemical control, cover plants.

1.1. INTRODUÇÃO

O Estado de Minas Gerais é o maior produtor nacional de café, se destacando, principalmente, na produção da espécie *Coffea arabica* (café arábica). A espécie é cultivada, quase que exclusivamente, em regiões montanhosas (ZAIDAN et al., 2017), e com alto índice pluviométrico no período chuvoso, que se estende de outubro a março, coincidindo com médias de temperaturas mais elevadas, o que favorece o crescimento e desenvolvimento de plantas daninhas (FREITAS et al., 2018).

Além disso, o café ainda é cultivado com espaçamentos maiores, o que promove maior intensidade luminosa na entrelinha, podendo aumentar a densidade populacional da comunidade infestante (PARTELLI et al., 2010). Pesquisas mostraram que a competição entre plantas daninhas e a cultura pode resultar em perdas quantitativas de produtividade de até 90% (FREITAS et al., 2009; CUNHA et al., 2014; CORRÊA et al., 2016), além de onerar os custos de produção e diminuir a qualidade final do produto (RONCHI; SILVA, 2006; FREITAS et al., 2018).

Diante desta problemática, é necessário repensar os métodos de manejo da população infestante na cultura do café. Em estudo sobre métodos de preparo e conservação do solo, Bagatini et al. (2011) demonstraram que a vegetação na entrelinha, tanto a vegetação espontânea quanto o cultivo de espécies de plantas com potencial de produção de matéria seca, podem proporcionar efeitos benéficos. A vegetação pode favorecer a manutenção da estrutura do solo, reduzir o risco de ocorrência de erosão, aumentar a ciclagem dos nutrientes, favorecer a retenção de umidade no solo e a estabilidade dos ecossistemas (AMARAL et al., 2008).

Dentre as plantas de cobertura comumente utilizada destacam-se as braquiárias e algumas leguminosas, que são adotadas de acordo com sua capacidade de adaptação e produção de massa de matéria seca, característica que pode minimizar os impactos dos sistemas de manejo. Espécies como a *Urochloa ruzizienses* e *Pueraria phaseoloide*, destinadas à cobertura do solo possuem também a capacidade de reduzir as plantas daninhas de difícil controle nas entrelinhas, devido a efeitos de sombreamento e liberação de substâncias com potencial alelopático (ESPINDOLA et al., 2000; FOLETTO et al., 2012; SAMEDANI et al., 2013).

Uma das formas de avaliar os impactos dos sistemas de manejo e das práticas culturais sobre a dinâmica de infestação e crescimento da população dessas infestantes nos agroecossistemas é por meio da realização de estudos fitossociológicos (MOREIRA et al., 2013) servindo como embasamento técnico de recomendações de manejo e tratos culturais na cafeicultura (ARAÚJO et al., 2008; PARTELLI et al., 2010).

O conhecimento da dinâmica e caracterização populacional das plantas daninhas de uma área ou de uma região, por meio da fitossociologia, é de fundamental importância para se detectar fatores limitantes e de subsidiar a tomada de decisão de métodos de manejo e de controle adequado dessas espécies em qualquer sistema agrícola. A fitossociologia é uma ferramenta da ciência das plantas daninhas que permite avaliar como uma medida de controle interfere na dinâmica de infestação e crescimento da população dessas infestantes nos agroecossistemas (MOREIRA et al., 2013).

Com base na fitossociologia é possível identificar as espécies de maior importância no cafezal, em relação ao poder competitivo estabelecido com a cultura, à sua dificuldade de controle e seleção de biótipos resistentes a herbicidas, permitindo a adoção de métodos adequados de manejo, por meio da utilização sucessiva, combinada e alternada de diferentes métodos de controle. Possibilitando a diminuição da adoção intensiva e isolada de um mesmo método de manejo, prevenindo distúrbios no solo, seleção de espécies de difícil controle e degradação do meio ambiente.

Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito dos métodos de controle de plantas daninhas sobre a comunidade infestante na entrelinha do cafezal estabelecido durante dois anos, por meio de estudo fitossociológico.

1.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em campo, na Unidade de Ensino e Pesquisa da Horta Velha no Campus da Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa-MG, localizado na Zona da Mata de Minas Gerais, a 20°45'14'', latitude S, 42°52'54'', longitude W e 680 m de altitude. A região apresenta inverno frio e seco, e verão quente e chuvoso, com temperatura média (média de 20 anos) de 19,4 °C (máxima 26,4 °C e mínima 14,8 °C) e precipitação média anual de 1.221 mm de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, com período seco de junho a setembro.

A condução do experimento foi realizada em lavoura de café estabelecida da espécie *Coffea arabica* L., da cultivar Oeiras, com idade de quatro anos após recepa, com espaçamento de 2,80 m entre linhas e 0,75 m entre plantas.

Foram avaliados cinco tratamentos (Tabela 1), dispostos em delineamento experimental de blocos casualizados, com seis repetições. Cada unidade experimental foi composta por três fileiras de café (duas entrelinhas) com 7,5 m de comprimento, onde foram realizados os

tratamentos envolvendo os métodos de manejo de plantas daninhas. As avaliações relativas às plantas daninhas foram realizadas nas duas entrelinhas do café.

Tabela 1. Tratamentos adotados como estratégia de manejo de plantas daninhas na entrelinha do café.

Tratamento	Métodos de manejo
UR	Cultivo de braquiária (<i>Urochloa ruziziensis</i>) manejada por meio de roçadas
PP	Cultivo de <i>Pueraria phaseoloides</i> , manejada por meio de roçadas
HB	Controle de plantas daninhas, realizado por meio de aplicações de herbicida (glyphosate ou glyphosate + 2,4-D)
VE	Manutenção da vegetação espontânea controlada por meio de roçadas
CA	Solo mantido “no limpo”, por meio de capinas

Antes da implantação dos tratamentos a lavoura, que vinha sendo manejada por meio de roçadas a mais de quatro anos, foi submetida à dessecação das entrelinhas, utilizando-se glyphosate (1,08 g ha⁻¹ do e.a.) e 2,4-D (0,536 g ha⁻¹ do e.a.), em novembro de 2016, com o objetivo de homogeneizar a vegetação da área e possibilitar a implantação dos tratamentos com *U. ruziziensis* e *P. phaseoloides*.

A semeadura da braquiária (*U. ruziziensis*) foi realizada manualmente, em dois sulcos espaçados de 0,40 m, na entrelinha do café, distribuindo-se um grama de sementes com valor cultural de 40% por metro de sulco, no mês de dezembro de 2016. A *P. phaseoloides* foi implantada por meio de mudas obtidas a partir de propagação vegetativa por meio de enraizamento de estacas herbáceas em bandejas de polietileno contendo substrato (solo + areia + esterco bovino), mantidas em casa de vegetação com irrigação por microaspersão programada. Após o período de enraizamento (aproximadamente três meses), as mesmas foram levadas para o campo e transplantadas no espaçamento de 0,5 m, no centro da entrelinha do café, também em dezembro de 2016.

Nas parcelas onde foi realizado o controle da vegetação espontânea por meio de aplicação de herbicidas, glyphosate (1,08 g ha⁻¹ do e.a.) ou glyphosate +2,4-D (1,08 g ha⁻¹ +

0,536 g ha⁻¹ do e.a.), as aplicações foram realizadas, duas vezes por ano, após o estabelecimento das plantas no período das chuvas (novembro ou dezembro) e no período que antecedia a colheita (fevereiro/março), que corresponde ao final do período das chuvas. A aplicação da associação dos herbicidas glyphosate + 2,4-D foi realizada apenas uma vez, sendo esta para conter o aumento da densidade de *Conyza bonarienses*, as demais aplicações de herbicida foram realizadas com glyphosate isolado.

As aplicações foram realizadas por meio de pulverizador costal pressurizado a CO₂, calibrado na pressão constante de 250 kPa, munido com uma barra, com duas pontas de pulverização tipo leque com indução de ar (TTI 11002) espaçadas de 50 cm entre si, o que proporcionou aplicação de 200 L ha⁻¹ de calda. No momento das aplicações, aferiu-se a temperatura do ar (25 ± 2 °C), a umidade relativa do ar (80 ± 5 %) e a velocidade do vento (3 ± 2 km h⁻¹).

Nas unidades experimentais mantidas com a vegetação espontânea, foram realizadas, em média, quatro roçadas anuais, por meio de roçadeira à gasolina. Estas roçadas foram realizadas quando as plantas daninhas apresentavam massa fresca suficiente para cobertura do solo após o corte (± 50 cm de altura) e o tratamento onde foi adotado o processo de capina manual por meio de enxada, as capinas foram realizadas de forma frequente, de modo a deixar o solo limpo.

O estudo fitossociológico da comunidade infestante inicial foi realizado três meses após a dessecação da área experimental, em fevereiro de 2017. Esta avaliação foi realizada novamente após o estabelecimento da comunidade infestante mediante a realização dos métodos de manejo adotados, dois anos após a implantação do experimento, em fevereiro de 2019. Para tal, em cada unidade experimental, foram realizadas duas amostragens (12 amostragens por tratamento), utilizando quadrado vazado de ferro com área equivalente a 0,25 m² (0,5 x 0,5 m), o qual foi lançado de forma aleatória nas entrelinhas de todos os tratamentos avaliados.

As plantas daninhas que se encontravam dentro do quadrado vazado foram cortadas rente ao solo, separadas por espécie, contadas, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 72 h, para a determinação da massa da matéria seca em balança de precisão. Ressaltando que as plantas de *U. ruzienses* e *P. phaseoloides* não foram computadas como plantas daninhas.

Diante dos dados obtidos foram determinados os seguintes índices fitossociológicos das plantas infestantes: densidade (Den), frequência (Fr), dominância (Do), frequência relativa (Frr), densidade relativa (Der), dominância relativa (Dor) e o índice de valor de importância

(IVI), para avaliar a importância ecológica das espécies na comunidade estudada e o grau de heterogeneidade de distribuição destas espécies na área, utilizando-se as seguintes fórmulas, proposta por Braun-Blanquet (1950), Ellenberg e Mueller-Dombois (1974) e Monquero (2014).

Frequência:	$Fr = \frac{\text{N}^\circ \text{ de parcelas que contém a espécie}}{\text{N}^\circ \text{ total de parcelas utilizadas}}$
Densidade:	$Den = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de indivíduos por espécie}}{\text{Área total coletada}}$
Dominância:	$Do = \frac{\text{Matéria seca por espécie}}{\text{Matéria seca total}}$
Frequência Relativa:	$Frr = \frac{\text{Frequência da espécie} \times 100}{\text{Frequência total de todas as espécies}}$
Densidade Relativa:	$Der = \frac{\text{Densidade da espécie} \times 100}{\text{Densidade total de todas as espécies}}$
Dominância Relativa:	$Dor = \frac{\text{Massa de matéria seca} \times 100}{\text{Massa de matéria seca total}}$
Índice de Valor de Importância:	$IVI = Frr + Der + Dor$

Para calcular a similaridade das populações de plantas daninhas, foi utilizado o Índice de Similaridade (IS) (SORENSEN, 1972), com base na equação:

$$IS = \left(\frac{2a}{b+c} \right) \times 100$$

Em que:

a = número de espécies em comum entre as áreas;

b = número total de espécies área 1;

c = número total de espécies área 2.

Os dados obtidos foram avaliados por estatística descritiva, em que foram comparadas as espécies de plantas daninhas presentes na condição inicial e na condição final do experimento. A partir disso, foram identificadas as principais famílias destas plantas daninhas que prevaleceram na área na condição final do experimento, assim como as espécies de maior

importância ecológica e a similaridade das populações de plantas daninhas, antes e depois da condução do experimento. Para a plotagem dos gráficos e figuras foi utilizado programa Microsoft Office Excel 2007.

1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro levantamento fitossociológico realizado em fevereiro de 2017 (condição inicial) foi constatada uma grande diversidade de plantas daninhas na área estudada, com 33 espécies pertencentes a 14 famílias botânicas (Tabela 2). As plantas daninhas eudicotiledôneas estavam presentes em maior percentual de espécies (78,1%) quando comparadas com às monocotiledôneas (Figura 1).

1



Figura 1. Vegetação espontânea da entrelinha do cafeeiro observada na condição inicial do experimento (Ano 2017).

A família Asteraceae foi a mais representativa, com cerca de 28% da comunidade infestante, seguida pela família Brassicaceae com 9%, Amaranthaceae, Commelinaceae e Lamiaceae, representadas por duas espécies. As demais famílias foram representadas apenas por uma espécie. Dentre as monocotiledôneas, a família Poaceae foi a mais representativa, com cerca de 15% da comunidade infestante, seguida pela família Cyperaceae com duas espécies (Tabela 2).

Tabela 2. Plantas daninhas identificadas no levantamento fitossociológico na área de produção de café, 90 dias após dessecação das entrelinhas da área de cultivo, organizadas por classe/família, espécie e nome popular.

Classe/Família	Espécie	Nome Popular
Monocotiledônea		
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Tiririca

	<i>Cyperus esculentus</i> L.	Tiriricão
Poaceae	<i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu	Braquiária brizanta
	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Capim-carrapicho
	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	Capim-colchão
	<i>Leersia hexandra</i> Sw.	Capim-forquilha
	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen	Capim-rabo-de-raposa
	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn (Elein)	Capim-pé-de-galinha
Eudicotiledônea		
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i> (L.) R. Br.	Apaga-fogo
	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Caruru
Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Botão-de-ouro
	<i>Conyza bonariensis</i> L.	Buva
	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	Carrapicho-de-carneiro
	<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	Erva-de-botão
	<i>Blainvillea dichotoma</i> (Murray) Stewart	Erva-palha
	<i>Delilia biflora</i> (L.) Kuntze	Espoleta
	<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	Falsa-serralha
	<i>Bidens pilosa</i> L.	Picão-preto
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Serralha
Brassicaceae	<i>Coronopus didymus</i> L.	Mastruço
	<i>Lepidium virginicum</i> L.	Mentruz
	<i>Brassica rapa</i> L.	Mostarda
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Trapoeraba
	<i>Commelina diffusa</i> Burm	Trapoeraba
Convolvulaceae	<i>Ipomoea hederifolia</i> L.	Corda-de-viola
Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i> (L.)	Melão-de-São-Caetano
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce hirta</i> Linn	Erva-de-Santa-Luzia
Lamiaceae	<i>Mesosphaerum suaveolens</i> L.(Kuntze)	Cheirosa

	<i>Hyptis atrorubens</i> Poit.	Mentinha
Oxalidaceae	<i>Oxalis latifolia</i> HBK	Trevo-azedo
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	Quebra-pedra
Portulacaceae	<i>Portulaca oleraceae</i> L.	Beldroega
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	Poaia-branca

As densidades totais de cada unidade experimental, comparadas entre a condição inicial do experimento e a condição final, estão apresentadas na Figura 2A, em que as estratégias de manejo de plantas daninhas adotadas resultaram em mudança da composição florística e da densidade de plantas daninhas da parcela.



Figura 2. A) Densidade de plantas daninhas (plantas m⁻²) avaliadas na condição inicial do experimento e após dois anos de adoção das estratégias de manejo para controle da população infestante. **B)** Massa de matéria seca (g m⁻²) avaliadas na condição inicial do experimento e após dois anos de adoção das estratégias de manejo para controle da população infestante.

Com a adoção das estratégias de manejo pelo período de dois anos, nos tratamentos onde foram cultivadas *U. ruziziensis* e *P. phaseoloides* (Roxb.) Benth para formação de cobertura vegetal sobre o solo e roçada, a densidade de plantas infestantes por m² diminuiu ao longo do tempo. A adoção de capina mecânica resultou em aumento de densidade, devido ao aumento da propagação de Cyperaceas, enquanto que os tratamentos com roçada da vegetação espontânea e aplicação de herbicida mantiveram a população com densidade semelhante (Figura 2A).

O conteúdo de matéria seca foi maior na avaliação inicial para todos os tratamentos adotados. Os tratamentos envolvendo cobertura vegetal sobre o solo, como *U. ruziziensis* e *P. phaseoloides*, apresentaram maior variação de valores de massa de matéria seca entre a condição inicial e final (Figura 2B). Nas unidades experimentais onde foi implantada a espécie *U. ruziziensis* o acúmulo de matéria seca da condição final correspondeu à 11,6% do acúmulo de matéria seca da condição inicial. Resultado semelhante pode ser observado no tratamento com *P. phaseoloides*, em que este acúmulo de matéria seca na condição final correspondeu à 16,3% do valor inicial (Figura 2B).

As espécies *Eleusine indica* (L.), *Cyperus rotundus* L., *Emilia fosbergii* Nicolson, *Digitaria horizontalis* Willd. e *Alternanthera tenella* (L.) apresentaram os maiores valores de frequência, na ordem de 97; 90; 80; 74 e 57 %, respectivamente, quando comparadas com as demais plantas daninhas na condição inicial do experimento (Figura 3A). Além disso, as espécies *E. indica*, *A. tenella* e *Urochloa decumbens* apresentaram maior dominância em relação às demais, acumulando maior massa de matéria seca. Com isso, os maiores valores de IVI também foram obtidos por essas espécies (Figura 3A).

Na avaliação final (ano 2019), constatou-se uma importante mudança na composição florística da área, de acordo com o método de manejo utilizado. Espécies que foram relatadas na avaliação inicial como de maior importância enquanto planta daninha, não foram observadas na avaliação final. Como por exemplo, *E. indica* (L.), *D. horizontalis* Willd., entre outras, que podem ser observadas na Figura 3. Os valores do IVI também foram modificados, dando destaque para as diferentes espécies, quando comparada com a avaliação inicial (Figura 3).

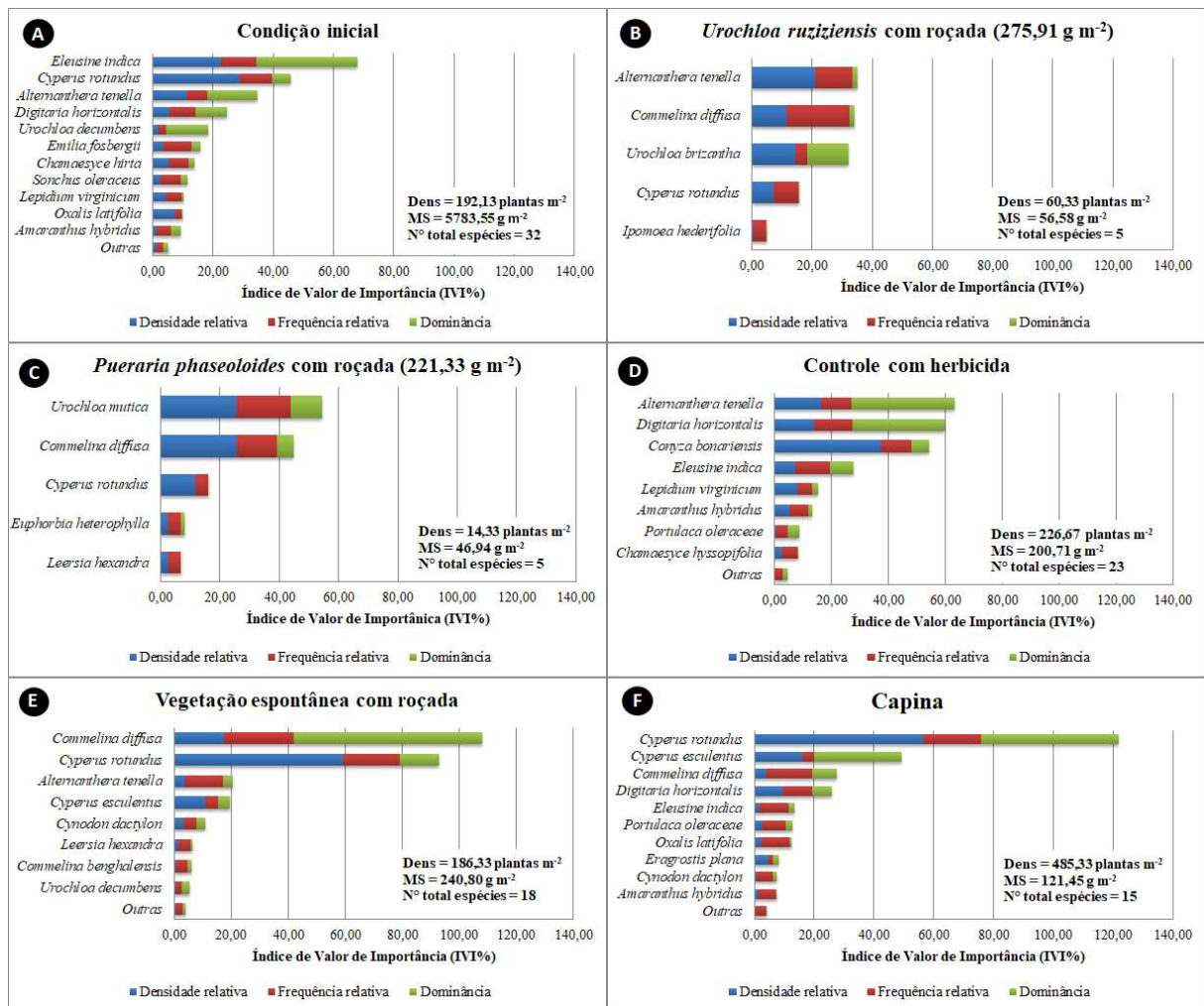


Figura 3. Densidade (Dens), acúmulo de matéria seca (MS), número total de espécies, densidade relativa (Der), frequência relativa (Frr), dominância (Dor) e índice de valor de importância (IVI) na condição inicial (A) e dois anos após a adoção dos métodos de manejo adotados, sendo eles: braquiária + roçada (B), puerária + roçada (C), aplicação de herbicidas (D), vegetação espontânea + roçadas (E), capinas (F). *Espécies de plantas daninhas com valor de Der menores que 1,0 e valores de Frr menores que 2,4 foram incluídos no item “Outros”.

Nos tratamentos em que a *U. ruziziensis* e a *P. phaseoloides* foram cultivadas e roçadas para a formação de cobertura morta (Figura 4), houve redução da diversidade de espécies da condição inicial para a final (Figura 3), indicando que, além do sombreamento causado pelo material vegetal vivo e o efeito alelopático que ambas espécies possuem, a formação de palhada pela roçada destas espécies pode constituir um método importante para o manejo integrado de plantas daninhas.



Figura 4. A) *Urochloa ruziziensis* cultivada na entrelinha do cafeeiro e roçada para formação de cobertura sobre o solo. **B)** *Pueraria phaseoloides* cultivada na entrelinha do cafeeiro e roçada para a formação de cobertura sobre o solo.

Estudos comprovam que, na presença de alguns tipos de resíduo vegetal sobre o solo, a emergência de plantas daninhas pode ser comprometida, principalmente pela diminuição da interceptação de luz que limita a germinação e desenvolvimento da comunidade infestante (HILTBRUNNER et al., 2007; KRUIDHOF; BASTIAANS; KROPFF, 2008; TEODORO et al., 2011).

No caso da *U. ruziziensis*, a espécie produz boa quantidade de palhada (Figura 4A), com alta relação C/N que permite maior permanência do material vegetal sobre o solo, aumentando sua capacidade de proteção e conseqüente redução da densidade de plantas daninhas (GIACOMINI et al., 2003). Borges et al. (2014) demonstraram que *U. ruziziensis* reduziu a infestação das plantas daninhas em mais de 95% e manteve a cobertura do solo superior a 80% até o florescimento da cultura da soja.

A espécie *P. phaseoloides* produz boa cobertura verde e matéria seca sobre o solo (Figura 4B), por isso pode proporcionar benefícios agrícolas como controle da comunidade infestante (BHASKAR; DEY, 2010), estruturação e proteção do solo contra erosão, fixação de nitrogênio e transferência desse N para a espécie de interesse e sequestro de carbono no solo (SCHROTH; SALAZAR; DA SILVA, 2001; CHERR; SCHOLBERG; MCSORLEY, 2006).

Altieri et al. (2011) observaram que espécies que produzem boa quantidade de biomassa, formam cobertura vegetal espessa sobre o solo capaz de suprimir de forma eficiente a comunidade infestante em sistemas de manejo orgânico e convencional na agricultura familiar. Entretanto, esta espécie de leguminosa deve ser explorada com cautela, pois trata-se

de uma planta de hábito de crescimento volúvel, que pode crescer e se desenvolver sobre o café, sombreando o mesmo e competindo por luz, ocasionando perdas de produção (ESPINDOLA et al., 2006) e dificultando operações de tratos culturais e colheita.

No sistema de manejo das plantas daninhas com aplicação de herbicidas (glyphosate ou glyphosate+2,4-D), os resultados obtidos demonstraram que não houve diminuição da diversidade da população infestante (Figura 5), representada por 23 espécies, dentre elas *A. tenella*, *D. horizontalis*, *E. indica*, *L. virginicum* e *C. bonariensis*, que apresentaram maiores valores de IVI, quando comparados com as demais espécies, assim como na avaliação fitossociológica inicial realizada antes da condução do estudo (Figura 3D).

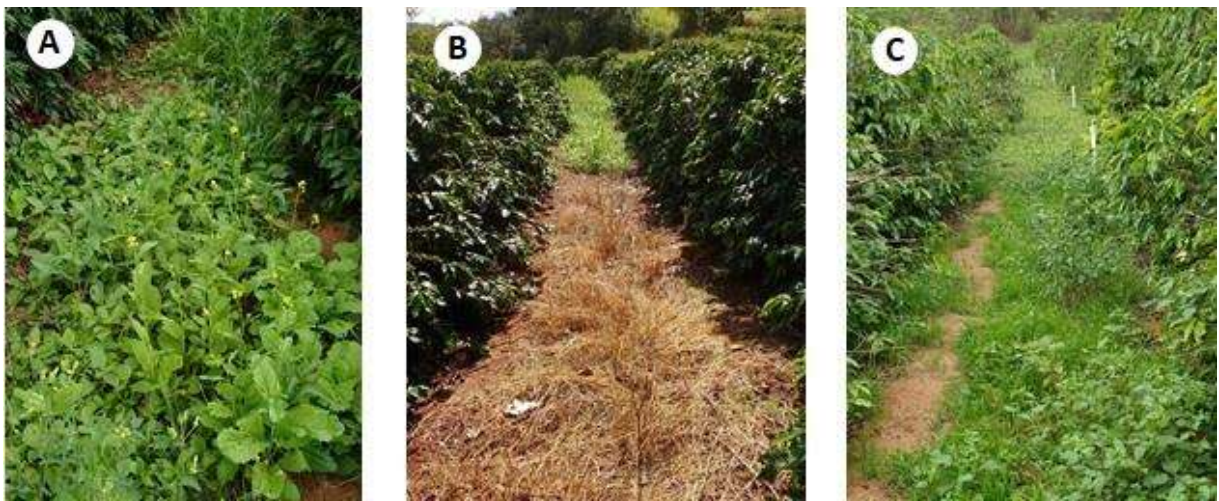


Figura 5. A) Diversidade da população infestante na entrelinha do cafeeiro na condição inicial do experimento (2017). B) Controle de plantas daninhas da entrelinha do cafeeiro realizado com aplicação de herbicidas (glyphosate ou glyphosate + 2,4-D), 20 dias após aplicação. C) Diversidade da população infestante na entrelinha do cafeeiro, em que o controle de plantas daninhas foi realizado por meio de aplicação de herbicidas (glyphosate ou glyphosate + 2,4-D), após dois anos (2019) de adoção da estratégia de manejo aplicação de herbicida.

A espécie *C. bonariensis* apresentou diferença nos valores de densidade relativa e IVI em relação aos dois anos avaliados em torno de 45 e 13 vezes maiores, respectivamente. Na condição inicial a espécie obteve valores de densidade relativa de 0,83 e IVI de 4,25% (Figura 3A), enquanto que na avaliação final no tratamento com aplicação de herbicida, obteve valores de densidade relativa e IVI de 37,35 e 54,49%, respectivamente (Figura 3D). Demonstrando que o método de manejo adotado exerceu pressão de seleção sobre a mesma. A aplicação repetida de glyphosate provoca grande pressão de seleção e a possibilidade da seleção de espécies daninhas tolerantes ou resistentes (PAULA et al., 2011), como é o caso de alguns biótipos resistentes de *C. bonariensis* já identificados em vários Estados brasileiros.

Para evitar a pressão de seleção ocasionada pela aplicação de glyphosate isolado, foi realizada uma aplicação da associação dos herbicidas glyphosate + 2,4-D, assim como sugerido por diversos autores (VARGAS et al., 2007; PAULA et al., 2011; TREZZI et al., 2011), que em seus estudos evidenciaram a eficiência da utilização de associações de herbicidas, como o 2,4-D e metsulfuron-metílico, com o glyphosate, além de aplicações sequenciais envolvendo a combinação de glyphosate e paraquat + diuron e glufosinate de amônio isolado para controle de *C. bonariensis*.

A espécie *C. rotundus* obteve valor de densidade relativa de 28,80 % e IVI (45,77 %) na condição inicial do experimento. Na condição final, adotando-se a estratégia de manejo por aplicação de glyphosate, a espécie não foi encontrada (Figura 3D). Isto porque ocorreu o efeito de dessecação pelo glyphosate, que é um herbicida sistêmico com boa ação no controle de *C. rotundus*, devido à sua translocação até os tubérculos próximos ao bulbo basal, que evitam a rebrota dessa planta daninha após sua aplicação. Santos Júnior et al. (2013) observaram 100% de controle de *C. rotundus* utilizando diferentes doses de glyphosate e níveis de sombreamento.

Além disso, outro método de controle que colaborou neste resultado foi o não revolvimento do solo, esta prática favorece a propagação e estabelecimento das Cyperaceas. Corroborando com os resultados observados nesta pesquisa, em que houve aumento da densidade e IVI de *C. rotundus* no tratamento com capina (Figura 3F). Araújo et al. 2015 também observaram que o não revolvimento do solo e o cultivo sobre palhada de restos culturais demonstrou interferência na dinâmica populacional de *C. rotundus*, com diminuição do número de indivíduos desta espécie. O revolvimento do solo pode separar os tubérculos dos rizomas, reduzindo a dormência e favorecendo a brotação.

A utilização de um mesmo sistema de manejo por vários anos consecutivos pode modificar a flora vegetativa e alterar o tamanho e a composição do banco de sementes presentes no mesmo, ocasionando pressão de seleção sob as comunidades infestantes, selecionando as espécies mais adaptadas ao sistema de cultivo, bem como favorecendo o surgimento de plantas resistentes a herbicidas (LACERDA; VICTORIA FILHO; MENDONÇA, 2005; SILVA et al., 2014).

No tratamento com roçada da vegetação espontânea a diversidade da comunidade infestante permaneceu semelhante à da condição inicial (Figura 6).



Figura 6. **A)** Diversidade de plantas daninhas na entrelinha do cafeeiro na condição inicial do experimento (2017) no tratamento conduzido por roçada da vegetação espontânea. **B)** Vegetação espontânea conduzida por meio de roçadas. **C)** Diversidade de plantas daninhas na entrelinha do cafeeiro após dois anos (2019) de adoção da estratégia de manejo roçada da vegetação espontânea.

É importante ressaltar que a utilização da mesma estratégia de manejo de plantas daninhas exerceu pressão de seleção sobre a vegetação espontânea da área, e foram selecionadas duas espécies consideradas de difícil controle: *C. rotundus* e *C. diffusa*. A *C. rotundus* apresentou valor de densidade relativa de 59,03% (Figura 3E), valor aproximadamente duas vezes maior que na avaliação inicial (Figura 3A).

A *C. diffusa* apresentou maior IVI (108,06%) em relação às demais espécies relatadas no tratamento com roçada da vegetação espontânea (Figura 3E). A densidade relativa desta espécie também foi maior que as demais 17,53% (Figura 3E), indicando mudança na composição florística da área. A referida espécie não foi relatada na avaliação inicial (Figura 3A), mostrando que a estratégia de manejo adotada selecionou a espécie por pressão de seleção. Por se tratar de uma espécie de porte baixo, a roçada da vegetação espontânea favoreceu o desenvolvimento e propagação da mesma. Em estudo sobre morfoanatomia das folhas e do caule de *Commelina* spp., Tuffi Santos et al. (2004) obtiveram resultados que confirmam esta hipótese, por se tratar de uma espécie com grande eficiência reprodutiva, que se reproduz por propagação vegetativa ou via sementes, seu desenvolvimento e controle são difíceis de serem realizados quando em condições favoráveis.

No tratamento com roçada da vegetação espontânea a espécie *Cynodon dactylon* teve o valor de densidade relativa aumentado para 3,40% (Figura 3E) quando comparado com a condição inicial (Figura 3A), e o IVI também (10,85%), provavelmente pelo mesmo motivo da espécie *C. diffusa* (Figura 3E). A *C. dactylon* foi favorecida por ser uma espécie de porte baixo, e a prática de roçadas consecutivas favorece sua propagação. Com isso pode-se inferir que o sistema de roçada, praticado isoladamente e de forma consecutiva, favoreceu o desenvolvimento de algumas espécies em detrimento de outras, exercendo pressão de seleção sobre as espécies de plantas daninhas de porte baixo e que se reproduzem por propagação

vegetativa, resultando na mudança da composição florística da área. As demais espécies obtiveram valores de densidade e IVI semelhantes (Figura 3E).

No tratamento com capina por meio de enxada foi observado mudança da composição florística e seleção de algumas plantas daninhas (Figura 7).



Figura 7. **A)** Diversidade de plantas daninhas na entrelinha do cafeeiro na condição inicial do experimento (2017) no tratamento conduzido por capina manual por meio de enxada. **B)** Entrelinha do cafeeiro mantido “no limpo” por meio de capina. **C)** Diversidade de plantas daninhas na entrelinha do cafeeiro após dois anos (2019) de adoção da estratégia de manejo capina manual por meio de enxada.

As espécies que obtiveram os maiores valores de densidade relativa foram *C. rotundus* (56,59%), *C. esculentus* (16,07%) e *D. horizontalis* (9,62%), demonstrando que o método de controle de plantas daninhas adotado exerceu pressão de seleção sobre estas espécies (Figura 3F), as quais apresentaram o maior número de plantas, ou seja, são plantas daninhas que terão maior capacidade de interferência na cultura se não forem manejadas de forma correta. Além disso, as duas espécies da família Cyperaceae apresentaram altos valores de dominância relativa, devido ao aumento de densidade das mesmas (Figura 3F).

As espécies da família Cyperaceae são favorecidas por sistemas de manejo que revolvem o solo. Neste caso, a capina foi um fator relevante na seleção das espécies de *Cyperus* spp., visto que é um processo onde há o revolvimento do solo, possível corte das estruturas reprodutivas de *C. rotundus* e *C. esculentus*, propiciando maior disseminação das duas espécies na área. Jakelaitis et al. (2003) verificou a redução da população de *C. rotundus* no sistema de plantio direto quando comparado com o sistema convencional com revolvimento do solo.

Diante dos resultados obtidos por este estudo, pode-se inferir que todos os métodos de controle de plantas daninhas, quando utilizados isoladamente, se tornam métodos selecionadores. Todo método de controle adotado de forma sequencial e não integrado com outros métodos de controle de plantas daninhas exercem pressão de seleção sobre a comunidade infestante.

É importante ressaltar que para se obter sucesso no controle da comunidade infestante, buscando também a sustentabilidade do agroecossistema, é necessário a adoção do manejo integrado. Vários estudos comprovam que a aplicação de métodos unificados e sequenciais para controle de plantas daninhas no cafezal não são adequados, por causar efeitos negativos no crescimento e rendimento da cultura (RONCHI et al., 2003; DIAS; ALVES; LEMES, 2005; RONCHI, C.P. & SILVA, 2006).

1.3.1 Cálculo do Índice de Similaridade (IS)

O índice de similaridade (IS) da condição inicial e condição final com braquiária mantida por roçada foi de 36,36% (Tabela 3), indicando baixa similaridade entre os tratamentos no tempo, assim como foi apresentada baixa similaridade com *P. phaseoloides* (8,33%) e vegetação espontânea com roçada (42,11%). Por outro lado, nos demais tratamentos o IS foi considerado alto: controle por aplicação de herbicida (57,78%) e por capina (60,61%). Em geral, os IS são calculados em função das espécies individuais presentes, e os valores maiores que 50% são considerados altos.

Tabela 3. Índice de similaridade (IS) fitossociológica das unidades experimentais, comparadas de forma individual, entre a condição inicial (2017) e após dois anos da adoção das estratégias de manejo (2019) implantadas na entrelinha do cafeeiro. Viçosa – Minas Gerais, 2019.

Estratégias de manejo	Índice de Similaridade (%)
<i>U. ruziziensis</i> com roçada	36,36
<i>P. phaseoloides</i> com roçada	8,33
Controle com herbicida	57,78
Vegetação espontânea com roçada	42,11
Capina	60,61

Na Tabela 4 estão apresentados os IS entre os tratamentos após dois anos de adoção das estratégias de manejo. Pode-se considerar a comparação entre os tratamentos controle com herbicida e a capina por meio de enxada apresentaram IS alto (57,89%), isto é, a comunidade infestante das duas estratégias de manejo citadas são semelhantes entre si. O mesmo ocorreu com os tratamentos vegetação espontânea e a capina, que também obtiveram alto IS (66,67%). Os demais casos foram considerados com baixo IS, quando comparados entre si, por terem apresentado menor número de espécies semelhantes entre as unidades experimentais, ou seja,

houve maior modificação e diminuição da diversidade de espécies na comunidade infestante (Tabela 4).

Tabela 4. Índice de similaridade (IS) fitossociológica entre os tratamentos na condição final do experimento, após dois anos de adoção das estratégias de manejo de plantas daninha (Ano 2019)

Tratamento	Índice de Similaridade (%)				
	<i>U. ruziziensis</i> com roçada	<i>P. phaseoloides</i> com roçada	Controle com herbicida	Vegetação espontânea com roçada	Capina
<i>U. ruziziensis</i> com roçada	100	33,33	13,79	33,33	19,05
<i>P. phaseoloides</i> com roçada		100	13,79	33,33	28,57
Controle com herbicida			100	48,78	57,89
Vegetação espontânea com roçada				100	66,67
Capina					100

Não existe uma recomendação padrão de manejo integrado, a tomada de decisão de controle vai depender da biologia, ecologia e comportamento das plantas, deve ser uma tomada de decisão dinâmica, assim como a população infestante, de modo a buscar um equilíbrio entre o controle de plantas daninhas em prol dos benefícios para a lavoura.

Os tipos de manejo da comunidade infestante na cultura do café devem ser revisados com critério a cada ano safra, com a interpretação de seus consequentes efeitos no solo e na cultura, bem como sua viabilidade técnica e econômica.

1.4. CONCLUSÕES

As estratégias de manejo de plantas daninhas modificaram os valores dos índices de valor de importância da comunidade infestante entre a condição inicial e final do experimento. Os métodos de controle adotados selecionaram diferentes espécies em cada unidade experimental, favorecendo de forma diferente a propagação e disseminação das plantas daninhas.

As espécies *Urochloa ruziziensis* e *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth diminuíram a diversidade e a densidade de espécies das respectivas unidades experimentais onde foram

cultivadas. A cobertura vegetal morta dessas espécies sobre o solo resultou em eficiente supressão de plantas daninhas.

Todas as estratégias de manejo de plantas daninhas adotadas de forma isolada exerceram pressão de seleção sobre a comunidade infestante após dois anos de implantação do experimento, modificaram a diversidade e composição florística da área. É necessário que seja adotado o sistema de manejo integrado para garantir o sucesso do controle de plantas e a sustentabilidade do agroecossistema.

A adoção de estratégias de manejo de forma isolada pode ocasionar problemas à nível de seleção de espécies de plantas daninhas com maior ou menor nível de dificuldade de controle, formação de banco de sementes, manutenção do solo descoberto e conseqüentemente, perdas por processos erosivos e de qualidade do solo.

1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. A. et al. Enhancing crop productivity via weed suppression in organic no-till cropping systems in Santa Catarina, Brazil. **Journal of Sustainable Agriculture**, v. 35, n. 8, p. 855–869, 2011.
- AMARAL, A. J. et al. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo Húmico da região do Planalto Sul-Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas**. v. 32, n. 5, p. 2145-2155, 2008.
- ARAÚJO, C.F. et al. Resistência à compactação de um Latossolo cultivado com cafeeiro, sob diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 32, n. 1, p. 23–32, jan. 2008.
- ARAÚJO, L. DA S. et al. Potencial de cobertura do solo e supressão de tiririca (*Cyperus rotundus*) por resíduos culturais de plantas de cobertura. **Revista Ceres**, v. 62, n. 5, p. 483–488, 2015.
- BAGATINI, T. et al. Perdas de solo e água por erosão hídrica após mudança no tipo de uso da terra, em dois métodos de preparo do solo e dois tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 35, n. 3, p. 999–1011, 2011.
- BHASKAR, D.; DEY, S. K. Control of *Imperata cylindrica* (L.) Beauv. in rubber plantations - a review. **Natural Rubber Research**, v. 23, n. 1/2, p. 109–117, 2010.
- BORGES, W. L. B. et al. Supressão de plantas daninhas utilizando plantas de cobertura do solo. **Planta daninha**, v. 32, p. 4, p. 755–763, 2014.
- BRAUN-BLANQUET, J. **Sociología vegetal: estudio de las comunidades vegetales**. Buenos Aires: Acme, p. 44, 1950.
- CHERR, C. M.; SCHOLBERG, J. M. S.; MCSORLEY, R. Green manure approaches to crop production. **Agronomy Journal**, v. 98, n. 2, p. 302–319, 2006.

- CORRÊA, M. J. P. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijão caupi. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 13, n. 2, p. 50-56, 2016.
- CRUZ, C. et al. Glyphosate effectiveness in the control of macrophytes under a greenhouse condition. **Planta Daninha**, v. 33, n. 2, p. 241–247, 2015.
- CUNHA, J. L. X. L. et al. Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 8, n. 1, p. 119–126, 2014.
- DIAS, T. C. DE S.; ALVES, P. L. DA C. A.; LEMES, L. N. Períodos de interferência de *Commelina benghalensis* na cultura do café recém-plantada. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 398–404, 2005.
- ELLENBERG, D.; MUELLER-DOMBOIS, D. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Wiley, 1974.
- ESPINDOLA, J. A. A. et al. **Potencial alelopático e controle de plantas invasoras por leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeiras**. Seropédica: RJ, Embrapa Agrobiologia - Comunicado Técnico (INFOTECA-E), p. 8, 2000.
- ESPINDOLA, J. A. A. et al. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 415–420, 2006.
- FIALHO, C. M. T. et al. Fitossociologia da comunidade de plantas daninhas na cultura da soja transgênica sob dois sistemas de preparo do solo. **Scientia Agraria**, v. 12, n. 1, p. 9–17, 2011.
- FOLETTTO, M. P. et al. Allelopathic effects of *Brachiaria ruziziensis* and aconitic acid on *Ipomoea triloba* weed. **Allelopathy Journal**, v. 30, n. 1, p. 33–47, 2012.
- FREITAS, F. C. L. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 241–247, 2009.
- FREITAS, N. M. et al. Herbicide mixtures to control dayflowers and drift effect on coffee cultures. **Planta Daninha**, v. 36, n. 1, p. 97-98, 2018.
- GIACOMINI, S. J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 325–334, 2003.
- HILTBRUNNER, J. et al. Legume cover crops as living mulches for winter wheat: components of biomass and the control of weeds. **European Journal of Agronomy**, v. 26, n. 1, p. 21–29, 2007.
- JAKELAITIS, A. et al. Efeitos de sistemas de manejo sobre a população de tiririca. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 89–95, 2003.
- KRUIDHOF, H. M.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M. J. Ecological weed management by cover cropping: effects on weed growth in autumn and weed establishment in spring. **Weed Research**, v. 48, n. 6, p. 492–502, 2008.

- LACERDA, A. L. S.; VICTORIA FILHO, R.; MENDONÇA, C. G. Levantamento do banco de sementes em dois sistemas de manejo de solo irrigados por pivô central. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 1–7, 2005.
- MONQUERO, P. A. Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas. **São Carlos: RIMA**, p. 400, 2014.
- MOREIRA, G. M. et al. Fitossociologia de plantas daninhas do cafezal consorciado com leguminosas. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 329–340, 2013.
- PARTELLI, F. L. et al. Aspectos fitossociológicos e manejo de plantas espontâneas utilizando espécies de cobertura em cafeeiro conilon orgânico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 605–617, 2010.
- PAULA, J. M. et al. Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 217–227, 2011.
- RONCHI, C.P.; SILVA, A. A. Effects of weed species competition on the growth of young coffee plants. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 415–423, 2006.
- RONCHI, C. P. et al. Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 219–227, 2003.
- SAMEDANI, B. et al. Phytotoxic effects of *Pueraria javanica* litter on growth of weeds *Asystasia gangetica* and *Pennisetum polystachion*. **Allelopathy Journal**, v. 32, n. 2, p. 191–202, 2013.
- SANTOS JÚNIOR, A. et al. *Commelina benghalensis* and *Cyperus rotundus* treated with glyphosate in shaded environments. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 213–221, 2013.
- SCHROTH, G.; SALAZAR, E.; DA SILVA, J. P. Soil nitrogen mineralization under tree crops and a legume cover crop in multi-strata agroforestry in central Amazonia: spatial and temporal patterns. **Experimental Agriculture**, v. 37, n. 2, p. 253–267, 2001.
- SILVA, M. R. M. et al. Banco de sementes de plantas daninhas em áreas de cultivo de arroz de sequeiro na Pré-Amazônia Maranhense. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 57, n. 4, p. 351–357, 2014.
- SORENSEN, T. A. A method of stablishing groups of equal amplitude in plant society based on similarity of species content. In: ODUM, E. P. **Ecologia**. 3ª edição México: Interamericana, p. 341–405, 1972.
- TEODORO, R. B. et al. Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 292–300, 2011.
- TREZZI, M. M. et al. Resistência ao glyphosate em biótipos de buva (*Conyza* spp.) das regiões oeste e sudoeste do Paraná. **Planta daninha**. v. 29, n. SPE, p. 649–654, 2011.
- TUFFI SANTOS, L. D. et al. Effect of glyphosate on the morpho-anatomy of leaves and stems of *C. diffusa* and *C. benghalensis*. **Planta daninha**, v. 22, n. 1, p. 101–107, 2004.
- VARGAS, L. et al. *Conyza bonariensis* biotypes resistant to the glyphosate in southern Brazil. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 573–578, 2007.

ZAIDAN, Ú. R. et al. Ambiente e variedades influenciam a qualidade de cafés das matas de minas. **Coffee Science**, v. 12, n. 2, p. 240–247, 2017.

Capítulo 2

ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS, PRODUTIVIDADE E CLASSIFICAÇÃO DE CAFÉ ARÁBICA (*Coffea arabica*)

RESUMO – O manejo intensivo de plantas daninhas é uma das práticas mais realizadas na atividade cafeeira, em consequência disso, problemas de degradação dos solos e de seleção de plantas daninhas resistentes a herbicidas têm aumentado ao longo do tempo. Entretanto, se manejadas de forma adequada, plantas daninhas da entrelinha do cafeeiro podem oferecer benefícios de controle de erosão, reciclagem de nutrientes e sustentabilidade da lavoura. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de estratégias de manejo de plantas daninhas na entrelinha do cafeeiro, sobre a produtividade e granulometria dos grãos de café. O experimento foi instalado em lavoura estabelecida da espécie *Coffea arabica* L. com idade de quatro anos após recepa, nas entrelinhas do cafeeiro foram instalados os tratamentos, sendo estes *Urochloa ruziziensis*, *Pueraria phaseoloides* e vegetação espontânea mantidos por roçadas, aplicação de herbicidas (glyphosate ou glyphosate + 2,4-D) e capina para manter o solo “no limpo”. Nas unidades experimentais mantidas por roçadas e por aplicação de herbicidas, foram realizadas amostragens com quadrado vazado de 0,25 m² para medição do acúmulo de matéria seca. Para avaliação da produtividade e granulometria, frutos de café foram colhidos, beneficiados e classificados em peneiras. As estratégias de manejo adotadas não influenciaram na produtividade total do cafeeiro. Os métodos de controle aplicação de herbicidas e capina apresentaram significância em relação ao aumento da produção de grãos de tamanhos de maior valor de mercado. O acúmulo de matéria seca sobre o solo, nos tratamentos com *U. ruziziensis* e com vegetação espontânea, influenciou de forma positiva a produtividade da safra 2019, e os tratamentos com herbicidas e vegetação espontânea influenciaram de forma positiva a produtividade do ano 2018. Nos demais tratamentos o acúmulo de matéria seca não influenciou a produtividade. Conclui-se que os tratamentos com herbicidas e capina influenciaram a variável granulometria, com maior produção de grãos de maior interesse de mercado. O acúmulo de matéria seca sobre o solo pode influenciar de forma positiva a produtividade da safra futura do cafeeiro, e embora em alguns momentos não apresente influência positiva direta sobre a produtividade, pode contribuir na preservação e proteção do solo contra erosão, à médio e longo prazos. Dentro do mesmo ano, a produtividade não foi influenciada pelos tratamentos adotados.

Palavras chave: rendimento de grãos de café, granulometria; análise de parcelas sub-divididas; análise de trilha; causalidade; bienalidade do café

STRATEGIES FOR THE MANAGEMENT OF WEEDS, PRODUCTIVITY AND CLASSIFICATION OF ARABIC COFFEE

ABSTRACT – Intensive weed management is one of the most common practices in coffee activity, as a result of which, soil degradation and herbicide-resistant weed selection problems have increased over time. However, if properly managed, weeds between the lines of the coffee can offer benefits of erosion control, nutrient recycling and crop sustainability. The objective of this work was to evaluate the effect of weed management strategies in the coffee rows, on the productivity and grain size of coffee beans. The experiment was installed in an established crop of the species *Coffea arabica* L. aged four years after harvesting, the treatments were installed between the coffee lines, these being *Urochloa ruziziensis*, *Pueraria phaseoloides* and spontaneous vegetation maintained by clearings, application of herbicides (glyphosate or glyphosate + 2,4-D) and weeding to keep the soil “clean”. In the experimental units maintained by clearings and herbicide application, samples were taken with a 0.25 m² hollow square to measure dry matter accumulation. To evaluate productivity and granulometry, coffee fruits were harvested, processed and classified in sieves. The management strategies adopted did not influence the total coffee productivity. The methods of controlling herbicide application and weeding showed significance in relation to the increase in grain production of sizes with higher market value. The accumulation of dry matter on the soil, in treatments with *U. ruziziensis* and spontaneous vegetation, positively influenced the productivity of the 2019 harvest, and treatments with herbicides and spontaneous vegetation positively influenced the productivity of the year 2018. In the others treatments the accumulation of dry matter did not influence productivity. It is concluded that treatments with herbicides and weeding influenced the granulometry variable, with greater production of grains of greater market interest. The accumulation of dry matter on the soil can positively influence the productivity of the future coffee crop, and although at times it does not have a direct positive influence on productivity, it can contribute to the preservation and protection of soil against erosion in the medium and long term. deadlines. Within the same year, productivity was not influenced by the treatments adopted.

Keywords: coffee beans yield; granulometry; split-split plot analysis; path analysis; causality; coffee bienniality.

2.1. INTRODUÇÃO

A cultura do café está sujeita a uma série de fatores abióticos e bióticos que afetam o crescimento das plantas e a produção em termos quantitativos e qualitativos. Dentre os fatores bióticos, merece destaque a interferência das plantas daninhas, que possuem elevada capacidade competitiva pelos recursos de crescimento (água, luz e nutrientes) e podem dificultar operações como tratos culturais e colheita do café (MARCOLINI et al., 2009; FIALHO et al., 2010; FREITAS et al., 2018).

As plantas daninhas podem ocasionar perdas de 60 a 80% na produção, além de prejudicar a qualidade final do produto, se não controladas de forma adequada (RONCHI; SILVA 2003; PAIS et al., 2011; MOREIRA et al., 2013). Sendo que os períodos críticos de competição entre as plantas daninhas e a cultura ocorrem no período de florescimento e frutificação da cultura (FIALHO et al., 2010).

O controle de plantas daninhas por meio de capinas tem baixo rendimento operacional e custo elevado para o produtor. Por outro lado, os herbicidas e a adequada tecnologia de aplicação resultam em alto rendimento e baixo custo, além de manter a lavoura no limpo. Porém, a utilização desse método por vários anos consecutivos pode levar à seleção de plantas daninhas de difícil controle, por exemplo, espécies tolerantes ao glyphosate como a *Commelina benghalensis* L. e a *Spermacoce latifolia* Aubl. (GREEN; OWEN, 2011), e biótipos resistentes como a *Conyza bonarienses* L. e a *Digitaria insularis* L. (KLEINMAN; RUBIN, 2017; HEAP; DUKE 2018). Além disso, manter a cultura sem cobertura vegetal sobre o solo da entrelinha, proporcionada pelas plantas daninhas, pode ocasionar erosão e reduzir a capacidade de retenção de água no solo (MATHEW et al., 2012).

Outra forma de controle que tem sido crescentemente utilizada nos cafezais é o controle mecânico das plantas daninhas por meio de roçadas. Esse método favorece a manutenção de cobertura no solo com material vegetal vivo ou morto (palhada), de modo a proteger o solo contra ação de erosão, e ainda, proporcionar ciclagem de nutrientes (MATHEW et al., 2012). Entretanto, se utilizado de forma frequente, esse método pode selecionar algumas espécies de baixo porte que não são controladas adequadamente, como é o caso da *Commelina diffusa* Burm e *Cynodon dactylon* L., que não proporcionam boa cobertura do solo, além de interferir no crescimento e produção dos cafeeiros.

Um método alternativo de controle de plantas daninhas que vem sendo adotado em lavouras de café é o cultivo de plantas que proporcionem boa cobertura do solo da entrelinha da lavoura, como algumas espécies de gramíneas e de leguminosas perenes (SILVA et al., 2011,

FIALHO et al., 2012, MOREIRA et al., 2013). Estas espécies são selecionadas para exploração de acordo com sua capacidade de adaptação e produção de biomassa para formação de cobertura vegetal densa que inibe a emergência e o crescimento de plantas daninhas pela restrição de recursos de crescimento, especialmente a luz, e também, pela liberação de compostos alelopáticos, como é o caso das espécies *Urochloa ruziziensis* e *Pueraria javanica* (Benth.) Benth, também conhecida como sin. *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth (FOLETTTO et al., 2012; SAMEDANI et al., 2013). Esta espécie perene, pertencente à família das leguminosas, possui características de interesse agrônômico, a exemplo do uso como planta de cobertura, e por isso tem sido utilizada como importante estratégia na busca da sustentabilidade de diferentes agroecossistemas (TEODORO et al., 2011).

Além disso, a cobertura vegetal das espécies citadas acima pode favorecer o armazenamento de água no solo, o controle da erosão e a liberação de nutrientes para as plantas de café, beneficiando a produção e melhorando a qualidade física e química dos grãos (TEODORO et al., 2011; DORN et al., 2015).

Levando em consideração que o controle de plantas daninhas nas lavouras de café é uma das práticas mais realizadas e de forma intensiva e muitas vezes com a adoção de métodos de manejo de forma isolada, as lavouras estão sofrendo processos de degradação e erosão dos solos, o que pode interferir na produtividade do cafeeiro e na qualidade final do produto.

Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito de estratégias de controle de plantas daninhas sobre a produtividade e granulometria dos grãos de café.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido em campo, na Unidade de Ensino e Pesquisa da Horta Velha no Campus da Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa-MG (20°45'14''S, 42°52'54''O, e 680 m de altitude). Conforme classificação de Alvares et al. (2013) o clima da região é classificado como do tipo Cwa, tropical de altitude, com chuvas intensas no verão e inverno frio e seco. Além disso, apresenta temperatura média (média de 20 anos) de 19,4 °C (máxima 26,4 °C e mínima 14,8 °C) e precipitação média anual de 1.221 mm (INMET 2020).

A pesquisa foi conduzida em lavoura de café estabelecida da espécie *Coffea arabica* L., cultivar Oeiras, com idade de quatro anos após recepa, com espaçamento de 2,80 m entre linhas e 0,75 m entre plantas, durante três anos agrícolas (2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019). A

classificação de solo no local é o Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, com textura argilosa, cujas características físicas e químicas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização física e química do solo da área experimental

Identificação	pH H ₂ O	H+Al ³⁺	Al ³⁺	Ca	Mg	K	P	M.O.
		..... cmol _c dm ⁻³.....			.... mg dm ⁻³			dag kg ⁻¹
0 – 20 cm	6,2	3,0	0	3,1	1,0	115	14,8	3,2

Identificação	SB	CTC(t)	CTC(T)	P-rem	V	m	Argila	Areia
		..... cmol _c dm ⁻³		mg L ⁻¹ % %	
0 – 20 cm	4,4	4,4	7,7	29,8	57	0	43	44

SB: Soma de bases trocáveis; **CTC (t):** Capacidade de troca catiônica efetiva; **CTC (T):** Capacidade de troca catiônica pH 7,0; **V:** Índice de saturação de bases; **m:** Índice de saturação de alumínio.

Inicialmente foi feita uma calagem para elevar a saturação por base para 70% e posteriormente, foram realizadas adubações de cobertura com 750 g de NPK (20-5-20) por planta/ano, dividido em três vezes: novembro, dezembro e fevereiro, nos três anos de condução do experimento. Totalizando 150g de N, 37,5g de P₂O₅ e 150g de K₂O por ano.

2.2.2. Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido no delineamento de blocos casualizados com seis repetições. Foram avaliados cinco tratamentos envolvendo as estratégias de controle de plantas daninhas (Tabela 2). Cada unidade experimental foi composta por três fileiras de café (duas entrelinhas) com 7,5 m de comprimento (dez plantas em cada fileira).

Tabela 2: Tratamentos adotados como estratégia de manejo de plantas daninhas na entrelinha do café

Tratamento	Estratégia de manejo
------------	----------------------

UR	Cultivo de braquiária (<i>Urochloa ruziziensis</i>) na entrelinha, manejada por meio de roçadas
PP	Cultivo de <i>Pueraria phaseoloides</i> na entrelinha, manejada por meio de roçadas
HB	Controle de plantas daninhas, realizado por meio de aplicações do herbicida glyphosate, ou glyphosate + 2,4-D
VE	Manutenção da vegetação espontânea controlada por meio de roçadas
CA	Solo mantido “no limpo”, por meio de capinas

Antes da implantação dos tratamentos a lavoura que vinha sendo manejada por meio de roçadas a mais de quatro anos, foi submetida à dessecação das entrelinhas, utilizando-se glyphosate ($1,08 \text{ g ha}^{-1}$) e 2,4-D ($0,536 \text{ g ha}^{-1}$), em novembro de 2016, com o objetivo de homogeneizar a vegetação da área e possibilitar a implantação dos tratamentos com *U. ruziziensis* e *P. phaseoloides*.

A semeadura da braquiária foi realizada manualmente, em dois sulcos espaçados de 0,40 m, na entrelinha do café, distribuindo-se um grama de sementes com valor cultural de 40% por metro linear de sulco, no mês de dezembro de 2016. A *P. phaseoloides* foi implantada por meio de mudas obtidas a partir de propagação vegetativa por meio de enraizamento de estacas herbáceas em bandejas de polietileno contendo substrato (solo + areia + esterco bovino), mantidas em casa de vegetação com irrigação por microaspersão programada. Após o período de enraizamento (aproximadamente três meses), as mesmas foram levadas para o campo e transplantadas no espaçamento de 0,5 m, no centro da entrelinha do café, também em dezembro de 2016.

Nas parcelas onde foi realizado o controle da vegetação espontânea por meio de aplicação dos herbicidas glyphosate ou glyphosate + 2,4-D nas mesmas doses utilizadas para a dessecação da área, as aplicações foram realizadas duas vezes por ano, após o estabelecimento das plantas no período das chuvas (novembro ou dezembro) e no período que antecedia a colheita (fevereiro/março), que corresponde ao final do período das chuvas. A aplicação da associação dos herbicidas glyphosate + 2,4-D foi realizada apenas uma vez, sendo esta para conter o aumento da densidade de *C. bonarienses*, as demais aplicações de herbicida foram realizadas com glyphosate isolado.

As aplicações foram realizadas por meio de pulverizador costal pressurizado a CO_2 , calibrado na pressão constante de 250 kPa, munido com uma barra, com duas pontas de pulverização tipo leque com indução de ar (TTI 11002) espaçadas de 50 cm entre si, o que

proporcionou aplicação de 200 L ha⁻¹ de calda. No momento das aplicações, aferiu-se a temperatura do ar (25 °C ± 2), a umidade relativa do ar (80% ± 5) e a velocidade do vento (3 km h⁻¹ ± 2).

Nas unidades experimentais mantidas com a vegetação espontânea, foram realizadas, em média, quatro roçadas anuais, por meio de roçadeira à gasolina. Estas roçadas foram realizadas quando as plantas daninhas apresentavam massa fresca suficiente para cobertura do solo após o corte (± 50 cm de altura) e o tratamento onde foi adotado o processo de capina manual por meio de enxada, as capinas foram realizadas de forma frequente, de modo a deixar o solo limpo. O controle de plantas daninhas na linha de plantio foi realizado por capina manual por meio de enxada

2.2.3. Colheita e beneficiamento

As avaliações relativas à produção e qualidade do café foram obtidas a partir da colheita dos frutos de oito plantas da fileira central, descartando-se uma planta em cada extremidade.

A colheita foi realizada por derriça manual no pano, no mês de maio de cada ano experimental, quando pelo menos 50% dos frutos de café encontravam-se em estágio de cereja. Foi colhida a totalidade dos frutos das plantas da área útil de cada parcela. A pesagem foi realizada no mesmo dia, para obtenção da produção de “café da roça” (cereja + verde + passa) para cálculo da produtividade.

Do total colhido em cada unidade experimental, foram retiradas amostras de três quilogramas de “café da roça” que foram acondicionadas em redes plásticas individuais. Estas foram levadas para secagem em terreiro a pleno sol, onde foram reviradas em torno de 6 vezes ao dia, até a obtenção do café seco (em coco) com umidade, aproximada, de 12%.

2.2.4. Rendimento dos grãos de café por peneiras

A proporção entre café cereja e café beneficiado corresponde ao rendimento de grãos e foi determinada pela divisão entre a massa úmida de café e a massa de café beneficiado. A porcentagem de casca presente nos grãos de cada amostra foi determinada pela porcentagem da massa da casca em relação à massa dos grãos processados.

Amostras de 300g de café em coco foram descascadas em descascador elétrico PA-AMO/300 para obtenção dos grãos de café beneficiados e cálculo do rendimento de cada

amostra avaliada pelo método citado acima, utilizando a relação da porcentagem da massa da casca pela massa do grão beneficiado. Os grãos beneficiados foram submetidos à medição de umidade por meio do Medidor de Umidade G600 café.

Após o cálculo do rendimento, foi determinada a granulometria dos cafés por meio de peneiras, de acordo com o tamanho dos grãos e pela dimensão dos crivos das peneiras que os retêm, sendo circulares para os grãos chatos e oblongas para os grãos moça. A classificação do tamanho dos grãos foi realizada com amostras de 100 g de café beneficiado, avaliadas em peneiras intercaladas segundo instrução normativa do Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2003).

2.2.5. Coleta dos dados de acúmulo de matéria seca

As avaliações de produção de matéria seca da parte aérea para formação de cobertura morta sobre o solo foram realizadas na entrelinha do café. Em cada unidade experimental, foram realizadas duas amostragens utilizando quadrado vazado de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m), o qual foi lançado de forma aleatória nas entrelinhas. As plantas foram cortadas rente ao solo, separadas por espécie, contadas, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 72 h, para a determinação da massa da matéria seca em balança de precisão.

No tratamento onde foi adotada a capina por meio de enxada, esta avaliação de acúmulo de matéria seca não foi realizada devido ao fato das parcelas terem sido mantidas “no limpo” durante toda a condução do experimento, não havendo formação de cobertura.

Os dados de temperaturas médias (máxima e mínima) e precipitação na área experimental foram registrados (Figura 1).

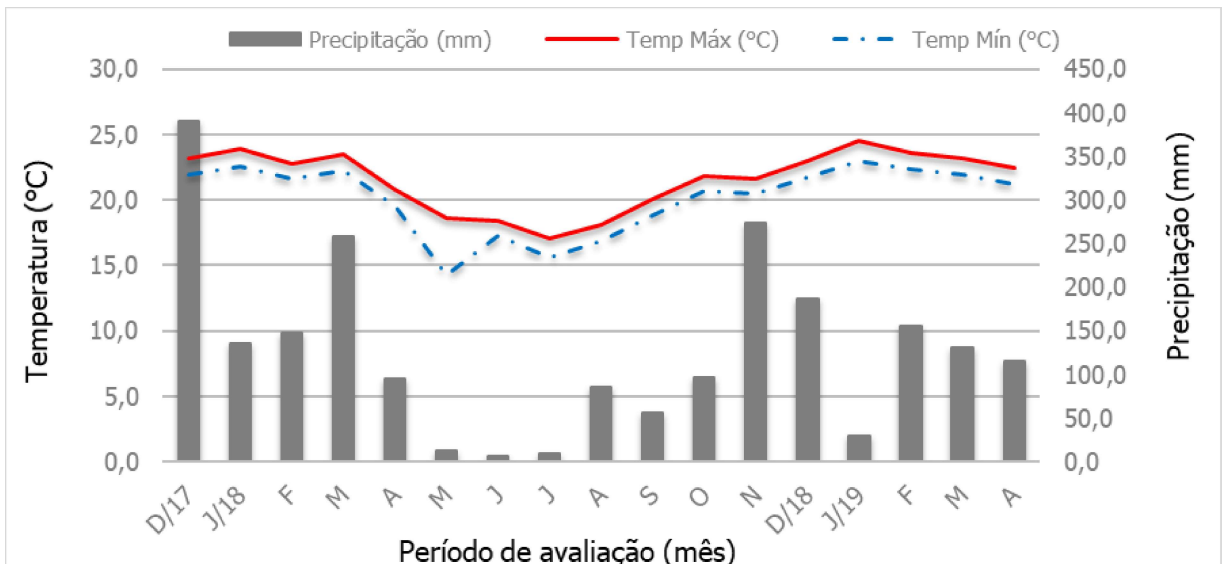


Figura 1: Média das temperaturas máximas e mínimas (°C) e precipitação (mm) mensais, observadas na estação meteorológica da UFV, durante o período de avaliação, de dezembro de 2017 a abril de 2019.

2.2.6. Análise Estatística

Os valores em quilograma de "café da roça" foram convertidos para valores em quilograma de café beneficiado, para cálculo da produtividade por hectare. Segundo Gripp (2018) para a produção de 60 kg de café beneficiado, são necessários, aproximadamente, 250 kg de "café da roça".

Os dados obtidos foram avaliados por análise de variância (ANOVA) usando modelo de parcelas sub-sub-divididas. Na parcela foram avaliados tratamentos \times blocos, na subparcela tempos (2017, 2018 e 2019) e na sub-subparcela as classes de tamanho de peneiras (granulometria), esta última foi avaliada por teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. A avaliação de classes de tamanhos de grãos como um fator de variação controlável no modelo de ANOVA é uma prática observada em outros estudos de mesma natureza (BABARINDE; FABUNMI, 2009; BELAY et al., 2009). As estratégias de manejo dentro de ano foram comparadas por meio de teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para verificar a influência do acúmulo de matéria seca das plantas daninhas sobre a produtividade total futura (safra do ano seguinte) de grãos de café, foram utilizados efeitos causais, por meio de análise de trilha. O diagrama de trilha foi construído com base na produtividade do ano anterior e acúmulo de matéria seca das plantas daninhas na parcela em momentos anteriores (entre uma safra e outra) sobre a próxima produtividade. Os efeitos causais

‘diretos’ da massa de matéria seca das plantas daninhas sobre a produtividade futura foram computados.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. Produtividade total de grãos de café

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, pode-se observar que a análise de variância adotada indica não-significância para produtividade dentro de cada ano avaliado.

Tabela 3. Análise de Variância (ANOVA), considerando um arranjo de parcelas subdivididas. O Erro A corresponde ao erro entre parcelas, o Erro B ao erro de sub parcela e o Erro C ao erro de sub parcela (ou seja, o erro dentro da parcela)

FV	GL	SQ	QM	F	Pr(>F)	
Bloco	5	720087	144017	1.6478	0.193354	ns
Tratamento	4	721708	180427	2.0644	0.123739	ns
Erro A	20	1748026	87401			
Ano	2	5549108	2774554	22.547	1.05E-07	***
Tratamento × Ano	8	343227	42903	0.3487	0.942029	ns
Erro B	50	6152746	123055			
Peneira	14	1.35E+08	9642433	494.76	< 2.2e-16	***
Peneira × Tratamento	56	1798935	32124	1.6483	0.002285	**
Peneira × Ano	28	17535101	626254	32.134	< 2.2e-16	***
Peneira × Tratamento × Ano	112	1256585	11220	0.5757	0.999847	ns
Erro C	1050	20463572	19489			

FV: Fator de variância; **GL:** Graus de liberdade; **SQ:** Soma de quadrados; **QM:** quadrado médio; **F:** Estatística do teste F;

Signif. codes: ‘***’: 0.001; ‘**’: 0.01; ‘*’: 0.05; ‘.’: 0.1; ‘ns’: 1.

Coefficiente de variação (CV): Erro A = 101.0%, Erro B = 119.9%, Erro C = 47.7%.

As estratégias de manejo não influenciaram o rendimento e a produtividade total de grãos de café em kg ha⁻¹ no mesmo ano de avaliação, ou seja, os tratamentos não diferiram entre si em termos de granulometria dos grãos e produtividade por hectare (Figura 2-A). Dentro de cada ano avaliado, os tratamentos com maior rendimento também foram aqueles com maior produtividade. Entretanto quando comparada entre os anos, a produtividade apresentou significância ao nível de 5% de probabilidade (Figura 2-A).

Os resultados mostram o efeito da bialidade na produção dos cafés, com aumento da produtividade ao longo dos três anos avaliados, o que é coerente com a idade dos cafeeiros.

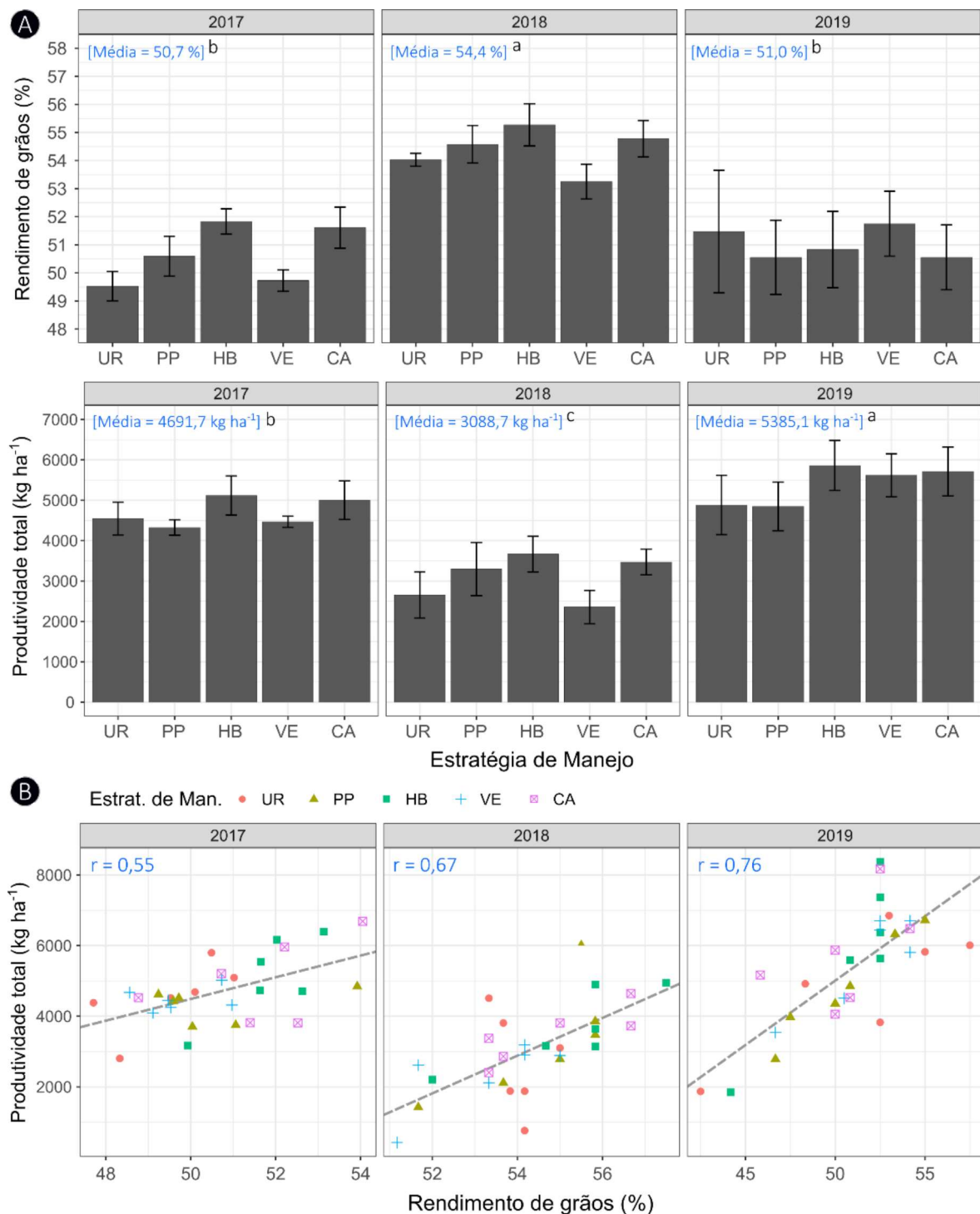


Figure 2. A) Rendimento e produtividade total de grãos de café (em kg ha^{-1}). Nas caixas estão apresentados os rendimentos e as produtividades por ano (2017, 2018 e 2019), com as médias anuais mostradas no canto superior esquerdo de cada caixa. Os intervalos verticais nas barras correspondem ao erro padrão da média, e as letras (a, b e c) comparam os tratamentos nos diferentes anos pelo teste Tukey ($\alpha = 5\%$). **B)** Correlação entre as variáveis rendimento e produtividades por parcela nos anos avaliados. UR- *U. ruziziensis* com roçada; PP- *P.*

phaseoloides com roçada; HB- Aplicação herbicidas (Glyphosate+2,4-D); VE- Vegetação espontânea com roçada; CA- Capina.

A variação sazonal entre maior e menor rendimento de grãos é classificada como efeito da bienalidade, que alterna ano após ano. É um evento fisiológico que afeta a produtividade do café arábica. Segundo Fanelli Carvalho et al. (2020) o cafeeiro apresenta essa variação acentuada de médias de produção e heterogeneidade da variação fenotípica ao longo dos anos, sugerindo que progênies podem estar em mesmo estágio fisiológico de maior e menor rendimento ao longo de anos.

A produtividade do café aos 6 anos (2019) após recepa é maior estatisticamente que seu correspondente 4 anos (2017) (Figura 2-A), indicando que a bienalidade está presente mas a produtividade ainda não havia se estabilizado na condição inicial do experimento, comportamento compatível com o esperado, visto que, como observado por Nascimento et al. (2014) e Pereira et al. (2007) o desempenho do cafeeiro recepado segue os padrões de uma lavoura jovem, apresentando fases de investimento no crescimento vegetativo.

Embora os tratamentos não tenham apresentado significância para a produtividade total entre os anos avaliados (Tabela 3), observamos uma relação significativa da produtividade com os anos subsequentes. Essa afirmação também é corroborada com base nos intervalos de erro padrão observados na Figura 2-A. Por exemplo, o tratamento de aplicação de herbicida apresenta maior produtividade desde o primeiro ano de avaliação (safra 2017) e essa produtividade permanece maior nos dois anos subsequentes (safra 2018 e 2019) quando comparada à produtividade dos demais tratamentos. Comportamento semelhante é observado no tratamento com capina manual das plantas daninhas.

Levando em consideração a logística de desenvolvimento de cada método de controle de plantas daninhas dessa pesquisa, pode ser observado que nos tratamentos aplicação de herbicidas e capina por meio de enxada o estabelecimento da estratégia de manejo foi praticamente imediato, ou seja, onde estes tratamentos foram adotados, a cultura encontrava-se em menor disputa por recursos do meio com as plantas daninhas ao longo do tempo, o que pode ter favorecido a diferença de produtividade destas unidades experimentais quando comparadas com os demais tratamentos.

Entretanto, mesmo que com maior produtividade no curto prazo, deve-se levar em consideração que estes dois métodos de controle de plantas daninhas, tendem deixar o solo descoberto, o que favorece a ação de agentes climáticos que provocam erosão e perda de

qualidade do solo ao longo do tempo. O que não é interessante no ponto de vista de sustentabilidade da lavoura (VIEIRA et al., 2015; BRANCO; SANTOS, 2018).

Nos tratamentos *U. ruzizienses* com roçada, *P. phaseoloides* com roçada e vegetação espontânea com roçada, durante o período de desenvolvimento das espécies para formação de cobertura vegetal, as plantas daninhas que se encontravam na entrelinha do café disputavam por água e nutrientes com a cultura. Em alguns meses do ano, esta disputa foi acentuada por escassez de chuvas na região, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro dos anos 2018 e 2019 (Figura 1), os quais normalmente apresentam maiores índices pluviométricos.

Segundo Fialho et al. (2010) parte das raízes absorventes do cafeeiro encontram-se na superfície do solo, onde a maioria das raízes das plantas daninhas ocorre, em momentos de escassez de chuvas a disputa por recursos do meio é aumentada. Moreira et al. (2013) observaram diminuição da produção do cafeeiro em níveis de 60 a 80%, quando em competição com plantas daninhas, incluindo perdas de rendimento e qualidade final do produto.

Por se tratar de um experimento com uma cultura perene de produção anual, e considerando que nas estratégias de manejo *U. ruzizienses* com roçada e *P. phaseoloides* com roçada, as duas espécies demandaram um período maior para seu completo estabelecimento e formação de cobertura vegetal sobre o solo.

A curto e médio prazos, é esperado que as estratégias de manejo, citadas acima, não influenciem na produção da lavoura. E mesmo que resultem em menor produtividade que os demais tratamentos adotados, o esperado é que estes métodos de controle melhorem a condição do solo, e principalmente, o protejam da ação da erosão, buscando a sustentabilidade do agroecossistema.

Em cada ano, correlações positivas e significativas foram observadas entre o rendimento e a produtividade (Figura 2-B). Provavelmente a granulometria dos grãos beneficiados juntamente com a quantidade de frutos por planta está acarretando em maior produtividade (SILVA; TEODORO; MELO, 2008). Foi realizada uma única correlação por ano, devido aos tratamentos não terem apresentado significância estatística (Figura 2-A). Com o passar do tempo foi observado aumento dessa correlação, sendo esperado que este valor estabilize após o estabelecimento da cultura.

Contudo, ao analisar a Figura 2-A, foi observado que entre os anos, momentos que proporcionaram maior valor de rendimento não foram aqueles que apresentaram as maiores produtividades. Isso pode ter sido influenciado pela fisiologia da planta e pelas condições climáticas do período. A variabilidade climática é um dos fatores responsáveis pelo resultado

produtivo da lavoura, condições de temperatura e disponibilidade de água afetam de forma direta o rendimento dos grãos (CAMARGO, 2010; MOREIRA et al., 2018).

2.3.2. Granulometria dos grãos de café

As estratégias de manejo afetam significativamente o rendimento por peneiras. A análise de variância (Tabela 3) apresentou diferença significativa na relação tratamento x classificação por peneira, apesar das estratégias de manejo não terem causado efeito significativo na produtividade por hectare de café (Figura 3-B). A significância foi observada principalmente no tamanho de grão peneira 17 chato, que apresenta maior valor de mercado, nos tratamentos aplicação de herbicidas e capina.

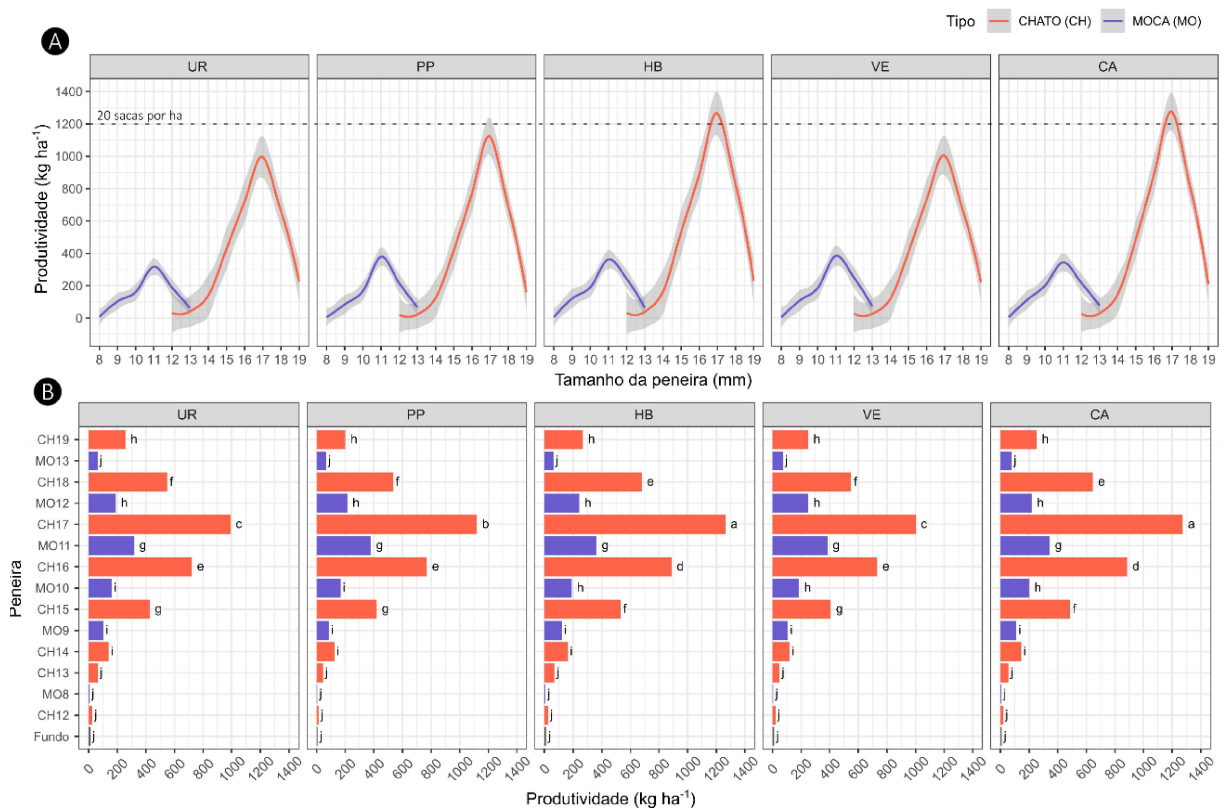


Figure 3. Relação da granulometria dos grãos em comparação com as estratégias de manejo. **A)** Ajuste LOESS regression mostrando o comportamento dos acúmulos de grãos de café beneficiados por peneira. As peneiras apresentam dois tipos de grãos (chato – em vermelho, ou moca – em azul). A sombra ao redor dos ajustes é o standard error contemplando os três anos de medição. **B)** Scott Knott test para a interação “Sieve × Treatment” da ANOVA (Tabela 3). As letras (a – j) são comparáveis tanto dentro como entre as caixas. Os títulos das caixas são as cinco estratégias de manejo: UR- *U. ruziziensis* com roçada; PP- *P. phaseoloides* com roçada; HB- Aplicação herbicida (Glyphosate+2,4-D); VE- Vegetação espontânea com roçada; CA- Capina.

Este resultado pode ser vinculado ao fato de os dois tratamentos citados acima serem estratégias de manejo de plantas daninhas que deixam o solo no limpo por maior período de tempo durante a safra. Apesar destes tratamentos terem apresentado melhores resultados em termos de granulometria e produtividade do café, deve-se levar em consideração que em ambos casos o solo fica exposto à ação da erosão causada por diferentes fatores climáticos, e pode vir a comprometer a produtividade e granulometria dos cafês à longo prazo.

A comunidade infestante pode causar perdas quantitativas e qualitativas na cultura se não for manejada de forma correta, devido à interferência no crescimento e produção de frutos (DAMATTA et al., 2007; RONCHI et al., 2007; MARCOLINI et al., 2009). As plantas daninhas podem coexistir com a cultura, desde que estejam bem manejadas e não competindo por recursos do meio.

De acordo com Laviola et al. (2006) os cafês classificados com granulometria maior (acima da peneira 16), quando associados a outros aspectos de qualidade, apresentam maior valor agregado. Além disso, Matiello et al. (2005) afirmam que para garantir uma boa torrefação, é de extrema importância que os grãos apresentem granulometria e formato uniformes, uma vez que grãos maiores apresentam torra lenta, enquanto os grãos menores torram rapidamente.

Na Figura 3-A a curva dos tratamentos aplicação de herbicidas e capina interceptam a linha de produtividade de 20 sacas por hectare de grãos chatos peneira 17. No tratamento com *P. phaseoloides* a sombra do erro padrão intercepta a linha de produtividades de 20 sacas por hectare de grãos chatos peneira 17. Isto evidencia o potencial de maior produção a partir da adoção dos tratamentos aplicação de herbicidas e capina, e sugere uma boa produtividade a partir do tratamento com cultivo de *P. phaseoloides* mantida por roçada (ver a interseção da sombra do erro padrão e a linha de 20 sacas por hectare). Os tratamentos *U. ruzizienses* com roçada e vegetação espontânea com roçada resultaram em menor produtividade (linha de 20 sacas por hectare), considerando a classificação por peneira tamanho 17 (Figura 3A).

Embora não tenha havido uniformidade de tamanho de grãos no resultado desse experimento, pode ser observado que as peneiras de granulometria 18, 17, 16 e 15 chato (consideradas como de granulometria grande e média) sobressaíram. Resultado interessante quando se trata de produção de grãos de maior valor agregado. Os tratamentos com herbicidas e capina apresentaram maior quantidade (sacas por hectare) de grãos chatos peneira 17, quando comparados com os demais tratamentos.

Outro resultado interessante foi que a quantidade de grãos moca produzida foi menor, em relação a quantidade de grãos chatos, e não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, exceto entre os tratamentos com *U. ruzizienses* e *P. phaseoloides* (Figura 3-B). Segundo Laviola et al. (2006) os frutos e os grãos de café são maiores quando as condições de cultivo são favoráveis, neste caso, a menor competição com plantas daninhas, apresentada pelos tratamentos que foram mantidos no limpo, pode ter influenciado na menor quantidade de grãos moca.

Ainda segundo Laviola et al. (2006), os mercados mais exigentes, geralmente, toleram no máximo 10% de grãos mocas para lotes classificados como grãos chatos. Na comercialização de sementes são tolerados no máximo 12% de grãos mocas. Sendo interessante a menor produção de grãos moca e maior produção de grãos chatos de tamanhos médio a grande (BARTHOLO; GUIMARÃES, 1997).

2.3.3. Causalidade do acúmulo de matéria seca sobre a produtividade total de grãos de café

O acúmulo de matéria seca das espécies nas entrelinhas dos cafeeiros, em cada tratamento adotado, variou ao longo do tempo. Os tratamentos com *U. ruzizienses* e vegetação espontânea apresentaram maior acúmulo de matéria seca, em relação aos outros tratamentos (Figura 4-A).

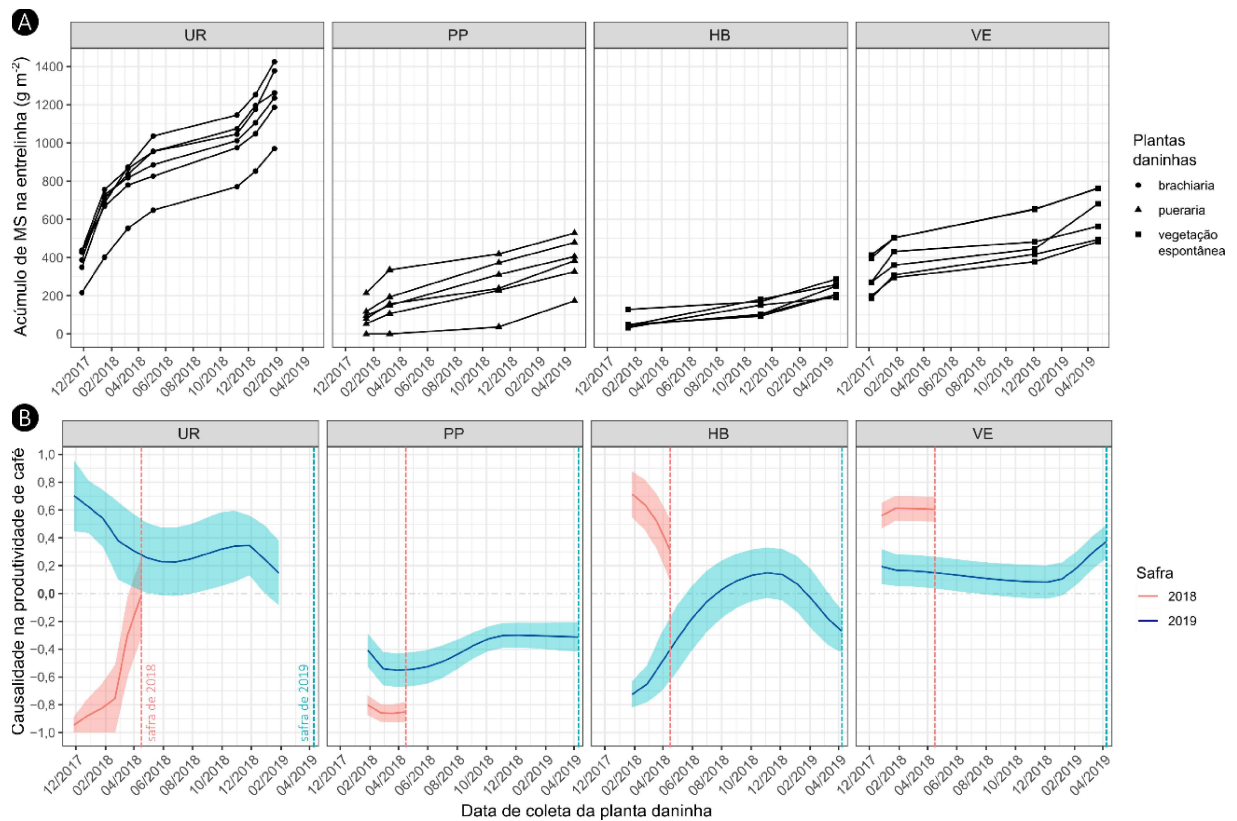


Figura 4. A) Acúmulo de matéria seca de plantas de cobertura na entrelinha do café (g m⁻²) durante o período de dezembro de 2017 a abril de 2019 **B)** Causalidade do acúmulo de matéria seca de plantas nas entrelinhas sobre a produtividade futura via análise de trilha para os anos de 2018 (vermelho) e 2019 (azul) (path analysis). O ano de 2017 não é mostrado pois as medições de biomassa foram obtidas após a colheita deste ano. As linhas tracejadas indicam o momento das duas colheitas (2018-2019). Os títulos das caixas representam quatro estratégias de manejo: UR- *U. ruziziensis* com roçada; PP- *P. phaseoloides* com roçada; HB- Aplicação herbicida (Glyphosate+2,4-D); VE- Vegetação espontânea com roçada. MS- Matéria seca

Entretanto no tratamento com *U. ruziziensis* com roçada o acúmulo de matéria seca foi maior quando comparado com o tratamento com vegetação espontânea com roçada (Figura 4-A), possivelmente pelo fato de *U. ruziziensis* ter alta capacidade de crescimento e produção de palhada com alta relação C/N que permite maior permanência do material vegetal sobre o solo (GIACOMINI et al., 2003) e consequente maior acúmulo.

Os tratamentos *P. phaseoloides* e aplicação de herbicida resultaram em menor variação do acúmulo de matéria seca, quando comparados com os valores dos tratamentos anteriormente citados (Figura 4-A). Diante disso, foram observados diferentes valores para causalidade (influência) do acúmulo de matéria seca na produtividade, de acordo com a espécie estudada em cada unidade experimental.

No ano de 2018 (em vermelho na Figura 4-B), o tratamento *U. ruzizienses* com roçada apresentou influência negativa entre o acúmulo de matéria seca (nos meses de dezembro de

2017 e abril de 2018) e a produtividade futura do café, ou seja, quanto maior o acúmulo de matéria seca, menor será a produtividade da próxima safra do cafeeiro. Isto pode ser explicado pela disputa por recursos do meio entre a planta daninha e a cultura neste período. A espécie *U. ruziziensis* encontrava-se em fase de crescimento e desenvolvimento, momento em que necessita de um grande aporte de água e nutrientes para produção de biomassa. Outro detalhe é que neste mesmo período, ocorreu um período de estiagem entre os meses de janeiro e fevereiro (Figura 1), que pode ter ocasionado disputa por água entre as duas espécies.

A cobertura com *P. phaseoloides* apresentou influência negativa do acúmulo de matéria seca sobre produtividade para todos os momentos de medição, indicando que a produtividade da safra futura do café nestas unidades experimentais será menor, quanto maior for o acúmulo de matéria seca dessa leguminosa, tanto para o ano de 2018 como para o ano de 2019 (em azul na Figura 4-B).

Embora a espécie *P. phaseoloides* tenha apresentado influência negativa, deve-se levar em consideração os benefícios causados pelo acúmulo do seu material vegetal sobre o solo. Em trabalho sobre consórcio de bananeiras com leguminosas herbáceas perenes, dentre elas *P. phaseoloides*, Espindola et al., (2006) observaram que esta espécie apresentou alto valor de produção de biomassa, acumulou mais N no solo e derivados da fixação biológica, e conseqüentemente, aumentou a porcentagem de cachos colhidos e redução do tempo de colheita, além de ter proporcionado maior produtividade da bananeira, quando comparado ao uso de vegetação espontânea como cobertura do solo.

O tratamento aplicação de herbicidas apresentou influência positiva entre acúmulo de matéria seca e produtividade futura do cafeeiro, entre os meses de janeiro a abril de 2018, neste período houve escassez de chuvas na região (Figura 1), e ao mesmo tempo pouco acúmulo de matéria seca, indicando menor disputa por recursos entre as plantas daninhas e a cultura. No ano de 2019, a causalidade apresentou-se negativa, em quase todos os momentos de medição (de fevereiro 2018 a abril de 2019) da massa de matéria seca. No momento quando a causalidade é zero, o acúmulo de matéria seca não causa efeito sobre a produtividade.

O tratamento vegetação espontânea com roçada apresentou influência positiva entre os meses de dezembro de 2017 e abril de 2018, a produção de massa de matéria seca da vegetação espontânea favoreceu a produtividade da safra futura do cafeeiro. Em estudo sobre acúmulo de nutrientes pela vegetação espontânea em cultivo de café orgânico, Ricci et al. (2010) observaram que resíduos vegetais oriundos de roçadas da vegetação espontânea estimulou processos biológicos importantes, tais como a ciclagem de nutrientes, retorno de carbono

orgânico para o solo, fixação biológica de nitrogênio e auxiliou no controle de plantas invasoras, o que favoreceu a produtividade da lavoura.

No ano de 2019 (em azul na Figura 4-B), os tratamentos *U. ruzizienses* e vegetação espontânea apresentaram influência positiva do acúmulo de matéria seca sobre a produtividade total de grãos de café do período de dezembro de 2017 a abril de 2019. Ou seja, a cobertura morta formada pelas diferentes espécies de plantas daninhas encontradas nas parcelas onde havia *U. ruzizienses* e vegetação espontânea, vai influenciar positivamente a produtividade futura do café (Figura 4-B).

Quando as plantas daninhas estão em processo de desenvolvimento, a disputa por recursos do meio com a cultura pode ser maior, principalmente em períodos de escassez de água, como ocorrido em alguns meses de avaliação deste trabalho (Figura 1) e no que diz respeito à imobilização de nutrientes pela comunidade infestante. As plantas daninhas possuem maior poder competitivo quando comparadas com a cultura do café. Entretanto, quando estas são roçadas, e seu material vegetal é depositado sobre o solo, mediante ciclagem de nutrientes, estes são novamente disponibilizados para a cultura, favorecendo sua produtividade.

Estudos comprovam que o uso de plantas de cobertura do solo mostra-se uma boa estratégia de manejo para os agroecossistemas, possibilitando aumentos de produtividade associados à otimização de processos biológicos (DIAS; ALVES; LEMES, 2008; RICCI et al., 2010; MELLONI et al., 2013; ALCÂNTARA; MARTINS, 2019).

Embora em alguns momentos a causalidade entre acúmulo de matéria seca e produtividade não tenha apresentado efeito positivo direto, deve-se levar em consideração os benefícios oferecidos pela formação de cobertura morta sobre o solo, mesmo diante de uma pequena perda de produtividade, visto que, atualmente tem-se buscado produzir de forma sustentável. A ocorrência de erosão pode tornar a área menos produtiva com o passar do tempo. A médio e a longo prazo, estratégias de manejo que mantenham resíduos vegetais sobre o solo, possibilitam a conservação do mesmo, principalmente por evitar a perda de solo por ação da erosão causada por agentes climáticos, aumenta a disponibilidade de nutrientes ligados à matéria orgânica e controla plantas de ocorrência espontânea.

2.4. CONCLUSÕES

Embora as estratégias de manejo adotadas não tenham influenciado a produtividade total do café, os tratamentos com herbicida e capina influenciaram a variável tamanho do grão, com maior produção de grãos peneiras 16, 17 e 18 (grãos de café de maior valor comercial).

O acúmulo de matéria seca no solo tende a influenciar positivamente a produtividade do café, principalmente em períodos de escassez de chuvas na região em estudo, porém não se pode afirmar que essa relação de influência (causalidade) tenha efeito positivo direto entre os produção de massa de matéria seca e produtividade de futuras lavouras de café.

No mesmo ano, os tratamentos adotados não influenciaram a produtividade do café.

2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, E. N. DE; MARTINS, C. P. Efeito dos métodos de controle de plantas daninhas sobre a produção do cafeeiro. p. 2006–2009, 2019.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- BABARINDE, G. O.; FABUNMI, O. A. Effects of packaging materials and storage temperature on quality of fresh okra (*Abelmoschus esculentus*) fruit. **Agricultura Tropica et Subtropica**, v. 42, n. 4, p. 151–156, 2009.
- BARTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**, v. 18, n. 187, p. 33–42, 1997.
- BELAY, G. et al. Seed size effect on grain weight and agronomic performance of tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter]. **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 9, p. 836–839, 2009.
- BRANCO, I. G. C.; SANTOS, A. C. Design for sustainable supply chain: the case of specialty coffees production. **Product Management & Development**, v. 16, n. 2, p. 122–133, 2018.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 8, de 11 de Junho de 2003. Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2003.
- CAMARGO, M. B. P. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 239–247, 2010.
- DAMATTA, F. M. et al. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007.
- DIAS, T.C.S.; ALVES, P.L.C.A; LEMES, L. N. Faixas de controle de plantas daninhas e seus reflexos na produção do cafeeiro. **Científica**, v. 36, n. 1, p. 81–85, 2008.
- DORN, B.; JOSSI, W.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A. Weed suppression by cover crops: Comparative on-farm experiments under integrated and organic conservation tillage.

- Weed Research**, v. 55, n. 6, p. 586–597, 2015.
- ESPINDOLA, J. A. A. et al. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 415–420, 2006.
- FANELLI CARVALHO, H. et al. The effect of bienniality on genomic prediction of yield in arabica coffee. **Euphytica**, v. 216, n. 6, p. 101, 2020.
- FIALHO, C. M. T. et al. Competição de plantas daninhas com a cultura do café em duas épocas de infestação. **Planta Daninha**, v. 28, n. SPE, p. 969-978, 2010.
- FIALHO, C. M. T. et al. Leaf nutrient content in coffee plants and weeds cultivated in competition. **Planta Daninha**, v. 30, n. 1, p. 65–73, 2012.
- FOLETTTO, M. P. et al. Allelopathic effects of *Brachiaria ruziziensis* and aconitic acid on *Ipomoea triloba* weed. **Allelopathy Journal**, v. 30, n. 1, p. 33–47, 2012.
- FREITAS, N. M. et al. Herbicide mixtures to control dayflowers and drift effect on coffee cultures. **Planta Daninha**, v. 36, n. 1, p. 97–98, 2018.
- GIACOMINI, S. J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 325–334, 2003.
- GREEN, J. M.; OWEN, M. D. K. Herbicide-resistant crops: Utilities and limitations for herbicide-resistant weed management. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 11, p. 5819–5829, 2011.
- GRIPP, R. *Café: Relação peso e volume por quantidade de frutos*. **Eng Agr Ruy Gripp, 2018**. Disponível em: <https://ruiygripp.com.br/2018/11/07/cafere-lacao-peso-volume-por-quantidade-de-frutos>. Acesso em: 2 jul. 2019.
- HEAP, I.; DUKE, S. O. Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. **Pest Management Science**, v. 74, n. 5, p. 1040–1049, 2018.
- INMET, I. *Instituto nacional de meteorologia*. Climatologia. Brasília, Brazil, 2008. Acesso em: <https://portal.inmet.gov.br/>.
- KLEINMAN, Z.; RUBIN, B. Non-target-site glyphosate resistance in *Conyza bonariensis* is based on modified subcellular distribution of the herbicide. **Pest Management Science**, v. 73, n. 1, p. 246–253, 2017.
- LAVIOLA, B. G. et al. Influência da adubação na formação de grãos mocas e no tamanho de grãos de café (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, v. 1, n. 1, p. 36–42, 2006.
- MARCOLINI, L. W. et al. Effect of the density and of the distance of *Brachiaria decumbens* staff on the initial growth of *Coffea arabica* L. Seedlings. **Coffee Science**, v. 4, n. 1, p. 11–15, 2009.
- MATHEW, R. P. et al. Impact of no-tillage and conventional tillage systems on soil microbial communities. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2012, p. 548–620, 2012.
- MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento, Brasília, DF (Brasil), 2005.

- MELLONI, R. et al. Métodos de controle de plantas daninhas e seus impactos na qualidade microbiana de solo sob cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p. 67–75, 2013.
- MOREIRA, G. M. et al. Fitossociologia de plantas daninhas do cafezal consorciado com leguminosas. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 329–340, 2013.
- MOREIRA, S. L. S. et al. Intercropping of coffee with the palm tree, macauba, can mitigate climate change effects. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 256, p. 379–390, 2018.
- NASCIMENTO, L. M. DO; SPEHAR, C. R.; SANDRI, D. Produtividade de cafeeiro orgânico no Cerrado após a poda sob diferentes regimes hídricos. **Coffee Science**, v. 9, n. 3, p. 354–365, 2014.
- PAIS, P. S. A. M. et al. Compactação causada pelo manejo de plantas invasoras em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 1949–1957, nov. 2011.
- PEREIRA, S. P. et al. Crescimento vegetativo e produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) recepados em duas épocas, conduzidos em espaçamentos crescentes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 643–649, 2007.
- RAGASSI, C. F.; PEDROSA, A. W.; FAVARIN, J. L. Aspectos positivos e riscos no consórcio cafeeiro e braquiária. **Visão Agrícola, Piracicaba**, n. 12, p. 29-32, 2013.
- RICCI, M. DOS S. F. et al. Biomass and nutrient accumulation by the spontaneous vegetation in organic coffee crops. **Coffee Science**, v. 5, n. 1, p. 17–27, 2010.
- RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Tolerância de mudas de café a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 421–426, 2003.
- RONCHI, C. P.; TERRA, A. A.; SILVA, A. A. Growth and nutrient concentration in coffee root system under weed species competition. **Planta daninha**, v. 25, n. 4, p. 679–687, 2007.
- SAMEDANI, B. et al. Phytotoxic effects of *Pueraria javanica* litter on growth of weeds *Asystasia gangetica* and *Pennisetum polystachion*. **Allelopathy Journal**, v. 32, n. 2, p. 191–202, 2013.
- SILVA, C. A.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 387–394, 2008.
- TEODORO, R. B. et al. Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 292–300, 2011.
- VIEIRA, M. V. M. et al. Indicadores de sustentabilidade e influência de sistemas agroflorestal e convencional sobre a qualidade do solo e do café arábica em Piumhi-MG. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 224–238, 2015.

Capítulo 3

INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DO SOLO EM CAFEIEIRO SOB DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS

RESUMO – Variáveis microbiológicas podem ser indicadores sensíveis de modificações nas propriedades físico-químicas dos solos decorrentes de distúrbios ocasionados por práticas de manejo de plantas daninhas. O Objetivo deste trabalho foi o de avaliar o impacto de estratégias de manejo de plantas daninhas sobre o solo, utilizando-se indicadores microbiológicos. O experimento foi conduzido em lavoura de café da espécie *Coffea arabica*, em delineamento de blocos casualizados com cinco tratamentos e seis repetições. Os tratamentos corresponderam ao cultivo de *Urochloa ruziziensis* e *Pueraria phaseoloides* manejadas por meio de roçada, manutenção da vegetação espontânea e controle da mesma por meio de roçada, controle da vegetação espontânea por meio de aplicação de herbicidas (glyphosate ou glyphosate + 2,4-D) e capina manual por meio de enxada para manutenção do solo sem cobertura vegetal. As coletas de amostras do solo foram realizadas em quatro épocas, duas na época de chuva (mar/17 e dez/18) e duas na época seca (mai/18 e ago/19). A coleta de solo foi realizada de forma aleatória nas duas fileiras centrais de cada unidade experimental, na profundidade de 0 a 10 cm. As variáveis microbiológicas analisadas foram a evolução de C-CO₂ do solo, a respiração basal (TR), o carbono da biomassa (C_{bio}) e o quociente metabólico (*q*CO₂). As estratégias de manejo de plantas daninhas estudadas não influenciaram a atividade microbiana do solo. Nesses períodos, os valores de *q*CO₂ foram estatisticamente semelhantes para todas as estratégias de manejo indicando que o déficit hídrico foi o fator que mais influenciou a atividade metabólica e a biomassa da microbiota do solo. No período de mai/18, época com maior disponibilidade de água, as estratégias de manejo com formação de cobertura vegetal sobre o solo, *U. ruziziensis* e *P. phaseoloides*, apresentaram menores valores de *q*CO₂, indicando sistemas mais estáveis e mais próximo ao equilíbrio. A estratégia de manejo com capina manual, sem formação de cobertura morta, apresentou maior valor de *q*CO₂, indicando condições menos estáveis e propícias à perda de matéria orgânica do solo. O C_{bio} foi maior no tratamento com *P. phaseoloides*, indicando melhores condições de fertilidade e aporte de carbono no solo. Essa variável foi menor no tratamento com capina. Os indicadores microbiológicos permitiram concluir que os métodos de manejo com acúmulo de matéria seca e formação de cobertura sobre o solo foram os melhores para a manutenção da qualidade do solo e sustentabilidade do sistema. **Palavras-chave:** variáveis microbiológicas, cobertura vegetal, estresse hídrico, qualidade do solo.

BIOMASS AND MICROBIOLOGICAL INDICATORS OF SOIL IN COFFEE UNDER
DIFFERENT STRATEGIES FOR WEED MANAGEMENT

ABSTRACT – Microbiological variables can be sensitive indicators of changes in physical-chemical properties of soils resulting from disturbances caused by weed management practices. The objective of this work was to evaluate the impact of weed management strategies on the soil, using microbiological indicators. The experiment was conducted in a coffee plantation of the species *Coffea arabica*, in a randomized block design with five treatments and six replications. The treatments corresponded to the cultivation of *Urochloa ruziziensis* and *Pueraria phaseoloides* managed by mowing, maintaining spontaneous vegetation and controlling it by mowing, controlling spontaneous vegetation by applying herbicides (glyphosate or glyphosate + 2,4-D) and manual weeding by means of a hoe to maintain the soil without vegetation cover. Soil samples were collected in four seasons, two in the rainy season (Mar/17 and Dec/18) and two in the dry season (May/18 and Aug/19). Soil collection was carried out randomly in the two central rows of each experimental unit, at a depth of 0 to 10 cm. The microbiological variables analyzed were the evolution of soil C-CO₂, baseline respiration (BR), biomass carbon (C_{bio}) and the metabolic quotient ($q\text{CO}_2$). The weed management strategies studied did not influence the microbial activity of the soil. In these periods, the $q\text{CO}_2$ values were statistically similar for all management strategies, indicating that water deficit was the factor that most influenced the metabolic activity and biomass of the soil microbiota. In the period of May/18, the time with the greatest availability of water, the management strategies with formation of vegetation cover on the soil, *U. ruziziensis* and *P. phaseoloides*, presented lower $q\text{CO}_2$ values, indicating more stable systems and closer to balance. The management strategy with manual weeding, without the formation of mulch, showed a higher value of $q\text{CO}_2$, indicating less stable conditions and favorable to the loss of soil organic matter. C_{bio} was higher in the treatment with *P. phaseoloides*, indicating better fertility conditions and carbon supply in the soil. This variable was lower in weeding treatment. The microbiological indicators allowed to conclude that the methods of management with accumulation of dry matter and formation of cover over the soil were the best for maintaining soil quality and sustainability of the system.

Keywords: microbiological variables, weed control, water stress, soil quality.

3.1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura é atividade de grande importância econômica e social, sendo responsável por gerar emprego, renda e fixação de mão-de-obra no campo. O cultivo do café demanda diferentes práticas agrícolas, dentre as quais destaca-se o manejo de plantas daninhas (MELLONI et al., 2013). A cultura é extremamente susceptível à competição por recursos como água, luz e nutrientes, principalmente no período de formação da lavoura e nas fases de florescimento e frutificação, prejudicando a produção (ALCÂNTARA; NÓBREGA; FERREIRA, 2009).

A necessidade de manejo da comunidade infestante é constante, e estratégias de controle podem ser adotadas por meio de métodos manuais (capina com enxada), mecanizadas (roçadas) e, ou, químicas (aplicação de herbicidas) (LEMES et al., 2010). Entretanto, quando essas estratégias são exploradas de forma inadequada, podem ocasionar graves desequilíbrios no ambiente do solo, levando à ocorrência de erosão e à redução da capacidade de infiltração e armazenamento de água do solo, associados a distúrbios na comunidade microbiana (ALVES et al., 2011).

A biomassa microbiana (BM), formada por microrganismos, tais como bactérias, fungos, protozoários, algas, e pela microfauna, é a parte viva da matéria orgânica do solo, responsável pelo controle de funções essenciais como a decomposição de resíduos e formação de húmus (TÓTOLA; CHAER, 2002). A BM está envolvida, também, nos processos de transformação e ciclagem de nutrientes e na degradação de agroquímicos no solo (MATOS et al., 2019). Por essa razão, a biomassa microbiana constitui importante indicador do estado e das mudanças da matéria orgânica total do solo (MELLONI et al., 2013). A taxa de respiração basal (TR) e o quociente metabólico (qCO_2) são, também, considerados indicadores microbiológicos da qualidade do solo. A TR é a medida da quantidade de CO_2 liberada pela respiração dos microrganismos por unidade de tempo e reflete a atividade metabólica dos mesmos. Altos valores de TR podem indicar distúrbio ecológico, a exemplo dos decorrentes da aplicação de agroquímicos, ou alto nível de produtividade do ecossistema (ALVES et al., 2011).

O quociente metabólico (qCO_2) foi proposto por Anderson e Domsch (1985) e corresponde à taxa respiratória por unidade de biomassa. Essa variável prediz que, uma biomassa eficiente na utilização de recursos do ecossistema, faz com que menos carbono seja perdido na forma de CO_2 pela respiração e maior proporção de C seja incorporada aos tecidos microbianos (TÓTOLA; CHAER, 2002). Em geral, fatores de perturbação e de estresse no solo vão induzir modificações desses índices, levando à redução da eficiência microbiana.

Algumas práticas de controle de plantas daninhas podem ser consideradas como fatores de estresse no solo, exercendo influência sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas (MATHEW et al., 2012). Práticas de controle de plantas daninhas convencionais e conservacionistas têm sido estudadas (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 2000; SANTOS et al., 2005; CAMELO et al., 2011; MATHEW et al., 2012; MELLONI et al., 2013) com o objetivo de contribuir com a sustentabilidade do sistema solo-planta e com o equilíbrio do meio ambiente. As práticas convencionais de controle de plantas daninhas, realizadas por meio de métodos mecânicos, como capina manual, e químico com aplicação de herbicidas mantém o solo desprotegido e podem resultar em processos erosivos e perda de matéria orgânica, refletindo de forma direta na biomassa e atividade microbiana. Enquanto que práticas conservacionistas, que mantêm o solo coberto com material vegetal (cobertura viva e palhada), reduzem o aquecimento e aumentam a capacidade de armazenamento de água no solo (RESENDE et al., 2005) e tendem a aumentar a população e a atividade de microrganismos, bem como favorecer os atributos físicos e químicos do solo (LOURENTE et al., 2011).

Na cultura do café, existem poucos trabalhos que relacionam as estratégias de controle de plantas daninhas com a conservação do solo, especialmente, aqueles realizados por períodos mais extensos. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar o impacto de estratégias de manejo de plantas daninhas no solo da entrelinha de lavoura cafeeira ao longo de três anos utilizando-se indicadores microbiológicos.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em campo na Unidade de Ensino e Pesquisa da Horta Velha no Campus da Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa-MG, localizado na Zona da Mata de Minas Gerais, a 20°45'14'', latitude S, 42°52'54'', longitude W e 680 m de altitude. O clima da região é classificado no sistema de Köppen-Geiger como de inverno frio e seco, e verão quente e chuvoso (ALVARES et al., 2013), com temperatura média (média de 20 anos) de 19,4°C (máxima 26,4°C e mínima 14,8°C) e precipitação média anual de 1221 mm (INMET, 2020). O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, com textura argilosa, cujas características físicas e químicas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização física e química do solo da área experimental

Identificação	pH H ₂ O	H+Al ³⁺	Al ³⁺	Ca	Mg	K	P	M.O.
		..... cmol _c dm ⁻³.....			.... mg dm ⁻³			dag kg ⁻¹
0 – 20 cm	6,2	3,0	0	3,1	1,0	115	14,8	3,2

Identificação	SB	CTC(t)	CTC(T)	P-rem	V	m	Argila	Areia
		..... cmol _c dm ⁻³		mg L ⁻¹ % %	
0 – 20 cm	4,4	4,4	7,7	29,8	57	0	43	44

SB: Soma de bases trocáveis; **CTC (t):** Capacidade de troca catiônica efetiva; **CTC (T):** Capacidade de troca catiônica pH 7,0; **V:** Índice de saturação de bases; **m:** Índice de saturação de alumínio.

No ano de instalação do experimento, a lavoura apresentava idade de quatro anos após recepa, cultivar Oeiras da espécie *Coffea arabica* L., com plantas espaçadas de 2,80 m entre linhas e 0,75 m entre plantas

Inicialmente foi feita uma calagem necessária para elevar a saturação por base para 70 % e posteriormente foram feitas adubações de cobertura com 750 gramas de NPK por planta, dividido em três vezes ao ano: novembro, dezembro e fevereiro, nos três anos de condução do experimento. Sendo 150 g de N, 37,5 g de P₂O₅ e 150 g de K₂O por ano.

3.2.2. Delineamento experimental e tratamentos

O experimento constou de cinco tratamentos dispostos em delineamento de blocos casualizados com seis repetições. Cada unidade experimental foi composta por três fileiras de café (duas entrelinhas) com 7,5 m de comprimento, onde foram realizados os tratamentos envolvendo as estratégias de manejo de plantas daninhas: cultivo de braquiária (*Urochloa ruziziensis*) manejada por meio de roçadas; cultivo de *Pueraria phaseoloides* maneja por meio de roçadas; controle da vegetação espontânea realizado por meio de aplicação do herbicida glyphosate ou glyphosate + 2,4-D; manutenção da vegetação espontânea controlada por meio de roçadas e solo mantido “no limpo” por meio de capinas. O controle de plantas daninhas na linha de plantio foi realizado por capina manual por meio de enxada.

Antes da implantação dos tratamentos, a lavoura, que vinha sendo manejada por meio de roçadas há mais de quatro anos, foi submetida à dessecação das entrelinhas, utilizando-se glyphosate (1,08 g ha⁻¹) e 2,4-D (0,536 g ha⁻¹), em novembro de 2016, com o objetivo de homogeneizar a vegetação da área e possibilitar a implantação dos tratamentos com *U. ruziziensis* e *P. phaseoloides*.

A semeadura da braquiária foi realizada manualmente, em dois sulcos espaçados de 0,40 m, na entrelinha do café, distribuindo-se um grama de sementes, com valor cultural de 40 %, por metro linear de sulco, no mês de dezembro de 2016.

A estratégia de manejo com *P. phaseoloides* foi implantada por meio de mudas obtidas a partir de propagação vegetativa via enraizamento de estacas herbáceas em bandejas de polietileno contendo substrato (solo + areia + esterco bovino), mantidas em casa de vegetação com irrigação por microaspersão programada. Após o período de enraizamento (aproximadamente três meses), as mesmas foram levadas para o campo e transplantadas no espaçamento de 0,5 m, no centro da entrelinha do café, também em dezembro de 2016.

Nas parcelas onde foi realizado o controle da vegetação espontânea por meio de aplicação de herbicidas, glyphosate (1,08 g ha⁻¹) ou glyphosate + 2,4-D (1,08 g ha⁻¹ + 0,536 g ha⁻¹), as aplicações foram realizadas duas vezes por ano, após o estabelecimento das plantas no início da época chuvosa (novembro ou dezembro) e no período que antecedia a colheita (fevereiro/março), que corresponde ao final da época das chuvas. A aplicação da associação dos herbicidas glyphosate + 2,4-D foi realizada apenas uma vez, sendo esta para conter o aumento da densidade de *C. bonariensis*, as demais aplicações de herbicida foram realizadas com glyphosate isolado.

As aplicações foram realizadas por meio de pulverizador costal pressurizado a CO₂, calibrado na pressão constante de 250 kPa, munido com uma barra, com duas pontas de pulverização tipo leque com indução de ar (TTI 11002) espaçadas de 50 cm entre si, o que proporcionou aplicação de 200 L ha⁻¹ de calda. No momento das aplicações, aferiu-se a temperatura do ar (25°C ± 2), a umidade relativa do ar (80 % ± 5) e a velocidade do vento (3 km h⁻¹ ± 2).

Nas unidades experimentais mantidas com a vegetação espontânea, foram realizadas, em média, quatro roçadas anuais. Estas roçadas foram realizadas apenas quando as plantas daninhas promoviam interferência no cafeeiro e apresentavam massa fresca suficiente para cobertura do solo após o corte (± 50 cm de altura) e o tratamento onde foi adotado o processo de capina manual, as capinas foram realizadas sempre que as plantas daninhas apresentavam entre 5 e 10 cm de altura, de modo a deixar o solo limpo.

3.2.3. Coleta das amostras de solo

A primeira coleta das amostras de solo foi realizada em março de 2017 (Época 1). Após um ano, período necessário para o estabelecimento de todos os tratamentos, foi realizada a segunda coleta (maio de 2018 – Época 2), a terceira e quarta coletas foram realizadas nos meses de dezembro de 2018 (Época 3) e agosto de 2019 (Época 4), respectivamente, de acordo com o regime pluviométrico para identificação das épocas de chuva e de seca.

Os dados de temperaturas médias (máxima e mínima) e precipitação na área experimental foram registrados durante os meses de coleta dos solos durante o período experimental (Figura 1).

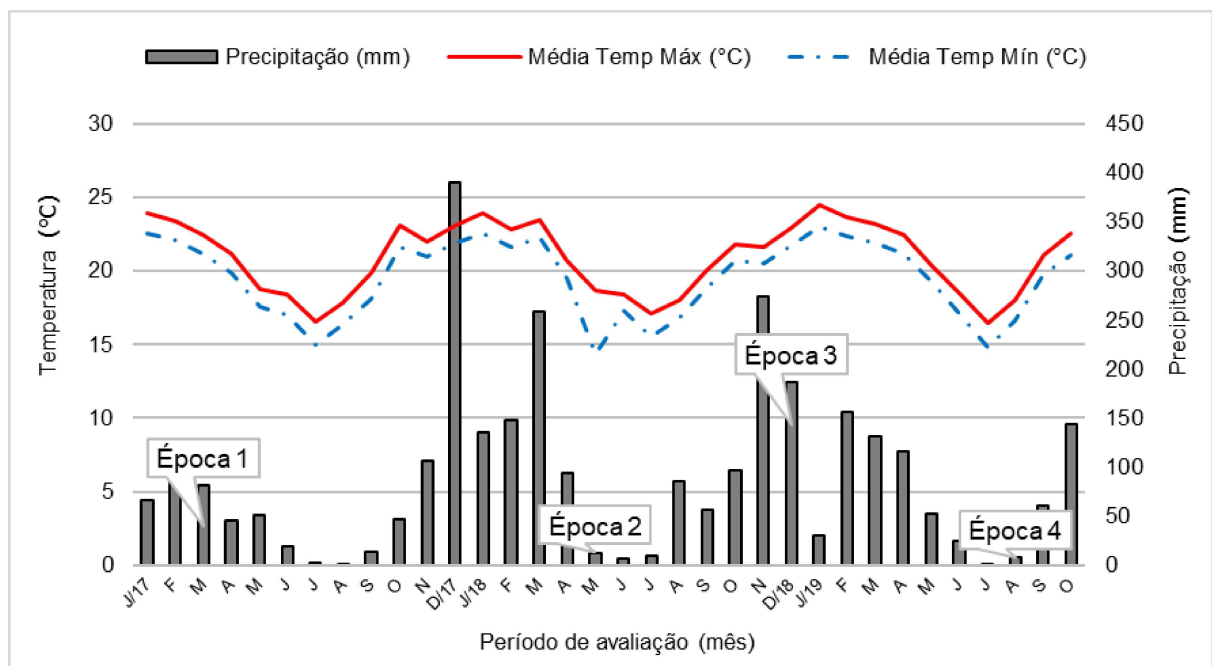


Figura 1: Média das temperaturas máximas e mínimas (°C) e precipitação (mm) mensais, observadas na estação meteorológica da UFV, durante o período de janeiro de 2017 a outubro de 2019.

As amostras foram coletadas de forma aleatória nas duas fileiras centrais (entrelinhas do café) de cada unidade experimental (três por entrelinha). Em cada ponto foram retiradas amostras simples de solo na profundidade de 0-10 cm utilizando-se trado tipo Sonda Amostradora. As seis amostras simples foram misturadas, formando uma amostra composta de 200 g por parcela, devidamente identificadas e acondicionadas em sacos plásticos de polietileno

e mantidas em caixas de isopor, por aproximadamente duas horas, em temperatura ambiente até serem levadas para processamento no laboratório.

As amostras compostas foram secas ao ar, passaram por peneiras de malha de 4 mm e após este processo foi realizada limpeza manual para retirada de restos de raízes. Foram retirados 50 g de solo de cada amostra para determinação do grau de umidade, por secagem em estufa a 105°C até peso constante.

3.2.4. Análise microbiológica

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Herbicida na Planta do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O C-CO₂ evoluído do solo foi medido pelo método respirométrico em sistema de fluxo contínuo conforme proposto por Curl e Truelove (1986) (Figura 2). O respirômetro é um equipamento que funciona por injeção de ar, a pressão de 7 Kgf/cm². O ar entra no sistema de filtros, compostos por frascos contendo solução concentrada de NaOH (5 mol L⁻¹), onde todo o CO₂ é removido, depois segue para os frascos em que se encontram as amostras de solo (STOTZKY, 1965).

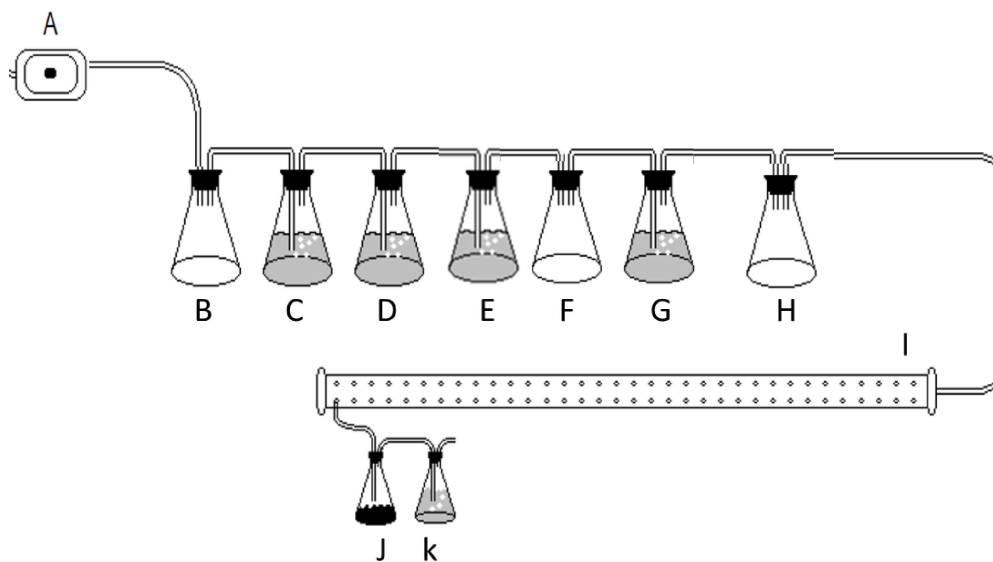


Figura 2. Representação esquemática do sistema utilizado na determinação da evolução de CO₂ do solo, A – Bomba injetora de ar ; B, F e H – frascos vazios, C, D e E – solução NaOH concentrada 5 mol L⁻¹ (600 mL, 300 mL e 300 mL, respectivamente), G – água destilada (300 mL); J – amostra de solo (100 g); K – solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹ (100 mL). Fonte: Mendonça, Matos e Silva (2005).

Para a determinação da evolução do CO₂ do solo foram pesadas amostras de 100 g de solo seco em seis replicatas por tratamento, que foram umedecidos até 60% da capacidade de campo. Os frascos contendo as amostras foram conectados à frascos com solução de NaOH (0,5 mol L⁻¹) por meio de mangueiras de silicone (Figura 2) e incubadas durante 10 dias em frascos hermeticamente fechados. Os registros de regulação de pressão foram ajustados para desprender de 15 a 20 bolhas por minuto em 100 mL da solução de NaOH (0,5 mol L⁻¹). Para controle da qualidade do ar carregado foram utilizados frascos sem solo, sendo as amostras do “branco” em quatro replicatas.

Taxa de respiração basal microbiana (C-CO₂)

Após 10 dias de incubação no respirômetro, alíquotas de 10 mL da solução de NaOH (0,5 mol L⁻¹) de todas as amostras colocadas para borbulhar, foram transferidas para Erlenmeyers, acrescidas com 5 mL de BaCl₂ e 3 gotas de fenolftaleína para titulação com solução de HCl (0,5 mol L⁻¹) até viragem da cor rósea a incolor para estimativa do C-CO₂ evoluído.

A quantidade de CO₂ evoluído de cada amostra foi calculada em µg g⁻¹ C-CO₂/100cm³ de solo, segundo a equação proposta por Stotzky (1972):

$$C - CO_2 = (B - V) * M * 12 * \left(\frac{v1}{v2}\right)$$

Onde:

B = Volume do HCl consumido na amostra branco (mL)

V = Volume do HCl consumido na amostra (mL)

M = concentração real do HCl (mol L⁻¹)

12 = peso equivalente do carbono

v1 = volume total de NaOH usado na captura do CO₂ (mL)

v2 = volume de NaOH usado na titulação (mL)

Carbono da biomassa microbiana do solo (C_{bio})

A análise do C_{bio} foi realizada segundo metodologia de fumigação-incubação descrita por Vance et al. (1987) e modificada por Islam e Weil (1998). Dos 100 g de solo das amostras incubadas, foram retiradas subamostras (18 a 19 g) em duplicatas. Essas subamostras foram

pesadas em frascos Erlenmeyers e divididas em fumigadas (colocadas em forno micro-ondas por dois minutos) e não-fumigadas.

Após a fumigação foram adicionados 80 mL de solução extratora de K_2SO_4 (0,5M) em todas as amostras, incluindo as amostras “branco”. Em seguida, estas amostras com a solução de K_2SO_4 foram misturadas e levadas para agitar em rotação máxima (240 RPM) em Mesa Agitadora Pendular com Timer NT 156, por 30 minutos. Após este período, os frascos foram deixados em repouso por 30 minutos para decantação do solo, em seguida foi retirado o sobrenadante da solução para filtração.

De cada amostra foram retirados 10 mL de extrato filtrado e colocados em tubos de ensaio, onde foram adicionadas 8 gotas de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7 - 0,06667 \text{ mol L}^{-1}$) e 10 mL de ácido sulfúrico concentrado. Os tubos de ensaio foram deixados para esfriar por 15 minutos, após este período o conteúdo dos tubos foi transferido para Erlenmeyers, adicionado 10 gotas de Ferroin, e levados para titulação com solução de sulfato ferroso com ácido sulfúrico previamente preparada.

Os valores de carbono presente na biomassa microbiana foram calculados a partir das seguintes equações:

$$C_{i, ni} = \frac{(V_b - V_{am}) * (\text{molaridade do sulfato ferroso}) * (3) * (1000) * (\text{volume extrator})}{(\text{volume extrator}) * (\text{peso do solo})}$$

Onde:

V_b = volume de titulante consumido na amostra branco (mL)

V_{am} = volume de titulante consumido na amostra (mL)

3= resultado da relação entre o número de mols de $Cr_2O_7^-$ que reagem como o C^0 (3/2) multiplicado pelo peso equivalente do C (12).

1000 = fator de conversão de unidade.

$$C_{bio} = \frac{(C_i - C_{ni})}{K_c \mu g \text{ g}^{-1} \text{ de C no solo}}$$

C_i = amostra irradiada

C_{ni} = amostra não irradiada

Sendo $K_c = 0,33$ para todo método de irradiação extração de carbono da biomassa.

Quociente metabólico ou taxa respiratória específica (qCO_2)

A partir dos valores obtidos da evolução de C-CO₂ e C_{bio}, foram calculados os qCO_2 (μg^{-1} CBM d^{-1}) de cada amostra, pela razão entre atividade microbiana, médias diárias de C-CO₂ evoluído das amostras de solo avaliadas, e C_{bio} estimado de cada amostra, segundo (ANDERSON; DOMSCH, 1985).

$$qCO_2 = \frac{C - CO_2 (\mu g C - CO_2 g^{-1} solo d^{-1})}{C_{bio} (\mu g C g^{-1} solo)}$$

3.2.5. Análises estatísticas

A análise de variância (ANOVA) dos dados foi realizada de acordo com o modelo para experimentos em parcelas subdivididas no tempo. Na parcela foram avaliados tratamentos \times blocos, na subparcela tempos (2017, 2018 e 2019). As estratégias de manejo dentro do ano foram comparadas por meio de teste de Tukey a 5% de probabilidade. Alternativamente, para comparação da variação das médias também foram confrontados os erros padrões de média e verificado as sobreposições entre os intervalos. Para isso, foram avaliadas as variáveis taxa de respiração basal (TR), carbono da biomassa microbiana (C_{bio}) e quociente metabólico (qCO_2) para cada tratamento e ao longo de quatro momentos de medição.

Para agrupar as unidades experimentais (tratamentos \times repetições) de acordo com as três variáveis obtidas por meio do método respirométrico (C_{bio}, qCO_2 e TR) foi aplicado o método Análise de Componentes Principais (ACP). Três estratégias foram adotadas: i) tomando-se as três variáveis nos quatro momentos de medição (12 variáveis); ii) apenas as variáveis mensuradas na época de chuva (duas épocas, contabilizando assim 6 variáveis); iii) apenas as variáveis mensuradas na época de seca (duas épocas, contabilizando assim 6 variáveis).

Para avaliar o efeito dos indicadores microbiológicos (C_{bio}, qCO_2 e TR) na produtividade do café, realizou-se regressão linear simples e regressão LOESS (Locally Estimated Scatterplot Smoothing), com objetivo de avaliar o relacionamento linear e o relacionamento de tendência livre, respectivamente. Dois momentos foram utilizados: amostragem em maio de 2018 (época seca) e imediatamente próxima à produtividade do café colhido em maio de 2018; amostragem em dezembro de 2018 (época de chuva) e produtividade

do café colhido em maio de 2019. Para avaliar a significância é mostrado a estatística F para o coeficiente angular ou de inclinação (isto é, o β_1) da regressão linear.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estratégias de manejo de plantas daninhas adotadas não levaram a interações significativas com as variáveis taxa de respiração basal (TR) e quociente metabólico (qCO_2) (Tabela 2). Resultados semelhantes têm sido relatados na literatura (MELLONI et al., 2013), indicando que essas variáveis foram pouco influenciadas por diferentes métodos de controle da comunidade infestante. Esses resultados podem indicar baixa dinâmica da microbiota do solo ou baixa sensibilidade dos indicadores microbiológicos aos efeitos das estratégias de manejo adotadas (MELLONI et al., 2013).

Tabela 2. Quadrados Médios da Análise de Variância (ANOVA) para os três indicadores microbiológicos medidas a partir da análise respirométrica, e considerando um modelo de parcelas subdivididas no tempo.

F.V.	G.L.	TR	Cbio	qCO_2
Bloco	5	0.1813	25007	4.183
Trat	4	0.2135	16811	6.758
Tempo	3	3.0700 ***	178030 ***	45.670 ***
Tempo*Trat	12	0.1278	39523 ***	6.230
Resíduo A	20	0.2388	12846	4.836
Resíduo B	75	0.2954	11293	6.970
Média		0.574	259.009	2.702
CV _A (%)		85.16%	43.76%	81.38%
CV _B (%)		94.72%	41.03%	97.70%

Resíduo A: Entre parcelas; Resíduo B: Dentro de parcelas (ao longo do tempo). TR: Taxa de respiração basal; Cbio: Carbono da biomassa microbiana; qCO_2 : Quociente metabólico da microbiota do solo.

A interação tratamento \times tempo foi significativa ao nível de 5% de probabilidade para a variável Cbio (Tabela 2). O tratamento com *P. phaseoloides* apresentou maior média de Cbio presente no solo na época 3 (Figura 3). Maiores valores de Cbio indicam imobilização temporária de nutrientes, resultando em menores perdas dos mesmos no sistema solo-planta (ROSCOE et al., 2006).

O acúmulo de matéria seca nas unidades experimentais com *U. ruzizensis*, *P. phaseoloides*, aplicação de herbicida e vegetação espontânea (Tabela 3) gerou aporte de matéria orgânica, o que pode ter favorecido o maior desenvolvimento da biomassa microbiana nessas unidades experimentais quando comparadas com a estratégia de manejo por capina manual (Figura 3). Resíduos vegetais servem como fonte de energia e nutrientes para os organismos do solo e a diversificação vegetal em sistemas agrícolas tem sido relatada como tendo influência positiva sobre a biomassa microbiana por meio da deposição de resíduos vegetais sobre o solo (BADEJO et al., 2002; MERLIM et al., 2005).

Tabela 3. Número de espécies, densidade total (plantas por m²), valor de matéria seca e matéria seca acumulada (g/m²) de plantas daninhas presentes na entrelinha do cafeeiro de cada estratégia de manejo, medidas em diferentes épocas baseadas no regime pluviométrico da área experimental.

TRAT	Épocas			
	E1	E2	E3	E4
	Número de espécies			
UR	16	1	6	5
PP	18	1	7	4
HB	22	15	19	24
VE	20	9	15	17
CA	18	–	–	–
	Densidade (planta m⁻²)			
UR	173,67	3,33	60	21,33
PP	181,33	2	12	7
HB	180	66,33	32,33	219,67
VE	247	141	29	186,33
CA	178,67	–	–	–
	Matéria Seca (g m⁻²)			
UR	1.734,27 (1.093)	776,4	922,37 (604,89)	1.108,79 (941,65)
PP	752,21	(380,93)	(663,99)	(688,29)
HB	1.049,39	691,3	903,64	1.202,84
VE	1.176,37	666,29	626,42	718,28
CA	963,89	–	–	–
	Matéria seca acumulada (g m⁻²)			
UR	1.734,27 (1.093)	7.903,39 (5.534,77)	9.543,77 (6.857,39)	10.652,56 (7.799)
PP	752,21	1.695,63 (943,42)	2.359,62 (1.607,41)	3.855,07 (2.959,7)
HB	1.049,39	1.740,69	2.644,33	4.461,08
VE	1.176,37	4.082,26	4.708,68	6.149,36
CA	963,89	–	–	–

UR: *Urochloa ruziziensis* manejada por roçada; PP: *Pueraria phaseoloides* manejada por roçada; HB: aplicação de herbicida; VE: vegetação espontânea manejada por roçada; CA: capina manual. E1 e E3: períodos em que a coleta de solo foi realizada na época de chuva; E2 e E4: períodos em que a coleta de solo foi realizada na época seca. Os valores entre parênteses representam a quantidade de matéria seca produzida pelas espécies *U. ruziziensis* e *P. phaseoloides* em suas respectivas unidades experimentais.

O tratamento com capina manual apresentou a menor média de valor de Cbio (Figura 3). Do ponto de vista de conservação da biomassa microbiana, a capina apresentou o pior resultado em função da época do ano, as condições climáticas afetaram o equilíbrio do ecossistema. A remoção das plantas daninhas e a manutenção do solo sem cobertura, ou seja, sem acúmulo de matéria seca (Tabela 3) combinada com as variações climáticas do período experimental contribuíram com a diminuição acentuada da biomassa microbiana do solo.

A condição do solo mantido “no limpo” por meio da capina manual tende a gerar uma condição ambiental de estresse para a microbiota, resultando em menor entrada de carbono no solo e menor biomassa microbiana. Segundo Carneiro et al. (2008) a variação do carbono da biomassa microbiana ocorre em função do tipo de cobertura vegetal utilizada para produção de fitomassa e da sua capacidade de proteção do solo. Solos descobertos tendem a ocasionar prejuízos à atividade microbiana e a reduzir o carbono da biomassa e a ciclagem de nutrientes.

Os demais tratamentos não diferiram entre si quando comparados dentro da época 3 de coleta das amostras (Figura 3).

A época do ano foi importante para a resposta dos indicadores microbiológicos às estratégias de controle de plantas daninhas (Figura 3). Nas épocas em que houve escassez de chuvas (época 2 e 4), as variáveis taxa de respiração basal, carbono da biomassa e quociente metabólico foram estatisticamente iguais. O estresse ocasionado pelo déficit hídrico pode ter suplantado os efeitos das estratégias de manejo adotadas (Figura 3).

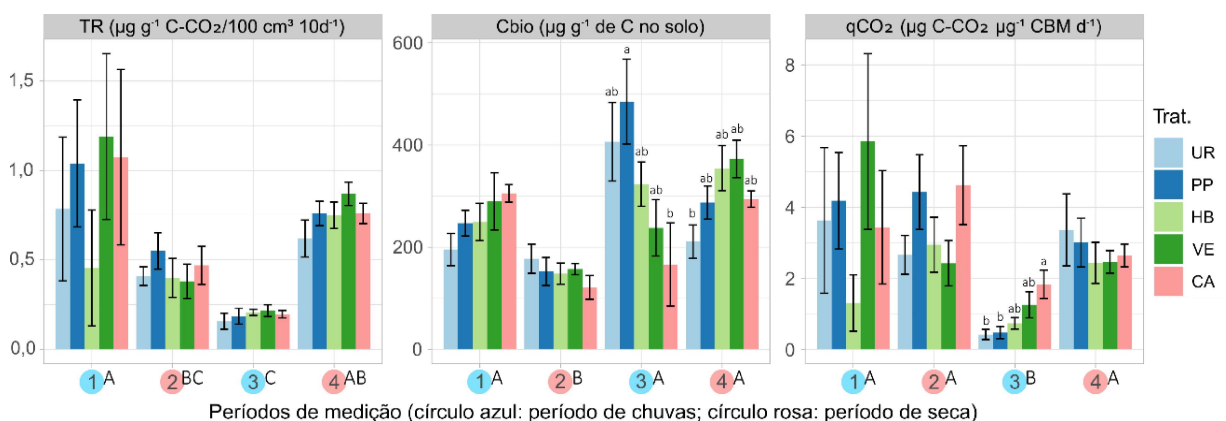


Figura 3. Médias e erros padrões das médias. São mostradas as variáveis: taxa de respiração basal (TR), Carbono da biomassa (Cbio) e o quociente metabólico (qCO_2) para cada estratégia de manejo e ao longo dos quatro momentos de medição. As letras maiúsculas (A, B, AB, BC e C) são os resultados dos testes Tukey para épocas de medição significativas. As letras minúsculas (a, ab e b) estão comparando as estratégias de manejo de plantas daninhas dentro de cada época avaliada e são os testes Tukey para as interações significativas.

O curto espaço de tempo entre a implantação do experimento e a realização das duas primeiras amostragens pode ter causado a ausência de diferença na atividade microbiana em função das estratégias de manejo adotadas. É provável que os indicadores microbiológicos não tenham apresentado sensibilidade às perturbações causadas pelos tratamentos durante o primeiro ano de avaliação devido ao período de estabelecimento das culturas (Figura 3).

As variáveis carbono da biomassa, taxa de respiração basal e quociente metabólico não apresentaram interação significativa entre diferentes sistemas de cultivo e épocas de avaliação de acordo com Guimarães et al. (2017). A adaptação da microbiota do solo às mudanças do ambiente ocorre de forma gradual ao longo do tempo (GUIMARÃES et al., 2017). Resultados semelhantes também foram obtidos por Glaeser et al. (2010) que não verificaram interação da atividade microbiana do solo com as épocas de avaliação e diferentes sistemas de cultivo de café orgânico.

Além disso, nos dois primeiros momentos de medição a diversidade de plantas daninhas das unidades experimentais foi maior do que nas épocas 3 e 4 (Tabela 3) o que também pode ter contribuído com a maior variabilidade dos dados microbiológicos.

As plantas daninhas têm a capacidade de modificar a estrutura da comunidade microbiana do solo, por meio da exsudação de diferentes combinações de compostos orgânicos pelas raízes, da deposição de seu material vegetal sobre a superfície do solo e pela competição por nutrientes (MASSENSINI et al., 2014; MATOS et al., 2019).

A elevada diversidade e densidade de plantas daninhas pode ter ocasionado maior competição entre as mesmas, o que pode resultar em maior degradação de matéria orgânica. A microbiota associada à rizosfera é sensível às mudanças de concentração de nutrientes e de carbono no solo. A degradação da matéria orgânica por plantas daninhas diminui o aporte de carbono no solo, gerando condição de estresse para a comunidade microbiana do solo (SANTOS et al., 2012).

Nas épocas 1 e 2 a densidade de plantas daninhas nas unidades experimentais apresentou maior valor quando comparada com a densidade nas épocas 3 e 4 (Tabela 3). O maior número de plantas daninhas por metro quadrado pode causar maiores prejuízos relacionados à

competição por água entre planta daninhas, cultura e microrganismos dependendo das condições ambientais, podendo resultar em estresse na microbiota do solo (MASSENSINI et al., 2014).

Por isso, é necessário ressaltar a importância da adoção do manejo integrado de plantas daninhas, levando em consideração a rotação de métodos de controle como roçadas, manutenção da vegetação na entrelinha nas épocas de maior índice pluviométrico para formação de cobertura e a própria aplicação de herbicida nos momentos em que a competição por água for maior. A escolha do método mais adequado vai depender da dinâmica da população infestante da área.

Nesta pesquisa, duas aplicações anuais do herbicida glyphosate na entrelinha do cafeeiro, não afetaram a atividade microbiana do solo (Tabela 2). Demonstrando que a utilização desse método como alternativa de rotação de métodos de controle de plantas daninhas não inviabiliza a produção em termos de qualidade do solo e sustentabilidade da lavoura.

Os indicadores microbiológicos, carbono da biomassa e atividade microbiana demonstraram ser extremamente sensíveis ao método de controle de plantas daninhas por aplicações frequentes de herbicidas na entrelinha do cafeeiro (ISHIDA, 2003; SILVA et al., 2010). Ou seja, a utilização do controle químico pode ser boa alternativa de manejo de plantas daninhas, desde que não seja adotado de forma isolada e frequente. O ideal é que seja utilizado como estratégia alternativa e em rotação de métodos de manejo de plantas daninhas.

A significância de qCO_2 na interação tempo \times tratamento não foi detectada (Figura 3), pois o quadrado médio do resíduo está superestimado devido à grande variabilidade dos valores médios da taxa de respiração basal (TR), do carbono de biomassa (Cbio) e do quociente metabólico (qCO_2) das estratégias de manejo avaliadas nas épocas 1 e 2 (Tabela 2). Quando o quadrado médio do resíduo é grande, a estatística F de qualquer tratamento reduz (QMInter/QMRes).

Pode-se observar tendência de diferenciação dos indicadores microbiológicos mediante o estabelecimento das estratégias de manejo adotadas, a partir da época 3 de amostragem (Figura 3). Como as barras de erro padrão da média não se sobrepuseram foi realizada a análise de variância apenas para esta época.

Diante disso, pode-se observar que as estratégias de manejo com *U. ruziziensis* e *P. phaseoloides* apresentaram menores valores médios de qCO_2 na época 3 de medição (Figura 3), demonstrando menor desequilíbrio da microbiota do solo. Ou seja, baixo qCO_2 indica economia no uso de energia da célula microbiana, refletindo em um ambiente mais estável e mais próximo do seu estado de equilíbrio (MELO et al., 2014).

O acúmulo de matéria seca pelas espécies *U. ruziziensis* e *P. phaseoloides* (Tabela 3), resultado das roçadas realizadas ao longo do período experimental, forma uma camada protetora que atua na manutenção da temperatura e umidade do solo, e na supressão de plantas daninhas. Condições que podem ter contribuído com a diminuição das médias de qCO_2 nestas estratégias de controle. Alves et al. (2011) concluíram que a maior proteção do solo por coberturas vegetais diminui a incidência de raios solares, resultando na diminuição da temperatura do solo, o que pode diminuir o nível de atividade microbiana, sugerindo maior estabilidade do ecossistema.

Na estratégia de manejo capina manual em que não houve formação de cobertura pelo acúmulo de matéria seca sobre o solo (Tabela 3), o qCO_2 foi maior quando comparado com os demais tratamentos na época 3, demonstrando desequilíbrio do sistema. O aumento do qCO_2 na época seca provavelmente não foi diretamente influenciado pela elevação da temperatura, mas sim pelo déficit hídrico (Figuras 1 e 3).

Como citado anteriormente, a disponibilidade de água no solo afetou a atividade microbiana. Pelos resultados obtidos por esta pesquisa, pode-se observar que o estresse hídrico pode ter sido determinante na resposta dos indicadores microbiológicos (taxa de respiração basal, carbono de biomassa e quociente metabólico) às estratégias de manejo utilizadas (Figura 3). O estresse hídrico pode ter sido determinante na definição do qCO_2 , mais do que as próprias interações das estratégias de manejo com a microbiota. Nas épocas 2 e 4 (épocas de seca) os indicadores microbiológicos foram estatisticamente iguais (Figura 3).

As estratégias de manejo com acúmulo de matéria seca sobre o solo (UR e PP) apresentaram tendência de médias de qCO_2 maiores em relação às médias dos demais métodos de controle na época 4 de amostragem (Figura 3). Isto porque, as espécies cultivadas na entrelinha necessitam de água para seu desenvolvimento, e por se tratar de um período de escassez hídrica, a competição entre espécie cultivada (UR ou PP), cultura e microrganismos pode ter sido acentuada, resultando em um ambiente mais estressante para a microbiota do solo, o que tendeu a elevar o valor de qCO_2 . A estratégia de manejo vegetação espontânea com roçada também tendeu a gerar estresse na microbiota do solo em época de baixo índice pluviométrico pois com a baixa disponibilidade de água no solo, a competição entre as espécies de plantas daninhas e a microbiota é acentuada. A competição entre plantas pode estimular a atividade microbiana do solo, aumentando a mineralização da matéria orgânica e como consequência elevando o valor de qCO_2 (MATOS et al., 2019)

A disponibilidade de água no solo também foi um fator determinante na análise de componentes principais (Figura 4). Na época em que havia disponibilidade hídrica no solo a

medida de dimensão apresentou valor próximo de 70% de explicação para o agrupamento das estratégias de manejo de acordo com os indicadores microbiológicos. A umidade do solo na época de chuva (épocas 1 e 3) favoreceu o agrupamento das estratégias de manejo aplicação de herbicida (HB), *P. phaseoloides* (PP) e *U. ruziziensis* (UR) com roçada, reafirmando a importância da disponibilidade de água no solo para realização da amostragem e determinação dos indicadores microbiológicos.

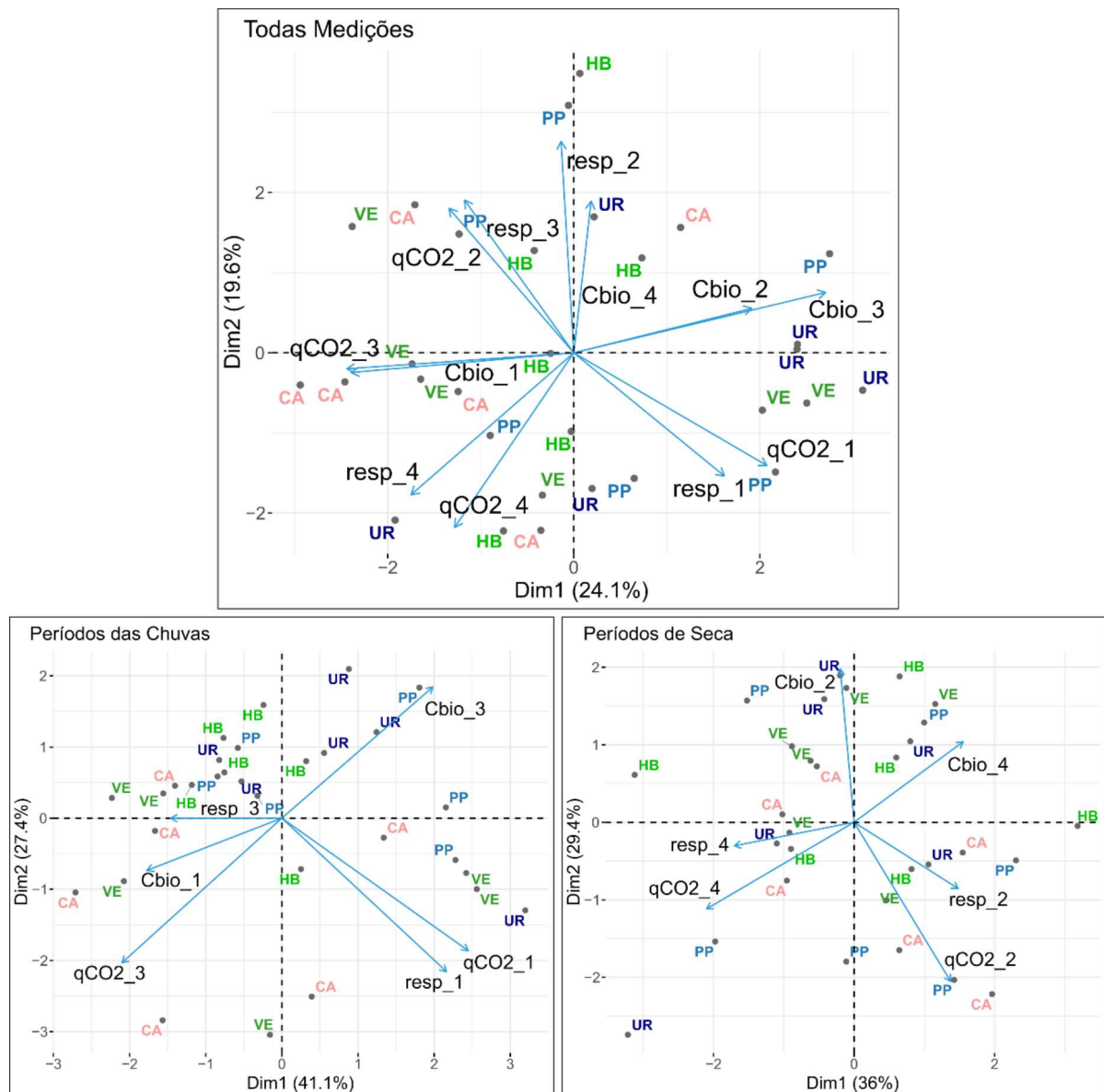


Figura 4. Análise de componentes principais (ACP) relacionando os indicadores microbiológicos em todas medições bem como compartimentalizando-os em momentos de seca e de chuva. Os números são as cinco estratégias de manejo, e as letras os blocos, a combinações são as unidades experimentais.

Verificou-se que os indicadores microbiológicos não apresentaram correlação com a produtividade do café nas duas épocas secas de amostragem (Figura 5). Durante a época de chuva a biomassa microbiana apresentou correlação inversa com a produtividade. Nos momentos em que foi observado maior Cbio a produtividade do café foi menor (Figura 5). Geralmente, observou-se maior biomassa microbiana onde houve acúmulo de matéria seca sobre o solo.

A biomassa microbiana do solo tende a apresentar maiores teores no período de verão, que apresenta maiores temperaturas e precipitação pluviométrica, e pela presença de resíduos vegetais sobre o solo (LOURENTE et al., 2011). A biomassa microbiana é um indicador que pode ser alterado pela coexistência e competição com diferentes espécies de plantas, a mudança na atividade microbiana do solo pode ser devido à esta competição entre plantas que afeta a comunidade microbiana (MELO et al., 2014).

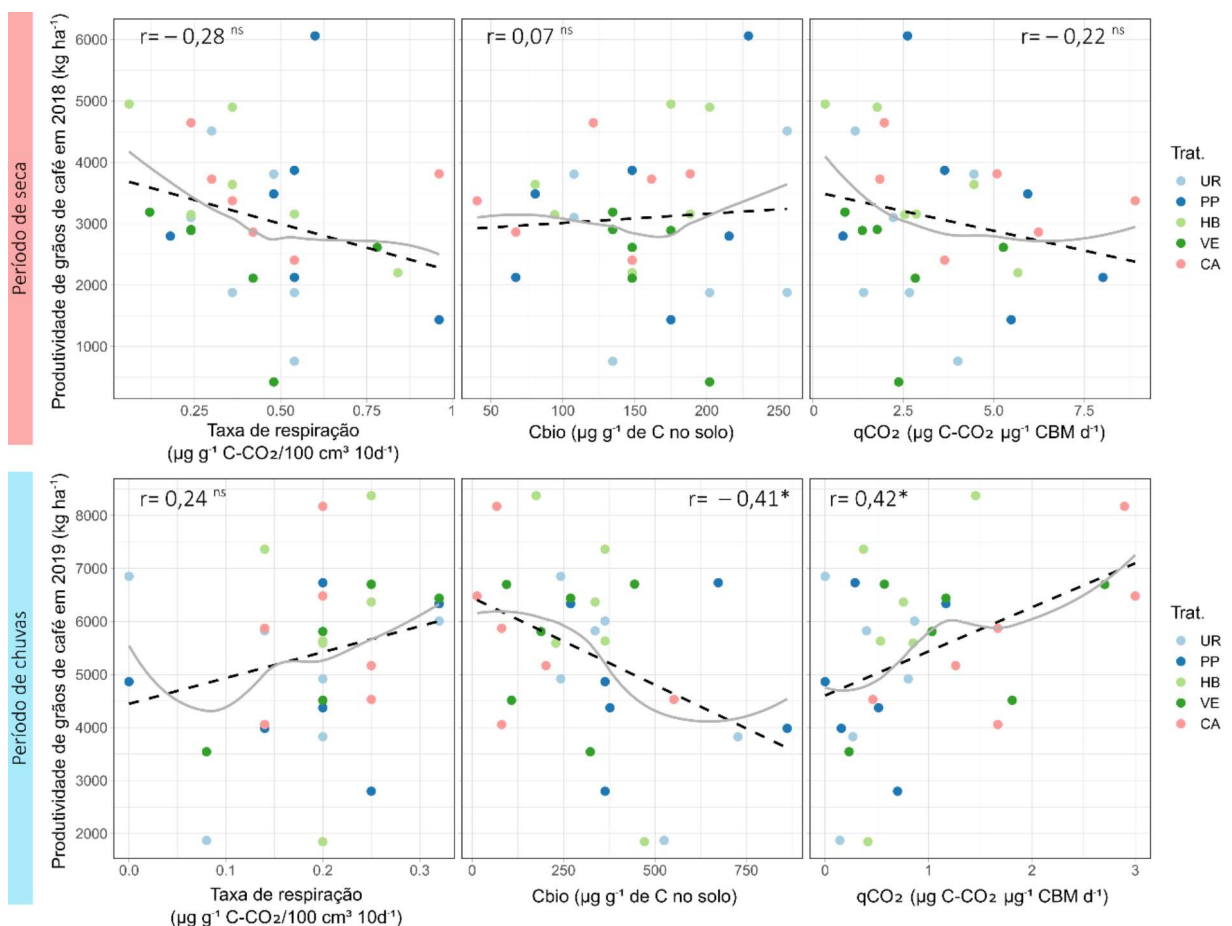


Figura 5. Relacionamento entre os indicadores microbiológicos (Taxa de respiração basal, Cbio e qCO_2) com a produtividade de grãos de café das unidades experimentais (em kg e extrapolados para 1 hectare). Foram relacionados dois momentos de amostragem um em época seca (parte superior do gráfico) e outro em época de chuva (parte inferior do gráfico) com as produtividades imediatamente seguintes (2018 e 2019, respectivamente). As cores dos pontos

representam as estratégias de manejo adotadas em cada unidade experimental. O coeficiente “r” é o de correlação linear seguido sua significância estatística (“*” com $\alpha=0,05$).

O processo de transformação da matéria orgânica e da biomassa microbiana do solo tem relação direta com a manutenção da produtividade dos ecossistemas agrícolas. A biomassa microbiana é considerada uma das características mais sensíveis às alterações na qualidade do solo, que está diretamente relacionada com a produtividade da cultura (SILVA et al., 2010).

O indicador microbiológico qCO_2 apresentou correlação positiva com a produtividade de grãos de café. O maior valor de qCO_2 indica que o sistema está em desequilíbrio, com isso há maior mineralização da matéria orgânica, mais nutrientes são liberados, resultando maior produtividade. Para o aumento da produção da lavoura é necessário maior consumo de matéria orgânica, por isso é importante a manutenção de resíduos vegetais sobre o solo para a formação dessa matéria orgânica e atenuação das perdas de carbono do solo.

A maior instabilidade da biomassa microbiana pode resultar em valores de qCO_2 elevados, devido ao maior gasto energético da atividade microbiana, resultando em menor eficiência de incorporação de carbono na célula microbiana, deixando este carbono disponível para a cultura (SANTOS, 2005).

A taxa de respiração basal também apresentou correlação positiva com a produtividade de grãos de café na época de chuva. Altas taxas respiratórias da microbiota do solo podem indicar tanto um distúrbio ecológico como um alto nível de produtividade do ecossistema (SILVA et al., 2010).

Embora os indicadores microbiológicos utilizados nesta pesquisa não tenham apontado diferenças entre as estratégias de manejo de plantas daninhas, deve-se levar em consideração a ideia de integração dos métodos de controle para obtenção e manutenção de solos de melhor qualidade e que permitam a sustentabilidade do sistema cafeeiro. À médio e longo prazo, estratégias de manejo possibilitam a formação de cobertura vegetal sobre o solo, proporcionam proteção e conservação do mesmo, evitando perdas por processos erosivos, aumentando a ciclagem de nutrientes e formação de matéria orgânica, além de suprimir plantas daninhas.

3.4. CONCLUSÕES

O impacto das estratégias de manejo de plantas daninhas sobre os indicadores microbiológicos do solo foi dependente da época de amostragem.

A disponibilidade de água nas épocas secas influencia mais intensamente as variáveis microbiológicas do que as diferentes estratégias de manejo de plantas daninhas.

Métodos de manejo de plantas daninhas com formação de cobertura vegetal e acúmulo de matéria seca sobre o solo proporcionam melhor qualidade do solo e maior sustentabilidade do sistema ao longo do tempo e por períodos mais extensos.

Agradecimentos. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - concessão de bolsa e apoio financeiro à pesquisa.

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, E. N.; NÓBREGA, J. C. A.; FERREIRA, M. M. Métodos de controle de plantas daninhas no cafeeiro afetam os atributos químicos do solo. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 749-757, 2009.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES, T. S. et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 341–347, 2011.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. **Biology and Fertility of Soils**, v. 1, n. 2, p. 81–89, 1985.
- BADEJO, M. A. et al. Soil oribatid mite communities under three species of legumes in an ultisol in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 27, p. 283–296, 2002.
- CAMELO, G. N. et al. Efeito do sistema de plantio e doses do nicosulfuron sobre a atividade microbiana do solo. **Planta Daninha**, v. 29, n. 4, p. 829–835, 2011.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de Cerrado. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 455–462, 2008.
- CURL, E. A.; TRUELOVE, B. The rhizosphere. In: **Advanced Series in Agricultural Sciences**. 15ª edição. Berlin: Heidelberg. p. 140–166, 2012.
- GLAESER, D. F.; APARECIDA, M.; ALVES, M. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 14, n. 2, p. 103–114, 2010.
- GUIMARÃES, N. F. et al. Biomassa e atividade microbiana do solo em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 34–44, 2017.

- INMET, I. *Instituto nacional de meteorologia*. Climatologia. Brasília: Brazil, 2008. Acesso em: <https://portal.inmet.gov.br/>.
- ISHIDA, E. T. **Efeito da associação de métodos no controle de plantas daninhas e sobre microrganismos do solo numa lavoura cafeeira (*Coffea arabica* L.)**. 41p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2003.
- ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, v. 27, n. 4, p. 408–416, 1998.
- LEMES, L. N. et al. Weed interference on coffee fruit production during a four-year investigation after planting. **African Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 10, p. 1138–1143, 2010.
- LOURENTE, E. R. P. et al. Microbiological, chemical and physical attributes of soil under different crop systems and Cerrado conditions. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 20–28, 2011.
- MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. D. E. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 1177–1182, 2000.
- MASSENSINI, A. M. et al. Soil microorganisms and their role in the interactions between weeds and crops. **Planta Daninha**, v. 32, n. 4, p. 873–884, 2014.
- MATHEW, R. P. et al. Impact of no-tillage and conventional tillage systems on soil microbial communities. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2012, p. 1–10, 2012.
- MATOS, C. C. et al. Changes in soil microbial communities modulate interactions between maize and weeds. **Plant Soil**, v. 440, n. 1–2, p. 249–264, 2019.
- MATOS, C. C. et al. Crop-weed competition changes the decomposition of soil organic matter fractions in the rhizosphere. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 65, n. 11, p. 1507–1520, 2019.
- MELLONI, R. et al. Métodos de controle de plantas daninhas e seus impactos na qualidade microbiana de solo sob cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p. 66–75, 2013.
- MELLONI, R. et al. Métodos de controle de plantas daninhas e seus impactos na qualidade microbiana de solo sob cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p. 67–75, 2013.
- MELO, C. et al. Microbial activity of soil cultivated with corn in association with weeds under different fertility management systems. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 74, n. 4, p. 477–484, 2014.
- MERLIM, A. O. et al. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 1, p. 57–61, 2005.
- RESENDE, F. V. et al. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção de cenoura em cultivo de verão. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 100–105, 2005.

- ROSCOE, R. et al. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. p. 163–198, 2006.
- SANTOS, E. A. et al. The effects of soil fumigation on the growth and mineral nutrition of weeds and crops. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, n. 2, p. 207-212, 2012.
- SANTOS, M. N. **Métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro e seus efeitos na agregação e em frações da matéria orgânica do solo**. 64 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2005.
- SANTOS, J. B. et al. Atividade microbiana do solo após aplicação de herbicidas em sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 683–691, 2005.
- SILVA, R. R. et al. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 1585–1592, 2010.
- STOTZKY, G. Microbial respiration. In: Black CA (ed) *Methods of soil analysis*. Part 2. American Society of Agronomy, Madison, p. 1550-1572.
- TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em ciência do solo**, v. 2, n. 3, p. 195–276, 2002.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703–707, 1987.