

ENRIQUE ULISES ARCEDA DELGADO

**CULTURAS DE COBERTURA NA SUPRESSÃO DE PLANTAS DANINHAS E
ATRIBUTOS FISICOS DO SOLO CULTIVADO COM CAFÉ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Alberto Carvalho Filho

Coorientadores: Renato Adriane Alves Ruas
Luís César Dias Drumond

**RIO PARANAÍBA – MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca da Universidade Federal de
Viçosa – Campus Rio Paranaíba**

T

D352c
2021 Delgado, Enrique Ulises Arceda, 1992-
Culturas de cobertura na supressão de plantas daninhas e atributos físicos do solo cultivado com café [recurso eletrônico] / Enrique Ulises Arceda Delgado. - Rio Paranaíba, MG, 2021.
73 f.: il. (algumas color.).

Inclui anexo.

Inclui apêndices.

Orientador: Alberto Carvalho Filho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvcrp.2021.003>

1. *Coffea arabica* L.. 2. Compactação do solo. 3. Mecanização agrícola. I. Universidade Federal de Viçosa. Instituto de Ciências Agrárias. Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal). II. Título.

633.73

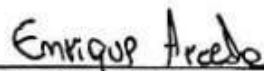
ENRIQUE ULISES ARCEDA DELGADO

**CULTURAS DE COBERTURA NA SUPRESSÃO DE PLANTAS DANINHAS E
ATRIBUTOS FISICOS DO SOLO CULTIVADO COM CAFÉ**

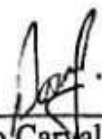
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 06 de maio de 2021

Assentimento:



Enrique Ulises Arceda Delgado
Autor



Alberto Carvalho Filho
Orientador

Aos meus pais Francisca del Carmen Delgado Chavarria e Ramon Arceda Urbina,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas os dias que me manteve em pé onde o caminho foi difícil e nos meus momentos de fraquezas ele me fortaleceu;

A minha família principalmente os meus pais Francisca del Carmen Delgado Chavarria e Ramon Arceda Urbina por sempre me incentivarem apesar da distância sempre me acompanharam e por eles tenho o orgulho de ter atingido todo o que tenho graças a eles e meus irmãos Ramon, Heydi e Bismarck pelo apoio e inspiração;

A minha namorada Maybe Nohelia Garcia Rugama por perseverar ao meu lado e não me deixar desistir quando eu achava que não podia mais, por teu apoio e incondicional em todo momento.

Ao meu orientador, o Professor Dr. Alberto Carvalho Filho pelo acolhimento, amizade disponibilidade, confiança e compreensão;

À Universidade Federal de Viçosa UFV/*campus* Rio Paranaíba pela oportunidade de realização deste trabalho;

À coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES pela concessão da bolsa de estudo;

Ao Professor Dr. Vinicius Ribeiro Faria pelos auxílios na estatística além da disponibilidade e sugestões que visaram melhorar o presente trabalho;

À família Reis Gonçalves que me acolheram, ajudaram, inspiraram e deram para mim um lar na sua casa.

Ao meu amigo Vitor Afonso Reis Gonçalves quem sempre me aconselhou, ajudou e me inspirou a continuar para frente.

Aos todos meus amigos que de maneira direta e indireta contribuíram na minha formação: Rafaela, Ju, Bim, Carlinhos, Caio, Bill, Felipe Santinato, paraguaio.

*"Se quer viver uma vida feliz, amarre-se a uma meta,
não as pessoas nem as coisas"*

(Albert Einstein)

BIOGRAFIA

Enrique Ulises Arceda Delgado, filho de Ramon Arceda e Francisca del Carmen Delgado Chavarria, nasceu em Matagalpa-Nicaragua no dia 18 de abril de 1992.

Em 2005, iniciou o Ensino Médio em Instituto Nacional Eliseo Picado, na Nicaragua. Concluiu o Ensino Médio em 2008.

Iniciou o Curso de Agronomia pela Universidade Nacional Autônoma Nacional de Nicaragua FAREM-Matagalpa em 2009, graduando-se Engenheiro Agrônomo em março de 2014.

Em março de 2019, iniciou o curso de Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal na UFV-CRP, submetendo-se a defesa em 06 de maio de 2021.

RESUMO

DELGADO, Enrique Ulises Arceda, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, maio de 2021. **Culturas de cobertura na supressão de plantas daninhas e atributos físicos do solo cultivado com café.** Orientador: Alberto Carvalho Filho. Coorientadores: Renato Adriane Alves Ruas e Luís César Dias Drumond.

Os avanços na cafeicultura para obtenção de maior rentabilidade vêm utilizando a mecanização de maneira intensiva favorecendo a degradação física do solo, além de o uso excessivo de herbicidas para o controle de plantas daninhas poder gerar certa resistência a alguns agentes químicos. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito das plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo nos atributos físicos de solo e na fitossociologia de plantas daninhas. O trabalho foi desenvolvido na área experimental CafePlus, da Universidade Federal de Viçosa, *campus* Rio Paranaíba, em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, seguindo o delineamento em blocos ao acaso com três repetições. Os tratamentos foram cobertura do solo com braquiária (*Urochloa ruziziensis*); nabo forrageiro (*Raphanus sativus*); crotalária (*Crotalaria juncea*) e ausência de cobertura do solo com escarificação mecânica. A escarificação proporcionou uma redução na densidade de solo (Ds) e maiores valores de macroporosidade e de porosidade total, em relação ao emprego das plantas de cobertura. As plantas de cobertura não tiveram efeito sobre a macroporosidade e porosidade total apresentando valores inferiores aos encontrados na área escarificada sem cobertura. Observou-se maior Ds e microporosidade na projeção do rodado dos tratores e redução da macroporosidade e porosidade total, quando comparados aos valores obtidos na entre linha do cafeeiro. A área escarificada apresentou menores valores ao analisar os efeitos simples para a Resistência Mecânica do Solo à Penetração (RMSP) e maiores valores de umidade do solo, comparado com as áreas com as plantas de cobertura. Para a Ds os valores encontrados encontram-se abaixo do considerado crítico para o desenvolvimento das culturas, mas para a RMSP há valores pouco acima do considerado crítico. Os resultados do estudo fitossociológico demonstraram que a planta infestante com maiores índices foi *Bidens pilosa* em todas as áreas e nas duas posições avaliadas. A planta de cobertura Crotalária reduziu em 53,84 % número de espécies de plantas infestantes e os menores valores fitossociológicos.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L.. Compactação do solo. Supressão de plantas daninhas.

ABSTRACT

DELGADO, Enrique Ulises Arceda, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, – Rio Paranaíba *Campus*, May, 2021. **Cover crops in weed suppression and physical attributes of soil cultivated with coffee.** Advisor: Alberto Carvalho Filho. Co-advisors: Renato Adriane Alves Ruas and Luís César Dias Drumond.

Advances in coffee production to obtain greater profitability have been using mechanization intensively, favoring the physical degradation of the soil, in addition to the excessive use of herbicides to control weeds that can generate some resistance to some chemical agents. This study aimed to evaluate the effect of cover crops and soil mechanical mobilization with soil depth on soil physical attributes and on weed phytosociology. The work was developed in the experimental area CafePlus, at the Federal University of Viçosa, *campus* Rio Paranaíba, in a dystrophic Haplustox, following a randomized block design with three replications. The treatments were ground cover with brachiaria (*Urochloa ruziziensis*); forage turnip (*Raphanus sativus*); crotalaria (*Crotalaria juncea*) and mechanical scarification, without soil cover. Scarification provided a reduction in soil bulk density (Ds) and higher values of macroporosity and total porosity, in relation to the use of cover crops. The cover crops had no effect on macroporosity and total porosity, showing values lower than those found in the scarified area without cover. Higher Ds and microporosity were observed in the projection of tractor wheels and a reduction in macroporosity and total porosity, when compared to the values obtained in the between rows of the coffee tree. The scarified area presented lower values when analyzing the simple effects for the Mechanical Resistance of the Soil to Penetration (RMSP) and higher values of soil moisture, compared to the areas with cover crops. For the Ds the values found are below what is considered critical for the development of crops, but for the RMSP there are values slightly above what is considered critical. The results of the phytosociological study showed that the weed plant with the highest rates was *Bidens pilosa* in all areas and in the two evaluated positions. The Crotalaria cover plant reduced by so many 53,84 % the number of weed species and the lowest phytosociological values.

Keywords: *Coffea arabica* L.. Soil compaction. Weed suppression.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	10
REVISÃO DE LITERATURA	12
CAPÍTULO I: EFEITOS DE PLANTAS DE COBERTURA E DA ESCARIFICAÇÃO MECÂNICA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO- AMARELO CULTIVADO COM CAFÉ.	15
RESUMO	15
ABSTRACT.....	16
INTRODUÇÃO	17
MATERIAL E MÉTODOS	19
RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
CONCLUSÃO	34
REVISÃO DE LITERATURA.....	34
CAPÍTULO II: CULTURAS DE COBERTURA NA SUPRESSÃO DE PLANTAS DANINHAS NA CAFEICULTURA	39
RESUMO	39
ABSTRACT.....	40
INTRODUÇÃO	41
MATERIAL E MÉTODOS	42
RESULTADO E DISCUSSÃO	47
CONCLUSÃO	54
REVISÃO DE LITERATURA.....	54
CONCLUSÃO GERAL	58
ANEXOS.....	59

INTRODUÇÃO GERAL

O cafeeiro é uma cultura de extrema importância socioeconômica no Brasil e no mundo. De acordo com a Organização Internacional do Café – OIC, atualmente os quatro maiores países produtores no mundo são o Brasil, Vietnã, Colômbia e Indonésia, com produção na safra 2018/2019 de 62,0; 31,0; 13,0 e 9,0 milhões de sacas de café beneficiadas, respectivamente. O Brasil ainda se destaca como sendo o maior exportador e o segundo maior consumidor da bebida no mundo. Apresenta área transplantada de 2,16 milhões de hectares, sendo Minas Gerais o estado com maior extensão cultivada (1,24 milhão de hectares) e maior produção (32,8 milhões de sacas), o que corresponde a 60% do total produzido no país de acordo com a estimativa para a safra 2020 (CONAB, 2020).

O Cerrado mineiro é uma das regiões brasileiras com maior área plantada de café, pelas condições do seu relevo plano e suave-ondulado, predominando em 70% da superfície, e devido às boas condições de drenagem, permitindo estabelecer a cafeicultura em grandes áreas (Silva et al. 2003; Teixeira et al. 2012). Nesta região, a cafeicultura tem se destacado e desenvolvido de forma acelerada, e alcançando recordes de produtividade com a otimização de operações e redução de custos, em razão da intensidade da mecanização utilizada (Barreto et al. 2016). Tem-se verificado que uma lavoura recebe no mínimo de 13, até 25 passadas de trator por ciclo de produção, podendo ocasionar significativa compactação do solo (Matiello et al. 2015).

A compactação dos solos é o resultado de forças mecânicas aplicadas ao mesmo, proporcionando o aumento da densidade. O adensamento é função do esforço de compactação e do conteúdo de água do solo no momento de aplicar o esforço, deteriorando principalmente a parte física dos solos (EMBRAPA, 1991).

São indicadores da qualidade física de solos os atributos: porosidade total, distribuição e tamanho dos poros, distribuição do tamanho das partículas, densidade de solo e índice de compressão e estabilidade dos agregados (Singer e Ewing, 2000; Stefanoski et al. 2013), afetados pela compactação originada pela mecanização.

Para reduzir os efeitos do adensamento dos solos originados pela compactação, torna-se imprescindível o emprego de práticas que proporcionem o rompimento mais eficiente das camadas compactadas, como o uso de plantas descompactadoras do solo (Villamil et al. 2006;

Farias et al. 2013). A alta produção de fitomassa, principalmente do sistema radicular das diferentes espécies de culturas descompactadoras, geram benefícios em solos compactados, como melhora da qualidade física (Queiroz et al. 2011). Além da melhora da parte física, elas apresentam características intrínsecas que resultam na exploração de camadas distintas de solo, no favorecimento de grupos de biotas do solo e na ciclagem de nutrientes (Pereira et al. 2013).

As plantas de cobertura também possuem mecanismos de supressão de plantas daninhas sejam por seus efeitos alelopáticos com algumas espécies, que podem ter benefícios supressivos sobre algumas plantas daninhas sejam por competição com as plantas daninhas por água, luz e nutrientes (Borges et al. 2014). Para redução de plantas daninhas, o uso de culturas de cobertura de diferentes espécies é uma prática que visa diminuir a dependência dos herbicidas (San et al. 2019), sendo uma importante ferramenta supressiva que podem reduzir ainda mais o crescimento e capacidade reprodutiva de plantas daninhas (Khan et al. 2019). A fitossociologia possibilita avaliar a composição das espécies, obtendo-se frequência, frequência relativa, densidade, densidade relativa, dominância, dominância relativa e índice do valor de importância (Gomes et al. 2010). Concenção et al. (2013) conceituam essas avaliações citadas por Gomes et al. (2010) como o estudo fitossociológico de um grupo de métodos de avaliações ecológicas, com o objetivo de proporcionar uma visão abrangente da composição e distribuição de espécies de plantas daninhas.

Outra alternativa para descompactação dos solos e controle de plantas daninhas é a mobilização mecânica por meio de escarificadores, ou de subsoladores, que promovem a redução da densidade e da resistência mecânica a penetração das raízes, porém a longevidade pode variar de uns poucos meses até alguns anos (Camara e Klein, 2005; Satoshi et al. 2015). Martins et al. (2014) verificaram que a subsolagem em pré-plantio reduziu a resistência à penetração na linha do cafeeiro, com seus efeitos benéficos mantidos ao longo de vários anos, e que esta se correlaciona positivamente com densidade, com a microporosidade e volume total de poros.

Em solos compactados e expostos, sem cobertura vegetal, o impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo constitui o ponto inicial da erosão hídrica, principalmente em localidades onde a erosividade da chuva é elevada (Cardoso et al. 2012). Assim, o estabelecimento de plantas de cobertura, em consórcio, rotação ou sucessão de culturas, ou mesmo isoladamente, podem ser utilizadas como uma ação para também estabilizar e reduzir a erosão do solo, interferindo química, física e biologicamente na qualidade do solo

(Nascimento e Lombardi, 1999; Perez et al. 2017; Kervroedan et al. 2018) e também reduzir o banco de sementes de plantas daninhas no solo (Barbosa et al. 2018).

REVISÃO DE LITERATURA

BARBOSA, J. D., FRANKE, D. E., FERREIRA, S. D., SALVALAGGIO, A. C., DA COSTA, N. V. Manejo da mucuna-preta na supressão de plantas daninhas na cultura da alfacecrespa. **Revista de Agricultura Neotropical**, vol.5, n. 2, p. 13-18, 2018.

BARRETO, J., MOREIRA, F., LORENZONI, F., GOES, F., & GUERRA, L. Estudo técnico e econômico de diferentes operações mecanizadas na cafeicultura. **Coffe Science**, v.11, n.1, 87-96, 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.25186/cs.v11i1>.

BORGES, W. L. B.; FREITAS, R. S.; MATEUS, G. P.; SÁ, M. E.; ALVES, M. C.; Supressão de plantas daninhas Utilizando Plantas de cobertura do solo, **Planta daninha**, v.32, n.4, p. 755-763, 2014.

CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A.; Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e de água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.5, p. 789-789, 2005.

CARDOSO, D.; SILVA, M.; CARVALHO, G.; FREITAS, D.; AVANZI, J.; Plantas de cobertura no controle das perdas de solo água e nutrientes por erosão hídrica, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V. 16, n.6, p. 632-638, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000600007> .

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – **CONAB**. Boletim Café Janeiro 2020, Safra 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>> Acesso em 24 de Abril de 2020

CONCENÇO, G., TOMAZI, M., CORREIA, I.V.T., SANTOS, S.A., GALON, L. Phytosociological surveys: tools for weedscience? **Planta Daninha**, v.31, n2, p. 469-482. 2013.

EMBRAPA; Compactação de solos pode ser controlada, 1991. Londrina. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105481/1/ID-1770.pdf> Acesso em : 15/06/2019.

FARIAS, L.; BOMFIM-SILVA, E.; PIETRO, VILARINHO, M.; SILVA, J.A.; GUIMARÃES, S.; Características morfológicas e produtivas de feijão guandu anão cultivado em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.5, p.497-503, 2013.

GOMES, G.L.G.C., IBRAHIM, F.N., MACEDO, G.L., NOBREGA, L.P., ALVES, E. Cadastramento fitossociológico de plantas daninhas na bananicultura. **Planta Daninha**, v.28, n1, p.61-68. 2010.

KHAN, N.; GEORGE, D.; SHABBIR, A.; ADKINS, S. W.; Suppressives plants as weed management tool: Managing *Parthenium hysterophorus*, under simulated grazing in Australian grasslands. **Journal Environmental Management**. v.247, p.224-233, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.051>.

KERVROEDAN, L.; ARMAND, R.; SAUNIER, M.; OUVRY, J.; FAUCON, M.; Plant functional effects on runoff to design herbaceous hedges for soil erosion control. *Ecological Engineering*, v.118, n.9, p.143-151, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.04.024>.

MARTINS, J.; BONOMO, R.; RIBEIRO, F.; ZANZANELLA, D.; Atributos físicos do solo em lavoura de cafeeiro de conilon submetida à subsolagem. **Engenharia Na Agricultura**. V. 22, n.5, p. 413-425, 2014.

MATIELLO, J; SANTINATO, R; ALMEIDA; GARCIA; **Cultura do café no Brasil, Manual de recomendações** ed. 2015 ISBN: 978-85-66870-97-8.

NASCIMENTO, P. C.; LOMBARDI, F.; Razão de perdas de solo sob cultivos de três leguminosas, **Revista Brasileira de ciência do solo**, v.23, n.1, p.121-125, 1999.

PEREIRA, W; CARVALHO, G. J.; ABBADE, D. O.; VIEIRA, G. L; Desempenho agrônomico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.2, p.157-16, 2013. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000200005.

PEREZ, J.; CONDES, R.; STOKES, A.; An open access database of plant species useful for controlling soil erosion and substrate mass movement, **Ecological Engineering**, v.99, p.530-534, 2017.

QUEIROZ, E.; STONE, L.; ALVES, J. A.; BRITO, E. P.; DIDONET, A. D.; MOZENA, E.; Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I

atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo. Revista Brasileira de ciência do solo**, v.35, n.2, p. 589-602, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200028>.

SAN, C.; LONG, D. S.; GOURLIE, J. A.; BARROSO, J.; Spring crops in three year rotations reduce weed pressure in winter Wheat, **Fiel Crops Research**. v.233, p.12-20, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.12.017>.

SATOSHI, A.; GONÇALVES, F.; JASPER, S. P. ; ARBEX, P. R.; BENEZ, S. H.; Efeitos de práticas de descompactação do solo em área sob sistema plantio direto. **Revista Ciência Agrônômica**, v.46, n.3, p.460-468, 2015. DOI: 10.5935/1806-6690.20150027.

SILVA, A. L.; FARIA, M. A.; REIS, R. P. Viabilidade do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica L.*). In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DA CAFEICULTURA IRRIGADA**, 6., 2003, Araguari. Resumos expandidos... Uberlândia: UFU, . p. 25-29. 2003.

SINGER, M.; EWING, S.; SOIL QUALITY. IN: SUMNER, M. E. (ed.). Handbook of soil science. Boca Raton: CRC Press. p.271-298. 2008.

STEFANOSKI, D.; SANTOS, G.; MARCHÃO, R.; PETTER, F.; PACHECO, L.; Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.12, p.1301-1309, 2013.

TEIXEIRA, A. L; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A.; A moderna cafeicultura dos cerrados Brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.2, p. 231-240, 2012.

VILLAMIL, M. B.; BOLLERO, G. A.; DARMODY, R. G.; SIMMONS, F. W; BULLOCK D. G. No till corn/soybean systems including Winter cover crops: Effects on soil properties. **Soil Science**, v.70, p.1936-1944, 2006.

CAPÍTULO I: EFEITOS DE PLANTAS DE COBERTURA E DA ESCARIFICAÇÃO MECÂNICA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO CULTIVADO COM CAFÉ.

RESUMO

O desenvolvimento de novas práticas nas lavouras cafeeiras do Cerrado brasileiro vem intensificando o uso de maquinários, os quais têm benefícios significativos, reduzindo tempo e custos de produção. Porém, o aumento do uso das máquinas e implementos agrícolas pode trazer prejuízos na física dos solos. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos de plantas de cobertura e da escarificação mecânica nos atributos físicos do solo avaliados na projeção da linha do rodado do trator e na linha do café. O trabalho foi desenvolvido na área experimental CafePlus, em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no município de Rio Paranaíba/MG, seguindo o delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram cobertura do solo com braquiária (*Urochloa ruziziensis*); nabo forrageiro (*Raphanus sativus*); crotalária (*Crotalaria juncea*) e ausência de cobertura do solo com escarificação mecânica. Foram avaliados os parâmetros: densidade do solo (Ds), microporosidade, macroporosidade, porosidade total e resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) na projeção do rodado e na entre linha do cafeeiro. A escarificação proporcionou redução na densidade de solo e maiores valores de macroporosidade e de porosidade total, em relação ao emprego das plantas de cobertura. As plantas de cobertura não tiveram efeito sobre a macroporosidade e porosidade total apresentando valores inferiores aos encontrados na área escarificada. Observou-se maior densidade e microporosidade na projeção do rodado dos tratores e redução da macroporosidade e porosidade total, quando comparados aos valores obtidos na entre linha do cafeeiro. A área escarificada apresentou menores valores ao analisar os efeitos simples para RMSP e maiores valores de umidade do solo, comparado com as áreas com as plantas de cobertura. Para a Ds os valores encontrados estão abaixo do considerado crítico para o desenvolvimento das culturas, mas para a RMSP há valores pouco acima do considerado crítico.

Palavras-chave: Atributos físicos. Compactação. Tráfego de máquinas.

ABSTRACT

The development of new practices in coffee plantations in the Brazilian Cerrado has intensified the use of machinery, which has significant benefits, reducing production time and costs. However, the increased use of agricultural machinery and implements can damage soil physics. Thus, the objective was to evaluate the effects of cover crops and mechanical scarification on the physical attributes of the soil evaluated in the projection of the tractor wheel line and in the coffee line. The work was developed in the experimental area CafePlus, in a Dystrophic Haplustox, in the municipality of Rio Paranaíba/MG, following a randomized block design, with three replications. The treatments were ground cover with brachiaria (*Urochloa ruziziensis*); forage turnip (*Raphanus sativus*); crotalaria (*Crotalaria juncea*) and mechanical scarification, without soil cover. The following parameters were evaluated: bulk soil density (Ds), microporosity, macroporosity, total porosity and soil mechanical resistance to penetration (RMSP) in the projection of the wheel and between the coffee tree row. Scarification provided a reduction in soil density and higher values of macroporosity and total porosity, in relation to the use of cover crops. Cover crops had no effect on macroporosity and total porosity, showing values lower than those found in the scarified area. Higher Ds and microporosity were observed in the projection of tractor wheels and reductions in macroporosity and total porosity, when compared to the values obtained in the between rows of the coffee tree. The scarified area showed lower values when analyzing the simple effects for RMSP and higher soil moisture values, compared to areas with cover crops. For Ds the values found are below what is considered critical for crop development, but for RMSP there are values slightly above what is considered critical.

Keywords: Physical attributes. Compaction. Traffic of machinery.

INTRODUÇÃO

O Brasil é responsável por um terço da produção mundial de café (ABIC, 2020), sendo o maior produtor e exportador (CECAFE, 2020). Minas Gerais é o maior produtor de café no Brasil, respondendo por 50 % da produção (EMBRAPA, 2021), tendo o Cerrado Mineiro como uma das regiões de maior destaque (Leme et al., 2019), por apresentar clima ameno, com temperatura média variando entre 18 e 22° C e altitudes de 850 a 1250 m e áreas pouco acidentadas, fator que favorece a mecanização ao longo do ciclo da lavoura (Ortega e Jesus, 2011).

Embora as operações mecanizadas tragam muitos benefícios econômicos e para o manejo das lavouras, proporcionam um grande efeito negativo sobre diversos atributos físicos dos solos (Barbosa et al., 2019), pois o tráfego de equipamentos agrícolas é constante, gerando uma problemática área de compactação nos solos (Ozpinar et al. 2018).

A compactação proporciona o aumento da densidade do solo (Ds), gerando redução do índice de vazios por meio de processos mecânicos, face à compressão ou expulsão do ar dos poros, diminuindo sua capacidade para infiltrar água, elevando a resistência mecânica de penetração das raízes penetrarem e proporcionando pouca estabilidade de seus agregados (Valadão et al. 2015; Kalhor et al. 2017).

Apesar de não existir um valor ou faixa de valores considerados de forma consensual para a comprovação da compactação do solo, Reinert et al. (2001) considera que para a constatação da compactação é necessário que se tenha a caracterização da sua textura, de forma a considerar os valores críticos de densidade (Ds) na faixa de 1,45 g cm⁻³ para solos com mais de 55% de argila, 1,55 g cm⁻³ para solos com 55 a 20% de argila e de 1,65 g cm⁻³ para solos com menos de 20% de argila. Com relação à resistência mecânica do solo à penetração (RMSP), os valores críticos variam entre 6 e 7 MPa para solos arenosos e 2,5 MPa para solos argilosos (Sene et al., 1985) , sendo estes valores dependentes da umidade do solo (U%). A macroporosidade tem limite inferior de 0,10 cm³ cm⁻³ para que as raízes possam ter a oxigenação satisfatória ao seu crescimento (Reinert et al., 2001).

Rodrigues et al. (2016) verificaram um aumento da densidade de um Argissolo Amarelo textura arenosa/média (horizonte A/horizonte B), com operações mecanizadas nos tratamentos culturais e colheita, no cultivo de coqueiro, com valores de 1,73 kg dm⁻³, portanto, bem superior aos limites crítico de 1,65 kg dm⁻³, sugerido por Reinert et al. (2001), quando

compararam a uma área de caatinga, com valores muito menores ($1,46 \text{ kg dm}^{-3}$). Em outro estudo, Scapinelli et al. (2016), no cultivo mecanizado de girassol, verificaram o aumento da resistência mecânica de penetração de 0,94 MPa para 2,04 MPa, ao passar o trator oito vezes pela área, sendo ainda considerado como nível crítico da cultura pelos mesmos autores o valor de 0,74 MPa, refletindo negativamente na produtividade do girassol.

A cultura do café, por se tratar de uma cultura perene de grande longevidade, tem esses efeitos agravados devido aos equipamentos agrícolas trafegarem sempre nas mesmas posições ao longo de vários e vários anos, ou seja, nas ruas da lavoura, fato que também ocorre com outras culturas de ciclo perene. Assim, Souza et al. (2018) observaram na cultura da goiabeira, que na área de tráfego do trator, por muitos anos e acumulando os efeitos da compactação, obtiveram valores de resistência mecânica a penetração de 4 MPa, em comparação com as entrelinhas da cultura, que apresentaram valores inferiores a 2 MPa.

Como práticas de manejo cultural visando a redução da compactação do solo, melhorando a DS e a RMSP, entre outros atributos físicos do solo, é sugerido a utilização de plantas de cobertura descompactadoras e/ou a escarificação mecânica.

Dessa forma, observou-se que o uso das espécies de cobertura: milheto, crotalária, guandu, mucuna-preta, milheto + guandu, milheto + crotalária e milheto + mucuna e pousio estabelecidas sob sistema de plantio direto em Latossolo Vermelho distrófico, resultou na diminuição dos valores de densidade, quando utilizado o milheto, levando a Ds de $1,46 \text{ kg dm}^{-3}$ para $1,38 \text{ kg dm}^{-3}$, além de contribuir diretamente na melhora da porosidade (Silva et al., 2017).

No trabalho de Francziskowski et al. (2019), foram adotados os sistemas de manejo: plantio direto e preparo reduzido do solo com o uso de escarificador de hastes e o cultivo das espécies vegetais de inverno: trigo; um mix de aveia preta com ervilha forrageira; e um mix de aveia preta com nabo forrageiro. Foi assim verificado que o preparo reduzido é eficiente para descompactar o solo, promovendo aumento da porosidade de aeração e diminuição da densidade e resistência a penetração, mas não promoveu alterações na estabilidade dos agregados do solo. Os mixes de plantas de cobertura com diferentes famílias aumentaram os macroporos na superfície do solo, mas atuaram igualmente na agregação do solo e na RMSP.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos do plantio direto de plantas de cobertura (nabo forrageiro, crotalária e braquiária) e da escarificação mecânica sem cobertura do solo, nas propriedades físicas do solo, avaliando a Ds, RMSP, porosidade.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na área experimental CaféPlus, da Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Rio Paranaíba, em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd), localizado na posição geográfica (19° 12' 43" S e 46° 07' 56" W). Altitude média de 1128 m e clima temperado úmido, com duas estações muito bem definidas, apresentando o verão moderadamente quente e chuvoso e o inverno seco e frio, sendo classificado pela escala de Köppen como Cwb. A temperatura média é de 20,4 °C e a pluviosidade média anual de 1570 mm.

A pesquisa foi conduzida no período compreendido entre agosto de 2019 e março de 2020, em área experimental utilizada para ensaios de cultivares comerciais de café arábica (Figura 1/Anexos).

Inicialmente, foi realizada uma caracterização química (Tabela 1), granulométrica (Tabela 2), da Ds, RMSP e U% (Figuras 1, 2 e 3) da área experimental, visando determinar possível compactação do solo devido ao tráfego dos equipamentos agrícolas ao longo dos anos de cultivo. Entretanto, em função do grande número de operações, durante os tratos culturais, serem realizadas manualmente, obteve-se resultados muito baixos de densidade do solo, deste modo, a área foi induzida a uma compactação, por meio de 24 passadas de trator + grade intermediária (trator New Holland, Modelo TL85E, 88 cv e 4030 kg de massa; e grade Kolher GACI270 14 x 28", massa de 1690 kg) nas ruas da área experimental, estando o solo na condição de friabilidade (Anexos, Figura 2). Assim sendo, em agosto de 2019, a área foi umedecida até a profundidade de aproximadamente 30-35 cm, utilizando uma carreta tanque agrícola de 4.000 L, visando favorecer a melhor compactação proporcionada pelas várias passadas do trator + grade intermediária.

Na primeira semana de novembro de 2019, após o início do período chuvoso e da parcial reconsolidação do solo, realizou-se novamente a avaliação da Ds, da RMSP e da U% para caracterização da possível compactação da área (Figuras 1, 2 e 3).

Tabela 1. Caracterização química do Latossolo Vermelho-Amarelo antes de estabelecimento do experimento em área de café, com amostras tomadas na camada de 0-20 cm de profundidade, Rio Paranaíba-MG.

pH	P (rem)	S- SO ₄	K	Ca	Mg	H+Al	t	T	V	M.O	
CaCl ₂	-----mg dm ⁻³ ----	-----cmol _c dm ⁻³ -----								%	mg dm ⁻³
5,6	13	5	0,4	4,1	1,6	2,8	5,2	8,3	66,3	37	

Tabela 2. Caracterização granulométrica do Latossolo Vermelho-Amarelo antes de estabelecimento do experimento em área de café, com amostras tomadas na camada de 0- 20 cm de profundidade, Rio Paranaíba-MG.

Camada	Areia	Silte	Argila	Textura
Metros	-----g. kg ⁻¹ -----			
0,0-0,2	365	291	344	Franco-argilosa

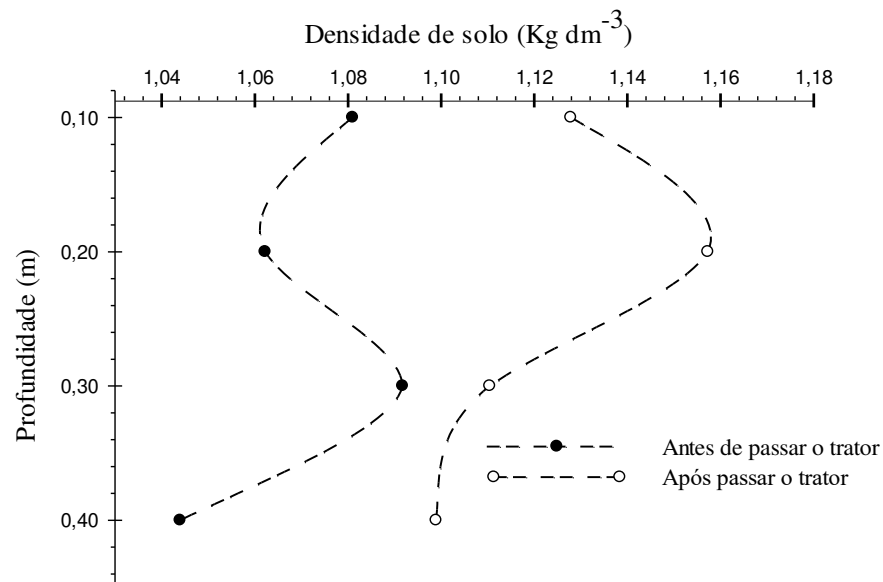


Figura 1. Caracterização da densidade do Latossolo Vermelho-Amarelo (kg dm⁻³) na área de estudo, realizadas antes e após a indução da compactação do solo (24 passadas de trator + grade intermediária (trator New Holland, Modelo TL85E e grade Kolher GACI270 14 x 28")), avaliadas na projeção do rodado do trator.

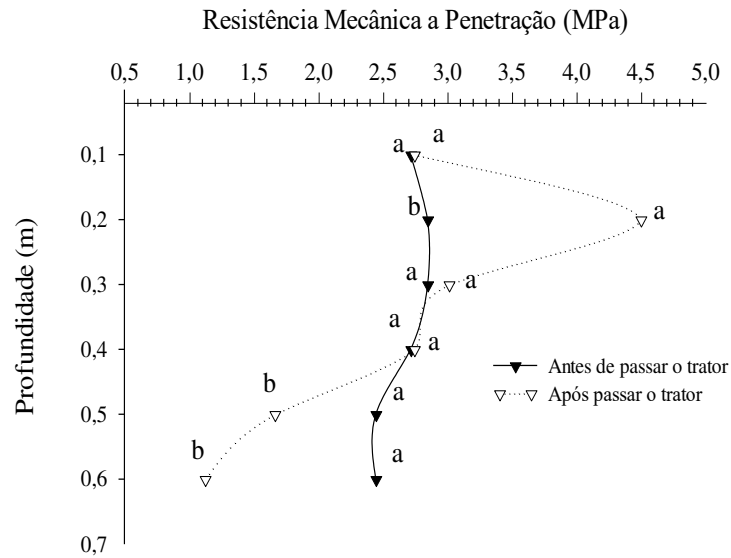


Figura 2. Caracterização da resistência mecânica do solo à penetração (MPa) do Latossolo Vermelho-Amarelo na área de estudo, realizadas antes e após a indução da compactação do solo (24 passadas de trator + grade intermediária (trator New Holland, Modelo TL85E e grade Kolher GACI270 14 x 28")), avaliadas na projeção do rodado do trator.

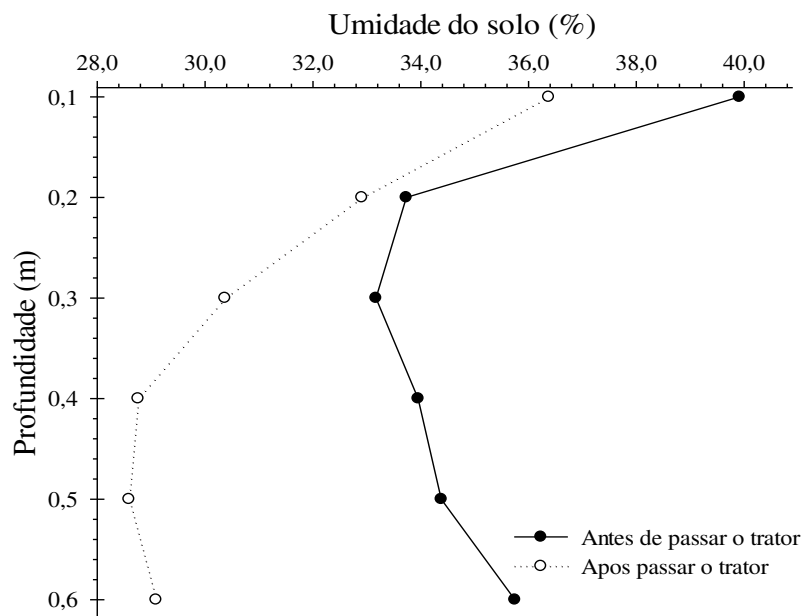


Figura 3. Caracterização da umidade (%) do Latossolo Vermelho-Amarelo na área de estudo, realizadas antes e após a indução da compactação do solo (24 passadas de trator + grade intermediária (trator New Holland, Modelo TL85E e grade Kolher GACI270 14 x 28")), avaliadas na projeção do rodado do trator.

A área experimental possui 14 genótipos comerciais de café, plantados no ano de 2014, no espaçamento de 3,8 x 0,5m. O experimento possuiu três fatores (plantas de cobertura, profundidade de avaliação e posição Rodado/Entre Linha) seguindo o delineamento em blocos ao acaso, com três repetições (Figura 2/Anexos). Para o fator plantas de cobertura foram utilizadas três espécies descompactadoras do solo, visando à melhoria da estruturação do solo, e uma mobilização mecânica realizada com um escarificador provido de 5 hastes, sendo: cultivo com braquiária (*Urochloa ruziziensis*); cultivo nabo forrageiro (*Raphanus sativus*); cultivo crotalária (*Crotalaria juncea*) e escarificação mecânica, sem cobertura do solo. Para o fator profundidade foram avaliadas seis camadas do solo (0,0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5; 0,5-0,6 metros) para a RMSP e quatro camadas para a DS e porosidade (0,0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4 metros), tomadas em duas posições de coleta (projeção da linha do rodado do trator e na entre linha do café). As parcelas apresentam dimensão de 5 metros de comprimento por 1,25 de largura de cada lado da linha de plantio do cafeeiro.

Em 14 de novembro de 2019 realizou-se a limpeza da área na entrelinha do cafeeiro, sendo aplicado Roundup Original DI (6 L p.c./ha), para o controle da braquiária e demais plantas daninhas que apareciam como cobertura existente (Anexos, Figura 4). Após 21 dias da aplicação do herbicida (5 de dezembro de 2019), utilizando semeadora-adubadora Jumil modelo MG05 PLVO4L, com quatro linhas /passada e sulcos espaçados de 0,50 m (Anexos, Figura 5A). ocorreu a distribuição de sementes das plantas de cobertura de forma manual, nos sulcos abertos pela máquina, sendo utilizados em cada metro, na linha de plantio: nabo forrageiro (0,3 gr), crotalária (0,75 gr) e braquiária (0,15gr). A adubação foi a mesma para todos os tratamentos, sendo realizada de forma mecanizada por sulcos abertos cinco cm abaixo e ao lado dos sulcos das sementes, na dosagem de 220 kg/ha⁻¹, com a fórmula 8-28-16. Para a mobilização mecânica utilizou-se o escarificador BALDAN CEH de 5 hastes, massa 253 kg (Anexos, Figura 5B), regulado para atuar até a profundidade de 0,30 m, em função da camada do solo adensada observada após a compactação do solo (Figuras 1, 2 e 3).

Na avaliação da Resistência Mecânica do Solo à Penetração (RMSP), medida por meio do índice de cone (IC), definido como a resistência do solo à penetração de uma ponta cônica, e expressa como a força por unidade de área da base do cone, foram tomados 4 pontos por posição consideradas as camadas de 0,0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5; e 0,5-0,6 m de profundidade do solo, utilizando o penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf (Anexos, Figura 6A e 6C), ponta cônica tipo 2, com diâmetro de 12,83 mm e ângulo

sólido de 30°, êmbolo padrão de 4 kg e altura para deslocamento vertical do embolo de 0,4 m (ASAE, 1999).

Os resultados obtidos com o penetrômetro de impacto, fornecidos em “cm impacto¹”, foram transformados em kgf cm^{-2} , conforme (Stolf, 1991) e, posteriormente, multiplicados pelo fator 0,098 para transformação da RMSP em MPa.

$$IC = \left(\frac{Mg + mg}{A} \right) + \left[\left(\frac{M}{M + m} \right) \times \left(\frac{Mg \times h}{A + P} \right) \right]$$

IC= índice de cone (kgf.cm^{-2})

Mg= massa do peso do êmbolo (kgf)

mg= massa do penetrômetro sem o êmbolo (kgf)

A= área da base do cone (cm^2)

M= massa do êmbolo (kg)

m= massa do penetrômetro sem o êmbolo (kg)

h= altura de queda do êmbolo (cm)

P= penetração unitária ocasionada por um impacto (cm)

Para a determinação da densidade do solo (Ds) e da porosidade do solo, foram retiradas 16 amostras indeformadas por parcela com trado de Uhland (Anexos, Figuras 6B e 6D), com anel volumétrico de 100 cm^3 . As avaliações foram realizadas nas camadas de 0,0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3 e 0,3-0,4 m de profundidade do solo, em duas posições, rodado e entrelinha do cafeeiro.

Após a coleta das amostras os anéis volumétricos foram identificados, vedados com tecido poroso e fixados com borracha e tampa de plástico, colocados em caixas de isopor e levados ao laboratório para as análises. A densidade foi determinada após as avaliações da porosidade nas mesmas amostras indeformadas retiradas no experimento. Assim, com essas amostras, após serem saturadas e succionadas em mesa de tensão (Anexos, Figuras 7 e 8), determinou-se a macroporosidade, microporosidade e porosidade total. Posteriormente, elas foram colocadas na estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 105°C até a obtenção de massa constante (Anexos, Figura 9). Após à essa secagem, as amostras foram pesadas em balança de precisão de 0,01g para obtenção da massa seca do solo e calculou-se a densidade, sendo os valores expressos em g.cm^{-3} , descontando a massa do anel volumétrico, do tecido poroso e da borracha que o fixou.

A porosidade total foi obtida pelo cálculo da relação entre a densidade do solo seco em estufa e a densidade de partículas determinada pelo método do balão volumétrico (Donagema, 2011). A densidade de partículas consiste em determinar o volume de álcool

necessário para completar a capacidade de um balão volumétrico de 50 mL, contendo 20 g de solo. No cálculo da densidade de partículas tem-se que:

$$D_p = \frac{a}{50 - b}$$

D_p = densidade de partículas (g.cm^{-3})
 a = massa da amostra seca a 105°C (g)
 b = volume de álcool gasto (cm^{-3})

Após a determinação da densidade de partículas e a densidade do solo, calcula-se a porosidade total:

$$PT = \left(1 - \frac{D_s}{D_p}\right) 100$$

PT = porosidade total porcentagem ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)
 D_s = densidade do solo (g.cm^{-3})
 D_p = densidade de partículas (g.cm^{-3})

A microporosidade é definida pelo volume de água que é retirada nos microporos das amostras indeformadas que são submetidas à sucção de 6 kPa na mesa de tensão (Donagema, 2011). A determinação da massa de água dos microporos é obtida por meio da pesagem da massa da amostra, após o tempo de equilíbrio de 24h e é descontada da massa do solo seco. Com isso, tem-se a fórmula do cálculo da microporosidade:

$$M_i = \frac{(a - b)}{c}$$

M_i = microporosidade ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)
 a = massa do conjunto amostra-cilindro-tecido-borracha após equilíbrio a 6 kPa (g)
 b = massa do solo seco a 105°C (g)
 c =volume do anel volumétrico (cm^3)

A macroporosidade, por sua vez, é dada pela diferença da porosidade total e a microporosidade.

$$M_a = (PT - M_i)$$

M_a = macroporosidade ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)
 PT = porosidade total ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)
 M_i = microporosidade ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)

Os tratamentos foram submetidos à análise de variância e quando procedente as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância. Para análises estatísticas foi empregado o Software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas de cobertura mostraram-se eficientes como plantas descompactadoras do solo proporcionando redução da Ds, bem como a escarificação mecânica, sem cobertura do solo, realizada (Figura 1), comparados aos da Tabela 3.

Tabela 3. Médias para Densidade do Solo, Microporosidade, Macroporosidade e Porosidade Total em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com café, Rio Paranaíba-MG.

Densidade do Solo (g cm^{-3})						
Local	Plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo				Médias	CV (%)
	Braquiária	Crotalária	Nabo	Sem cobertura		
Entre Linhas	1,050	1,031	1,047	0,908	1,009 B	5,98
Rodado	1,104	1,117	1,106	0,953	1,069 A	
Médias	1,077 a	1,074 a	1,077 a	0,930 b	1,037	
Microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)						
Local	Plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo				Médias	CV (%)
	Braquiária	Crotalária	Nabo	Sem cobertura		
Entre Linhas	0,416	0,417	0,386	0,379	0,399 B	5,89
Rodado	0,419	0,430	0,420	0,397	0,416 A	
Médias	0,417 ab	0,423 a	0,403 bc	0,388 c	0,408	
Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)						
Local	Plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo				Médias	CV (%)
	Braquiária	Crotalária	Nabo	Sem cobertura		
Entre Linhas	0,142	0,149	0,173	0,238	0,175 A	26,31
Rodado	0,116	0,100	0,114	0,202	0,133 B	
Médias	0,129 b	0,124 b	0,143 b	0,220 a	0,154	
Porosidade total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)						
Local	Plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo				Médias	CV (%)
	Braquiária	Crotalária	Nabo	Sem cobertura		
Entre Linhas	0,558	0,566	0,559	0,618	0,575 A	4,62
Rodado	0,535	0,530	0,535	0,599	0,550 B	
Médias	0,547 b	0,548 b	0,547 b	0,608 a	0,563	

As médias seguidas por uma mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A escarificação proporcionou redução na densidade de solo e maiores valores de macroporosidade e de porosidade total, em relação ao emprego das plantas de cobertura. Para microporosidade, a crotalária juntamente com a braquiária apresentaram valores superiores, quando comparados ao da área escarificada, indicando a melhor preservação das propriedades do solo (Tabela 3).

Observou-se maior densidade e microporosidade na projeção do rodado dos tratores e redução da macroporosidade e porosidade total, quando comparados aos valores obtidos na entre linha do cafeeiro. Houve relação direta entre a D_s e a microporosidade do solo, em que, nas camadas com maiores valores de D_s , ocorreram também as maiores percentagens de microporos. Com relação às percentagens de macroporos, a relação com a D_s foi inversa.

Os valores de macroporos foram superiores a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (10 %) e D_s inferior a $1,55 \text{ g cm}^{-3}$, indicando não haver risco de limitações ao crescimento radicular do cafeeiro, fato semelhante ao observado por Secco et al. (2004), ao comparar os efeitos da escarificação em área manejada por oito anos no sistema de “plantio direto”, contra os efeitos em áreas de plantio sem e com compactação adicional proporcionada por rolo compactador de 2 Mg. Assim, realmente é constatado que onde o tráfego de equipamentos agrícolas é constante, a quantidade de microporos e a densidade aumentam, enquanto que ocorre o oposto com a porosidade total e com a quantidade de macroporos (Moraes et al., 2018 e Botta et. al. 2018). Rosa et al. (2012) também relatam que estas propriedades físicas do solo, na cultura de vinhedo, são influenciadas pelo estabelecimento de plantas coberturas e diferentes manejos, sendo que na área sob a projeção do rodado do trator a macroporosidade e a porosidade total foram reduzidas em função do tráfego constante do maquinário.

Analisando a D_s , verifica-se que houve interação entre as plantas de cobertura e da mobilização mecânica do solo com as profundidades do solo avaliadas, sendo que a área escarificada apresentou redução na D_s em todas as profundidades, quando comparada às áreas cultivadas com plantas de cobertura, exceto na camada entre 0,2 e 0,3 m, onde o nabo forrageiro não diferiu da área escarificada, enquanto que entre as plantas de cobertura não houve diferença na D_s (Tabela 4).

Apesar de os valores encontrados em todos os tratamentos estarem abaixo do considerado como crítico para o desenvolvimento das culturas ($1,55 \text{ g cm}^{-3}$), de acordo com Reinert et al. (2001), é de se esperar que os efeitos do desenvolvimento do sistema radicular “agressivo” dessas plantas de cobertura, por serem consideradas como plantas descompactadoras do solo, e ainda pelo volume de matéria seca produzida de forma

cumulativa ao longo de vários anos de cultivo, venham a apresentar resultados semelhantes de Ds, aos obtidos pela mobilização mecânica do solo.

A microporosidade na área escarificada foi menor do que o encontrado nas áreas com braquiária e crotalária. A área sob o nabo forrageiro não diferiu dos demais tratamentos. Entre as profundidades avaliadas também não foram observadas diferenças entre as plantas de cobertura utilizadas e a escarificação mecânica do solo.

Tabela 4. Desdobramento da interação plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo sem cobertura com as camadas de solo, para a Densidade do Solo, Microporosidade, Macroporosidade e Porosidade Total em solo Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com café, Rio Paranaíba-MG.

Densidade (g cm ⁻³)						
Camadas. (m)	Plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo				Médias	CV (%)
	Braquiária	Crotalária	Nabo	Sem cobertura		
0,0 a 0,1	1,060 Ab	0,992 Ab	1,071 Aa	0,832 Bb	0,989	5,74
0,1 a 0,2	1,090 Aa	1,107 Aa	1,086 Aa	0,932 Ba	1,054	
0,2 a 0,3	1,087 Aa	1,103 Aa	1,074 Aba	0,986 Ba	1,063	
0,3 a 0,4	1,070 Aa	1,096 Aa	1,074 Aa	0,972 Ba	1,053	
Médias	1,077	1,074	1,076	0,931	1,040	
Microporosidade (cm ³ cm ⁻³)						
Camadas. (m)	Plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo				Médias	CV (%)
	Braquiária	Crotalária	Nabo	Sem cobertura		
0,0 a 0,1	0,425	0,421	0,400	0,386	0,408 A	6,46
0,1 a 0,2	0,425	0,422	0,413	0,379	0,410 A	
0,2 a 0,3	0,421	0,421	0,390	0,390	0,405 A	
0,3 a 0,4	0,402	0,431	0,411	0,399	0,411 A	
Médias	0,418 ab	0,424 a	0,404 bc	0,389 c	0,409	
Macroporosidade (cm ³ cm ⁻³)						
Camadas. (m)	Plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo				Médias	CV (%)
	Braquiária	Crotalária	Nabo	Sem cobertura		
0,0 a 0,1	0,129	0,162	0,149	0,263	0,176 A	28,64
0,1 a 0,2	0,117	0,112	0,130	0,229	0,147 A	
0,2 a 0,3	0,122	0,115	0,158	0,195	0,148 A	
0,3 a 0,4	0,148	0,107	0,137	0,192	0,146 A	
Médias	0,129 b	0,124 b	0,143 b	0,220 a	0,154	
Porosidade total (m ³ m ⁻³)						
Camadas. (m)	Plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo				Médias	CV (%)
	Braquiária	Crotalária	Nabo	Sem cobertura		
0,0 a 0,1	0,554	0,582	0,549	0,650	0,584 A	4,46
0,1 a 0,2	0,541	0,534	0,543	0,608	0,557 B	
0,2 a 0,3	0,542	0,536	0,548	0,585	0,553 B	
0,3 a 0,4	0,550	0,539	0,548	0,591	0,557 B	
Médias	0,547 b	0,548 b	0,547 b	0,608 a	0,563	

As médias seguidas por uma mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

As plantas de cobertura não tiveram efeito sobre a macroporosidade e porosidade total apresentando valores inferiores aos encontrados na área escarificada. Entretanto, a camada de 0,0-0,1 metros apresentou os maiores valores para a porosidade total, em relação às demais camadas avaliadas em todos os tratamentos, mas a macroporosidade foi uniforme em todas as profundidades avaliadas, tanto nas áreas com plantas de cobertura, quanto na área escarificada mecanicamente. Tal como comentado anteriormente para a Ds, espera-se que com vários anos de cultivo com estas plantas de cobertura, não ocorra diferenças entre o seu emprego e as áreas escarificadas, conforme observaram Blanco-Canqui e Ruis (2018). Entretanto, para a obtenção de resultados mais rápidos devem ser utilizados métodos físicos, mais perturbáveis, conforme relatam Pott et al. (2020). Estes autores verificaram que o uso da mobilização mecânica aumentou a macroporosidade de solo no primeiro ano de implementação, em comparação com métodos de cultivo com plantas de cobertura.

Os fatores locais de amostragem e camada do solo avaliada não apresentaram interação significativa em nenhuma das variáveis (Tabela 5). A Ds foi maior na projeção do rodado do trator, sendo que a camada entre 0,1 a 0,3 m apresentou maior densidade que a camada superficial do solo, o que pode ser explicado pelo “pé de grade” gerado pelas 24 passadas do conjunto trator-grade durante a instalação do experimento, tal como observado por Lamandé e Schjønning (2011), onde verificaram que as tensões exercidas nas camadas superficiais dos solos pelo tráfego de maquinário são acumuladas nas camadas de 0,10-0,20 m, sendo refletidas em altas densidades nessas camadas.

A microporosidade e a macroporosidade não variaram entre as profundidades avaliadas no solo. Entretanto, a porosidade total na camada superficial foi superior à encontrada na camada entre 0,1 e 0,3 metros e não diferiu da camada entre 0,3 a 0,4 m. Na posição da projeção do rodado do trator ocorreu maior microporosidade e menores macroporosidade e porosidade total.

De acordo com Goutal et al. (2012); Bottinelli et al. (2014) e Miotti et al. (2013), as mudanças de porosidade total se dão nas camadas mais profundas dos solos, conservando valores mais altos nas camadas superficiais. Relatam ainda que maiores teores de argila nos solos tende a proporcionar maior porosidade total, principalmente nas primeiras camadas devido ao maior conteúdo de raízes que contribuem para uma boa estruturação desses solos.

Tal como para a Ds (Figura 1), atuando como plantas descompactadoras, as plantas de cobertura também mostraram-se eficientes na redução da RMSP, da mesma forma que a

escarificação mecânica do solo, considerando os valores encontrados nas Figuras 2 e 3, comparados aos da Tabela 6.

Tabela 5. Desdobramento da interação plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo com a profundidade do solo, para Densidade do Solo, Microporosidade, Macroporosidade e Porosidade Total em solo Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com café, Rio Paranaíba-MG

Densidade (g cm ⁻³)						
Local	Camada (m)				Médias	CV (%)
	0,0 a 0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3	0,3 a 0,4		
Entre Linha	0,949	1,014	1,039	1,035	1,009 B	8,18
Rodado	1,029	1,094	1,086	1,071	1,070 A	
Médias	0,989 b	1,054 a	1,062 a	1,053 ab	1,039	

Microporosidade (m ³ m ⁻³)						
Local	Camada (m)				Médias	CV (%)
	0,0 a 0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3	0,3 a 0,4		
Entre Linha	0,394	0,402	0,393	0,412	0,400 B	6,82
Rodado	0,422	0,418	0,417	0,410	0,417 A	
Médias	0,408 a	0,410 a	0,405 a	0,411 a	0,409	

Macroporosidade (m ³ m ⁻³)						
Local	Camada (m)				Médias	CV (%)
	0,0 a 0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3	0,3 a 0,4		
Entre Linha	0,207	0,172	0,170	0,153	0,175 A	36,10
Rodado	0,145	0,122	0,125	0,139	0,133 B	
Médias	0,176 a	0,147 a	0,147 a	0,146 a	0,154	

Porosidade total (m ³ m ⁻³)						
Local	Camada (m)				Médias	CV (%)
	0,0 a 0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3	0,3 a 0,4		
Entre Linha	0,601	0,573	0,563	0,564	0,575 A	6,35
Rodado	0,567	0,540	0,543	0,549	0,550 B	
Médias	0,584 a	0,557 b	0,553 b	0,557 ab	0,562	

As médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Não houve interação significativa entre o local de avaliação com as plantas de cobertura e com a mobilização mecânica do solo para a Resistência Mecânica do Solo à Penetração e Umidade do solo (Tabela 6).

Não obstante, a área escarificada apresentou menores valores ao analisar os efeitos simples para RMSP e maiores valores de umidade do solo, comparado com as áreas com as plantas de cobertura. Inicialmente pode-se afirmar que isso não indica que as áreas cultivadas com plantas de cobertura estejam com maior compactação que as áreas escarificadas, em função da RMSP apresentar relação inversa à umidade do solo, em que solos mais úmidos se tornam mais macios, apresentando menor RMSP.

Já para as posições, a RMSP encontrada na projeção do rodado do trator apresentou valores maiores que os obtidos na entre linha do cafeeiro, não havendo interferência da umidade do solo (Tabela 6), estando coerente com o encontrado na avaliação da Ds (Tabela 5). Vale ainda destacar que, para todos os tratamentos, os valores obtidos de RMSP e Ds são inferiores aos indicados como críticos para o desenvolvimento normal das culturas, conforme sugerem Sene et al. (1985) e Reinert et al. (2001), respectivamente. Resultados similares foram obtidos por Mazurana et al., (2011) mensurando efeitos ocasionados de cinco sistemas de preparo de solo sobre os atributos físicos do solo. Observaram resultados menores para RMSP nos preparos com maiores mobilizações de solo, como a subsolagem.

Tabela 6. Desdobramento da interação do local de avaliação com as plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo em cafeeiro, para Resistência Mecânica do Solo à Penetração e Umidade do solo em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com café, Rio Paranaíba-MG.

Resistência Mecânica do Solo à Penetração (MPa)						
Local	Plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo				Médias	CV (%)
	Braquiária	Crotalária	Nabo	Sem cobertura		
Entre Linha	1,848	1,759	1,812	1,093	1,628 B	
Rodado	2,280	2,078	2,172	1,093	1,906 A	35,18
Médias	2,064 a	1,919 a	1,992 a	1,093 b	1,767	

Umidade do solo (%)						
Local	Plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo				Médias	CV (%)
	Braquiária	Crotalária	Nabo	Sem cobertura		
Entre Linha	21,033	19,273	16,681	22,452	19,860 A	
Rodado	16,554	16,178	16,417	23,187	18,084 A	30,54
Médias	18,793 b	17,725 b	16,549 b	22,819 a	18,972	

As médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

A interação plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo com a profundidade do solo foi significativa para RMSP e umidade do solo (Tabela 7).

Da superfície do solo até a camada de 0,4 m, a área escarificada não diferiu na umidade, mas apresentou menor RMSP em comparação com as cultivadas com plantas de cobertura. Observa-se que a RMSP na área escarificada manteve-se constante em profundidade, enquanto que nas áreas cultivadas com plantas de cobertura apresentou a redução da RMSP com o aumento da profundidade do solo. Ressalta-se também que para a camada do solo entre 0,1 e 0,2 m, das áreas cultivadas, a RMSP alcançou valores superiores a 2,5 MPa, indicado como crítico para solos argilosos, conforme Sene et al. (1985). Assim, pode-se considerar que a RMSP mostra-se mais sensível que a Ds na avaliação de camadas de solo compactadas, conforme também observado por Ribon et al. (2003), visto que os valores encontrados para Ds são considerados inferiores aos indicados por Reinert et al. (2001).

Tabela 7. Desdobramento da interação plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo sem cobertura com a profundidade do solo, para Resistência Mecânica do Solo à Penetração e Umidade do solo em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com café, Rio Paranaíba-MG.

Resistência Mecânica do Solo à Penetração (MPa)						
Camada (m)	Plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo				Médias	CV (%)
	Braquiária	Crotalária	Nabo	Sem cobertura		
0,0 a 0,1	2,083 ABbc	1,773 Bbc	2,393 Ab	0,999 Ca	1,812	
0,1 a 0,2	2,956 Aa	2,984 Aa	3,167 Aa	1,027 Ba	2,533	
0,2 a 0,3	2,463 Aab	2,224 Ab	2,139 Abc	1,027 Ba	1,963	
0,3 a 0,4	2,055 Abc	1,773 Abc	1,703 Acd	1,084 Ba	1,654	21,26
0,4 a 0,5	1,548 Acd	1,478 Ac	1,481 Ade	1,224 Aa	1,433	
0,5 a 0,6	1,281 Ad	1,281 Ac	1,070 Ae	1,196 Aa	1,207	
Médias	2,064	1,919	1,992	1,093	1,767	

Umidade do Solo (%)						
Camada. (m)	Plantas de cobertura e mobilização mecânica do solo				Médias	CV (%)
	Braquiária	Crotalária	Nabo	Sem cobertura		
0,0 a 0,1	21,391 Aa	17,258 Aa	15,657 Aa	17,989 Ab	18,07	
0,1 a 0,2	12,938 Ab	15,229Aa	15,224 Aa	17,103 Ab	15,124	
0,2 a 0,3	22,512 Aa	17,304 Aa	17,687 Aa	17,420 Ab	18,731	
0,3 a 0,4	17,769 Aab	17,983 Aa	16,039 Aa	17,914 Ab	17,426	23,44
0,4 a 0,5	18,199 Bab	18,413 Ba	16,469 Ba	34,185 Aa	21,817	
0,5 a 0,6	19,949 Bab	20,163 Ba	18,219 Ba	32,304 Aa	22,659	
Médias	18,793	17,725	16,549	22,819	18,9713	

As médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A partir dos 0,4 m de profundidade não foram verificadas diferenças na RMSP entre os tratamentos, o que pode ser justificado pelo menor efeito dos órgãos ativos dos equipamentos agrícolas, mesmo quando utilizados nas maiores profundidades, como observado por Gamero et al. (1990). Normalmente a partir da profundidade de 0,4 m tais efeitos são diluídos e assim, o solo tende a preservar seus atributos físicos naturais, independentemente da forma de seu uso e manejo. De acordo com Couto et al. (2016), a uniformidade, ou não da resistência à penetração nas diferentes camadas do solo está diretamente relacionada ao caráter genético solo, com destaque à ordem a que pertença e também pela quantidade de argila que possuir.

Quanto à umidade do solo observa-se que devido à quebra de capilaridade pela escarificação, a área mobilizada apresentou maior macroporosidade (Tabela 4), resultando em maiores perdas de água por evapotranspiração nas camadas superiores e maior retenção em profundidade. Já entre as áreas cultivadas com plantas de cobertura, de modo geral, a umidade se manteve uniforme em profundidade. Oliveira et al. (2005) estudando flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta a cobertura vegetal verificaram as oscilações mais expressivas quando o terreno se encontra sem cobertura e que as variações na umidade e temperatura do solo tendem a diminuir com o aumento da profundidade de amostragem.

Para os fatores posição de amostragem e profundidade do solo, a interação não foi significativa ao avaliar a RMSP e a umidade do solo. Analisando os efeitos simples para RMSP os valores mais elevados foram encontrados na projeção do rodado do trator e na profundidade de 0,10 a 0,2 m (Tabela 8), o que ainda pode ser interpretado como efeito do “pé de grade”, tal como encontrado por Hosseini et al. (2016). Entretanto verifica-se que nesta camada, 0,1 a 0,2 m, ocorre baixa umidade no solo, tornando duvidosa a interpretação de possível compactação, lembrando que as camadas de solo com menores conteúdos de água apresentam maiores valores de RMSP. Desta forma, comparando-se com os valores obtidos na avaliação da D_s (Tabela 5), observa-se maior valor na mesma camada do solo, confirmando maior compactação. Entretanto, para a D_s o valor encontrado encontra-se abaixo no considerado crítico para o desenvolvimento das culturas, mas para a RMSP o valor está pouco acima do considerado crítico, conforme apontam Reinert et al. (2001) e Sene et al. (1985), respectivamente, mostrando novamente a maior sensibilidade da RMSP, quando comparada à D_s .

Cortez et al. (2014), ao avaliarem a variabilidade espacial da resistência mecânica à penetração em solo cultivado com a cultura da manga verificaram que na camada de 0,0 a 0,1 m ocorreram os menores valores para RMSMP devido à deposição da matéria orgânica originada pelas árvores. Couto et al. (2016) ressaltam que a matéria orgânica se correlaciona negativamente com a RMSMP e por isso camadas de solos com teores de matéria orgânica altos melhoram as condições físicas do solo.

Na camada entre 0,1 a 0,2 m houve menor umidade devido ao pé de grade, quando comparado às camadas mais profundas (0,4 a 0,6 m), o que está de acordo com o verificado por Vogel e Fey (2016) que também verificaram os valores baixos de umidade nas camadas de 0,1-0,3 devido ao revolvimento do solo com grades, no momento da implantação das lavouras, gerando camadas mais compactadas, conhecidas como “pé de grade”, as quais proporcionam maiores valores de RSMP.

Tabela 8. Desdobramento de interação local de avaliação e profundidade do solo para Resistência Mecânica do Solo à Penetração e Umidade de solo em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com café, Rio Paranaíba-MG.

Resistência Mecânica do Solo à Penetração (MPa)								CV (%)
Local	Profundidade (m)						Médias	
	0,0 a 0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3	0,3 a 0,4	0,4 a 0,5	0,5 a 0,6		
Entre Linha	1,513	2,238	1,823	1,583	1,444	1,168	1,628 B	34,12
Rodado	2,111	2,829	2,104	1,724	1,421	1,245	1,906 A	
Médias	1,812 bc	2,533 a	1,963 b	1,654 bcd	1,433 cd	1,207d	1,767	

Umidade de Solo (%)								CV (%)
Local	Profundidade (m)						Médias	
	0,0 a 0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 0,3	0,3 a 0,4	0,4 a 0,5	0,5 a 0,6		
Entre Linha	19,042	16,121	19,784	18,294	22,564	23,354	19,860 A	31,02
Rodado	17,106	14,126	17,678	16,559	21,070	21,964	18,080 A	
Médias	18,074 abc	15,124 c	18,731 abc	17,426 bc	21,817ab	22,659 a	18,971	

As médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

CONCLUSÃO

A escarificação sem cobertura do solo, proporciona maior redução na densidade de solo e maiores valores de macroporosidade e de porosidade total, em relação ao emprego das plantas de cobertura.

As plantas de cobertura utilizadas não possuem efeito sobre a macroporosidade e porosidade total, apresentando valores inferiores aos encontrados na área escarificada sem cobertura no solo.

Há maior densidade e microporosidade na projeção do rodado dos tratores e redução da macroporosidade e porosidade total, o que pode gerar maior armazenamento de água durante períodos de estiagem.

REVISÃO DE LITERATURA

ABIC (Asociacion Brasileira de Industria do Café). Disponível em: <https://www.abic.com.br/o-cafe/historia/o-cafe-brasileiro-na-Atualidade-2/> Acesso em: 09 setembro de 2020.

ASAE. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Soil cone penetrometer. In: ASAE Standards 1999: standards engineering practices data. 46th ed. St. Joseph, 1999. p.834-835 (ASAE S313.1).

BARBOSA, L. C., MAGALHÃES, P. S. G., BORDONAL, R. O., CHERUBIN, M. R., CASTIONI, G. A. F., TENELLI, S., ... & CARVALHO, J. L. N. Soil physical quality associated with tillage practices during sugarcane planting in south-central Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 195, p. 104383, 2019.

BLANCO-CANQUI, H. & RUIS, S. J. No-tillage and soil physical environment. **Geoderma**, v. 326, p. 164–200, 2018.

BOTTA, G. F., TOLÓN-BECERRA, A., BIENVENIDO, F., RIVERO, D., LAUREDA, D. A., EZQUERRA-CANALEJO, A., & CONTESSOTTO, E. E. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) harvest: Tractor and grain chaser traffic effects on soil compaction and crop yields Land. **Degradation & Development**, v. 29, n. 12, p. 4252-4261, 2018.

BOTTINELLI, N., HALLAIRE, V., GOUTAL, N., BONNAUD, P., & RANGER, J. Impact of heavy traffic on soil macroporosity of two silty forest soils: Initial effect and short-term recovery. **Geoderma**, v. 217, p. 10-17, 2014.

CECAFE (Conselho de Exportadores de Café do Brasil). Disponível em : <https://www.cecafe.com.br/sobre-o-cafe/producao/> Acesso em: 09 setembro de 2020.

CORTEZ, J. W., LOPES, H. L., COELHO, D. S., & ARCOVERDE, S. N. Variabilidade espacial da resistência mecânica à penetração avaliada com unidade móvel em vertissolo háptico cultivado com manga. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 2, p. 244-253, 2014.

COUTO, W. H. D., ANJOS, L. H. C. D., WADT, P. G. S., & PEREIRA, M. G. Atributos edáficos e resistência a penetração em áreas de sistemas agroflorestais no sudoeste amazônico. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 811-823, 2016.

DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos,. 230 p. 2011.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias?p_p_id=buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_javax.portlet.action=buscarNoticias&buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_delta=10. Acesso em: 12 abril de 2021.

FRANCZISKOWSKI, M. A., SEIDEL, E. P., FEY, E., ANSCHAU, K. A., & MOTTIN, M. C. Propriedades físicas do solo nos sistemas de plantio direto e preparo reduzido com diferentes plantas de cobertura 1. **Revista engenharia na agricultura**, v. 27, n. 6, p. 556-564, 2019.

GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H.; SILVEIRA, G. M. Avaliação da condição do solo após a operação de preparo. SILVEIRA, G. M. **IV Ciclo de estudos sobre mecanização agrícola**. Jundiaí: Fundação Cargill, p.12-21, 1990.

GOUTAL, N., BOIVIN, P., & RANGER, J. Assessment of the natural recovery rate of soil specific volume following forest soil compaction. **Soil Science Society of America Journal**, v. 76, n. 4, p. 1426-1435, 2012.

HOSSEINI, M., NAEINI, S. A. M., DEHGHANI, A. A., & KHALEDIAN, Y. Estimation of soil mechanical resistance parameter by using particle swarm optimization, genetic algorithm and multiple regression methods. **Soil and Tillage Research**, v. 157, p. 32-42, 2016.

KALHORO, S. A., XU, X., CHEN, W., HUA, R., RAZA, S., & DING, K. Effects of different land-use systems on soil aggregates: a case study of the loess plateau (Northern China). **Sustainability**, v. 9, n. 8, p. 1349, 2017.

LAMANDÉ, M.; SCHJØNNING, P. Transmission of vertical stress in areal soil profile. Part I: Site description, evaluation of the Söhne model, and the effect of topsoil tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 114, p. 57–70, 2011.

LEME, P. H. M. V., AGUIAR, B. H., & REZENDE, D. C. D. A convergência estratégica em Arranjos Produtivos Locais: uma análise sobre a cooperação entre atores em rede em duas regiões cafeeiras. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 1, p. 145-160, 2019.

MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MULLER, J.; CONTE, O. Sistemas de preparo de solo: alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa**, v. 35, n. 4, p.1197-1206, 2011.

MIOTTI, A. A., COSTA, M. C. G., FERREIRA, T. O., & ROMERO, R. E. Profundidade e atributos físicos do solo e seus impactos nas raízes de bananeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 536-545, 2013.

MORAES, M. T. D., LEVIEN, R., TREIN, C. R., BONETTI, J. D. A., & DEBIASI, H. Corn crop performance in an Ultisol compacted by tractor traffic. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 4, p. 464-477, 2018.

OLIVEIRA, M. L. D., RUIZ, H. A., COSTA, L. M. D., & SCHAEFER, C. E. Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 535-539, 2005.

ORTEGA, A. C., & JESUS, C. M. Território café do Cerrado: transformações na estrutura produtiva e seus impactos sobre o pessoal ocupado. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 3, p. 771-800, 2011.

OZPINAR, S., OZPINAR, A., & CAY, A. Soil management effect on soil properties in traditional and mechanized vineyards under a semiarid Mediterranean environment. **Soil and Tillage Research**, v. 178, p. 198-208, 2018.

POTT, L. P., AMADO, T. J., LEAL, O. A., & CIAMPITTI, I. A. Mitigation of soil compaction for boosting crop productivity at varying yield environments in southern Brazil. **European Journal of Soil Science**, v. 71, n. 6, p. 1157-1172, 2020.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. Propriedades físicas de solos em sistema de plantio direto irrigado. In: CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; ROSA, G. M.; CERETTA, C. A.(ed.). **Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: UFSM, 2001, 165p.

RIBON, A.A.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; PEREIRA, G. T. Densidade e resistência à penetração de solos cultivados com seringueira sob diferentes manejos. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v.25, n.1, p.13-17. 2003.

RODRIGUES, M. S.; SOUZA, C.; LIMA, D. D.; SILVA, S. D. P.; ALVES, D. C.; MACHADO, N. S. Impacto do cultivo do coqueiro irrigado na qualidade física do solo na região semiárida brasileira. **Ciencia del suelo**, v. 34, n. 1, p. 139-144, 2016.

ROSA, D. P. D., REICHERT, J. M., MENTGES, M. I., ROSA, V. T. D., VIEIRA, D. A., & REINERT, D. J. Demanda de tração e propriedades físicas de um Argissolo em diferentes manejos e intensidades de tráfego. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 118-126, 2012.

SCAPINELLI, A., DEINA, F. R., VALADÃO JUNIOR, D. D., VALADÃO, F. C. A., & PEREIRA, L. B. Sistema radicular e componentes produtivos do girassol em solo compactado. **Bragantia**, v.75, n. 4, p. 474-486, 2016.

SECCO D.; REINERT D. J.; REICHERT J. M. ; ROS C. O. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.5, p. 797-804. 2004

SENE, M.; VEPRASKAS, M.J.; NADERMAN, G.C. & DENTON, H.P. Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 49:422-427, 1985.

SILVA, M. P.; ARF, O.; SÁ, M. E.; ABRANTES, F. L.; BERTI, C. L. F.; SOUZA, L. C. D. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 1, p. 60-67, 2017.

SOUZA, W. J. O. D., ROZANE, D. E., SOUZA, H. A. D., NATALE, W., & SANTOS, P. A. F. D. Machine traffic and soil penetration resistance in guava tree orchards. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 4, p. 980-986, 2018.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.2, p.229-35, 1991.

VALADÃO, F. C. A., WEBER, O. L. S., VALADÃO JÚNIOR, D. D., SCAPINELLI, A., DEINA, F. R. E BIANCHINI, Phosphorus fertilization and soil compaction: Soybean and maize root system and soil physical properties. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 243-255, 2015.

VOGEL, G. F., & FEY, R. Resistência mecânica à penetração em diferentes sistemas de uso do solo. **JOURNAL OF NEOTROPICAL AGRICULTURE**, v. 3, n. 1, p. 21-26, 2016.

CAPÍTULO II: CULTURAS DE COBERTURA NA SUPRESSÃO DE PLANTAS DANINHAS NA CAFEICULTURA

RESUMO

A incidência de plantas daninhas na cafeicultura é um problema que vem crescendo pela resistência aos diferentes herbicidas sintéticos que requerem cada vez altas dosagens para seu controle. O uso de plantas de cobertura é uma alternativa que pode atenuar e controlar as plantas daninhas no sistema produtivo cafeeiro. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos de plantas de cobertura e da escarificação mecânica sem cobertura no solo, no controle de plantas espontâneas em área cultivada com café, por meio do estudo fitossociológico, sendo determinados a Precisão de Densidade (Pr.De), Precisão de Dominância (Pr.Do), Frequência (Fre), Frequência Relativa (FER), Densidade (De), Densidade Relativa (DER), dominância (Do), Dominância Relativa (DOR), Índice de Valor de Importância das plantas daninhas (IVI), Coeficiente de diversidade (D e H) e a Dissimilaridade das espécies (J). O trabalho foi desenvolvido na área experimental CafePlus, em Rio Paranaíba/MG. seguindo o delineamento em blocos ao acaso com três repetições. Os tratamentos foram T1 – braquiária (*Urochloa ruziziensis*); T2 - nabo forrageiro (*Raphanus sativus*); T3 -crotalária (*Crotalaria juncea*) e T4 – escarificação mecânica, sem cobertura do solo e também o local de avaliação: na entrelinha do cafeeiro e na projeção do rodado do trator. *Bidens pilosa* foi a planta daninha que apresentou maior IVI para as plantas de coberturas. A área escarificada e sem cobertura proporcionou maior número de indivíduos e de matéria seca de plantas infestantes. A crotalária reduziu o número de espécies de plantas daninhas e proporcionou os menores valores fitossociológicos de *Bidens pilosa*.

Palavras-chave: análise fitossociológica, cobertura do solo, controle de plantas daninhas, supressão.

ABSTRACT

The incidence of weeds in coffee growing is a problem that has been growing due to the resistance to different synthetic herbicides that require increasingly high doses for their control. The use of cover crops is an alternative that can mitigate and control weeds in the coffee production system. Thus, the objective was to evaluate the effects of cover crops and mechanical scarification, in the control of weeds in an area cultivated with coffee, through the phytosociological study, being determined the Density Accuracy (Pr.De), Dominance Accuracy (Pr.Do), Frequency (Fre), Relative Frequency (FER), Density (De), Relative Density (DER), dominance (Do), Relative Dominance (DOR), Weed Importance Value Index (IVI), Diversity Coefficient (D and H) and Species Dissimilarity (J). The work was developed in the experimental area CafePlus, in Rio Paranaíba/MG. following the design in blocks at sunset with three repetitions. The treatments were T1 – brachiaria (*Urochloa ruziziensis*); T2 - forage turnip (*Raphanus sativus*); T3 - crotalaria (*Crotalaria juncea*) and T4 - mechanical scarification, without ground cover and also the evaluation site: between the rows of the coffee tree and in the projection of the tractor wheel. *Bidens pilosa* was the weed that presented the highest IVI for cover crops. The scarified area without cover provided a greater number of individuals and dry matter of weeds. Sunn hemp reduced the number of weed species and provided the lowest phytosociological values of *Bidens pilosa*.

Keywords: Phytosociological analysis. Soil cover. Weed control. Suppression.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café no mundo (Ferreira Júnior et al. 2016), sendo uma cultura de grande relevância para a economia brasileira (Trabaquini et al. 2010), com um parque cafeeiro atingindo uma área de 2.16 milhões de hectare em 2019 (CONAB, 2020).

Minas Gerais, com 60% do total produzido no país para a safra 2020, de acordo com a COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2020, se destaca como sendo o estado com maior extensão cultivada (1,24 milhão de hectares) e maior produção (32,8 milhões de sacas).

Ocupando 70% da superfície do solo, com boas condições de drenagem, o Cerrado mineiro é uma das regiões brasileiras com maior área plantada de café, pelas condições do seu relevo plano e suave-ondulado permitindo estabelecer a cafeicultura mecanizada em grandes áreas (Silva et al. 2003; Teixeira et al. 2012).

Assim, visando à redução de até 50% dos custos de produção, em função da intensificação da mecanização das lavouras, adotam-se maiores espaçamentos entre as linhas de plantio em grande parte dessas áreas (Ronchi et al. 2007), o que acarreta em maior incidência de plantas daninhas (Borges et al. 2019).

Por sua vez, essas plantas daninhas, pela competição por nutrientes, água, luz e espaço com o cafeeiro (Fialho et al. 2012) podem acarretar em sérios problemas, afetando a produtividade e desenvolvimento da cultura (Jabran, 2016).

Em altas incidências de plantas daninhas, o crescimento do cafeeiro pode ser reduzido em até em 41 % (Carvalho et al. 2013) e algumas operações como pulverizações fitossanitárias e a colheita também são afetadas (Silva e Ronchi, 2008)

Para reduzir, ou controlar as populações de plantas daninhas no cafeeiro, podem ser empregados o controle químico, mecânico, manual, ou o cultivo de plantas de cobertura (Abouziena e Haggag, 2016).

Dentre os benefícios que geram as plantas de cobertura, além do controle de plantas daninhas, destacam-se a ciclagens de nutrientes e a proteção do solo contra a erosão (Pereira et al. 2017).

A escolha, bem como o manejo da espécie de planta de cobertura que se deseja implantar, determina a eficiência no controle das plantas daninhas (Osipitan et al. 2019), devido ao mecanismo de supressão, com efeito alelopático (Borges et al. 2014), Isso foi

observado por Silva et al. (2020), que verificaram em consórcio de milho com plantas de cobertura (feijão guandu, crotalária e feijão de porco) o favorecimento da seleção de plantas espontâneas com folhas largas, em vez de espécies de folhas estreitas, diminuindo sua frequência e densidade demonstrando o seu efeito supressor. Também Weber et al. (2017), verificaram que a associação de centeio e aveia em diferentes sistemas de preparo de solo, na cultura da soja orgânica, reduziu em até 79 % a densidade de plantas daninhas.

Com base no exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos do plantio direto de plantas de cobertura (nabo forrageiro, crotalária e braquiária) e da escarificação mecânica sem cobertura do solo, no controle de plantas daninhas em área cultivada com café, por meio do estudo fitossociológico, sendo determinados: Precisão de Densidade (Pr.De), Precisão de Dominância (Pr.Do), Frequência (Fre), Frequência Relativa (FER), Densidade (De), Densidade Relativa (DER), Dominância (Do), Dominância Relativa (DOR), Índice de Valor de Importância das plantas daninhas (IVI), Coeficiente de diversidade (D e H) e a Dissimilaridade das espécies (J).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em um Latossolo Vermelho-Amarelo, distrófico, textura argilosa, na área experimental utilizada para ensaios de cultivares comerciais de café arábica, da Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Rio Paranaíba, localizada na posição geográfica 19° 12' 43" S e 46° 07' 56" W, em altitude média de 1128 m, durante o período compreendido entre agosto de 2019 a março de 2020 (Anexos, Figura 1).

O local se caracteriza por apresentar clima temperado úmido, com duas estações muito bem definidas, com verão moderadamente quente e chuvoso e com inverno seco e frio, sendo classificado pela escala de Köppen como Cwb. A temperatura média é de 20,4 °C e a pluviosidade média anual de 1570 mm.

No ano 2014 a cultura do café foi instalada no espaçamento de 3,8 x 0,5m, contendo 14 genótipos comerciais, seguindo delineamento em blocos ao acaso com três repetições. Cada genótipo é representado por 10 plantas por parcela (Anexos, Figura 3).

No dia 14 de novembro de 2019 foi realizado o controle das plantas daninhas da área, sendo aplicado Roundup Original DI (6 L p.c./ha) na entrelinha da cultura (Anexos,

Figura 4), e 21 dias após a aplicação, no dia 5 de dezembro de 2019, foram instalados como tratamentos as plantas de cobertura: braquiária (*Urochloa ruziziensis*), o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), a crotalária (*Crotalaria juncea*), e a escarificação mecânica sem cobertura do solo.

Para a semeadura das plantas de cobertura utilizou-se uma semeadora /adubadora Jumil modelo MG05 PLVO4L, ano 2013, sendo abertos sulcos espaçados de 0,50 m, com quatro linhas por passada da máquina (Anexos, Figura 5A) e a escarificação mecânica do tratamento sem cobertura vegetal do solo (Anexos, Figura 5B). Para a mobilização mecânica utilizou-se o escarificador (BALDAN CEH de 5 Hastes, massa 253 kg) regulado para atuar até a profundidade de 0,30 m.

A semeadura das plantas de cobertura foi realizada de forma manual, nos sulcos abertos, sendo utilizados em cada metro linear, na linha de plantio: nabo forrageiro (0,3 gr), crotalária (0,75 gr) e braquiária (0,15gr). A adubação foi a mesma para todos os tratamentos, sendo realizada de forma mecanizada por sulcos abertos cinco cm abaixo e ao lado dos sulcos das sementes, na dosagem de 220 kg/ha, com a fórmula 8-28-16.

As avaliações das plantas de cobertura foram iniciadas durante a fase de florescimento, respeitando o seu ciclo fenológico de cada espécie, momento em que apresentavam maior desenvolvimento vegetativo (Anexos, Figuras 10, 11 e 12).

As avaliações da população de plantas daninhas foram realizadas na entrelinha do cafeeiro e na projeção do rodado do trator (Braun-Blanquet, 1979), utilizando um quadro metálico de 0,50 x 0,50 m (0,25 m²), lançado ao acaso por duas vezes em cada parcela contendo as plantas de cobertura e também na área escarificada (Anexos, Figuras 13 e 14). As plantas existentes em cada ponto amostral foram identificadas, separadas por espécie, contadas e cortadas rente à superfície do solo por espécies, sendo posteriormente determinada a sua massa, após secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C, por 72 horas.

Para proporcionar uma visão abrangente da composição e distribuição de espécies de plantas, utilizou-se o estudo fitossociológico proposto por Concenço et al., (2014), sendo determinadas:

P recisão de amostragem com base na densidade (Pr.De): Baseado na densidade, dado que corresponde ao número de indivíduos de cada área amostrada por m².

$$\text{Pr.De} = \frac{1}{S^2 (\text{De})}$$

Em que:

Pr.De = precisão de amostragem com base na densidade;

$S^2 (De)$ = variância das médias da densidade da amostra.

Precisão de dominância (Pr.Do): Baseado na matéria seca de cada área amostrada, dado em g/m^2 .

$$Pr.Do = \frac{1}{S^2 (Do)}$$

Em que:

Pr.Do = precisão de amostragem baseada na dominância;

$S^2 (Do)$ = variância das médias de dominância da amostra.

Densidade (De): refere-se ao número de espécie por unidade de área, expressa em plantas por m^2 .

$$De = \frac{\text{nº total de indivíduos por espécie}}{\text{área total coletada}}$$

Densidade relativa (DER): determinada dividindo-se o número de indivíduos de uma espécie encontrada nas amostragens pelo número total de indivíduos das espécies amostradas dentro da comunidade estudada.

$$DER = \frac{\text{densidade da espécie} \times 100}{\text{densidade total de todas as espécies}}$$

Dominância (Do): determinada mediante a divisão da biomassa de cada espécie encontrada entre a área total coletada coberta por a espécie, em g/m^2 .

$$Do = \frac{\text{Biomassa da espécie}}{\text{Área total coletada}}$$

Dominância relativa (DOR): Refere-se à divisão da biomassa acumulada por uma determinada espécie pela biomassa seca total acumulada por toda a comunidade de plantas daninhas

$$DOR = \frac{\text{massa seca de indivíduos de uma especie} \times 100}{\text{massa total de matéria seca na área amostrada}}$$

Frequência (Fre): é expressa em termos de percentagem de amostras em que os indivíduos de uma espécie foram detectados em relação ao número total de amostras efetuadas.

$$\text{Fre} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de parcelas que contém espécie}}{\text{n}^\circ \text{ total de parcelas}}$$

Frequência relativa (FER): será determinada dividindo-se a frequência de uma espécie pela frequência de todas as espécies encontradas nas amostragens.

$$\text{FER} = \frac{\text{frequência da espécie} \times 100}{\text{frequência total de todas as espécies}}$$

Índice do valor de importância (IVI): é calculado pela somatória da densidade relativa mais a frequência relativa mais a dominância relativa de cada população. Podendo-se indicar a espécie de maior importância dentro das áreas estudadas.

$$\text{IVI} = \text{DER} + \text{FER} + \text{DOR}$$

Realizou-se também a estatística descritiva das principais plantas daninhas de acordo com seus respectivos índices do valor de importância (IVI) de onde estavam contidas as plantas de cobertura e do tratamento com operação mecanizada, realizada com o escarificador mecânico.

Para o índice de diversidade de uma comunidade são mais usados, ou recomendados os índices de Shannon-Wiener (H), e Simpson (D), pois incorporam tanto a riqueza quanto a equitabilidade, conforme indicado por Barbour et al. (1987), que sugerem o emprego de ambos valores para a obtenção de melhores dados, com inferência de uma determinada comunidade de plantas existentes. Esses índices determinam a população de plantas daninhas encontrada em uma área, ou região.

Assim, quando o índice de Simpson (D) aumenta a diversidade diminui, enquanto que o índice de Shannon-Weiner (H) é mais sensível às espécies pouco representadas, este índice, torna-se elevado se tiver um grande número de espécies pouco representadas.

Sendo:

$$D = 1 - \sum (p_i)^2$$

e

$$H' = -\sum(p_i) (\log_2 p_i)$$

Em que:

p_i : Proporção de todos os indivíduos das amostras que pertencem a espécie i .

O índice de similaridade (J), obtida pela equação de Jaccard (1901), também chamado de coeficiente de similaridade, pode ser entendido como uma medida que busca apresentar de maneira objetiva o nível de semelhança entre duas ou mais comunidades. Em contraposição também existe o índice de dissimilaridade (D_i), que traduz a distância (não semelhança) entre duas situações:

$$J = \frac{c}{a+b-c}$$

$$D_i = 1 - J$$

Sendo:

J = Coeficiente de similaridade de Jaccard;

a = número de espécies de plantas na situação "a";

b =número de espécies de plantas na situação "b";

c = número de espécies de plantas comuns nas situações "a" e "b".

D_i = Dissimilaridade

Considerando-se a existência de quatro tratamentos (três plantas de cobertura e o sistema de escarificação mecânica) e de duas posições avaliadas (entrelinha da cultura do café e projeção do rodado do trator), foram realizadas combinações, duas a duas, para cada definição da situação "a" e situação "b". Com base nessas distâncias, determinadas mediante o índice de Jaccard, foi gerado um dendograma, pelo método UPGMA - Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA, 2008).

Para obtenção dos dados foi empregado o software estatístico computacional livre (R CORE-TEAM, 2016), por meio dos pacotes Hmisc, plyr, Cairo e ExpDes. Para o coeficiente de diversidade utilizou-se o pacote vegdist e para similaridade vegan.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Foram identificadas 12 espécies de plantas daninhas distribuídas em 8 famílias nas áreas cultivadas com as plantas de cobertura e com a escarificação mecânica do solo, sendo Astaraceae a família mais representativa com 5 espécies e as restantes famílias compostas por 1 espécie, totalizando 92 indivíduos/m² (Tabela 1).

Tabela 1. Relação taxonômica das plantas daninhas e número de indivíduos encontrados na área de estudo identificadas por família, nome científico e nome comum nas áreas cultivadas com as plantas de cobertura e com a escarificação mecânica do solo, na cultura do café.

Família	Nome científico	Nome comum	Indivíduos/m ²
Amaranthaceae	<i>Amaranthus deflexus</i>	Caruru	0,3
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce hirta</i>	Erva-de-santa-luzia	0,3
Brassicaceae	<i>Commelina benghalensis</i>	Trapoeraba	13
Poaceae	<i>Digitaria horizontalis</i>	Capim colchão	2,7
	<i>Emilia fosbergii</i>	Serralhinha	0,4
	<i>Galinsoga parviflora</i>	Picão branco	1,4
Asteraceae	<i>Melampodium perfoliatum</i>	Estrelinha	15,3
	<i>Bidens pilosa</i>	Picão preto	54,4
	<i>Conyza bonariensis</i>	Buva	0,3
Solanaceae	<i>Nicandra physalodes</i>	Joá de capote	0,7
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i>	Poaia branca	1,8
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	Guaxuma	0,7
		Total	92

Os resultados de precisão de amostragem de densidade e de precisão de amostragem de dominância (Figura 1) entre as plantas de cobertura e a escarificação mecânica do solo, avaliados na entrelinha e na projeção do rodado do trator, em área cultivada com a cultura do café estão acima do indicado por Concenço et al. (2015), que considera como valor mínimo aceitável 1,00 %. Concenço et al., (2014), em um estudo com o objetivo de avaliar o potencial de oleaginosas plantadas após soja, em termos de sua capacidade de inibir a ocorrência de espécies daninhas em sistemas de cultivo de Cerrado Brasileiro, verificaram que apenas a canola apresentou valor de 0,80 em precisão de dominância na avaliação de inverno considerada como não confiável.

Assim, no presente trabalho, encontrou-se o valor de 1,63 % para precisão de amostragem de densidade, como sendo o mais baixo, sendo observado na projeção do rodado do trator para a área com braquiária (BR) e mais altos para a área que sofreu a escarificação mecânica sem cobertura, na posição da entrelinha do cafeeiro (EE), com 10,3 %. Para

precisão de amostragem de dominância, o menor valor encontrado foi na área sob nabo forrageiro, avaliada na projeção do rodado do trator (NR), com 1,91 %, enquanto que a área escarificada sem cobertura, na posição da entrelinha do cafeeiro (EE) apresentou o maior valor, com 15,19 % (Figura 1).

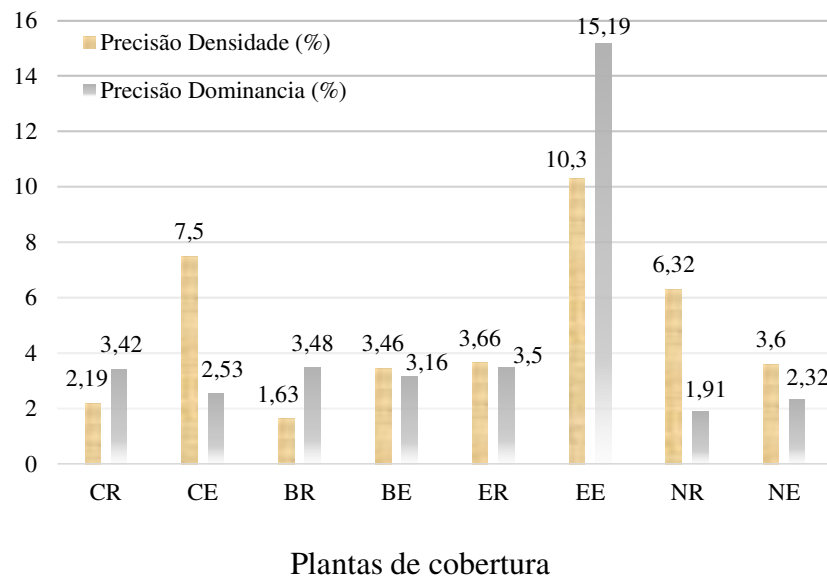


Figura 1. Precisão da amostragem para densidade e dominância em relação às plantas de cobertura e escarificação mecânica do solo, em duas posições de coleta; Pr.De: precisão de densidade e Pr.Do: Precisão de dominância, NE: Nabo entrelinha; NR: Nabo rodado; EE: Sem cobertura entrelinha; ER: Sem cobertura Rodado; BE: Braquiária entrelinha; BR: Braquiária Rodado; CE: Crotalária entrelinha; CR: Crotalária Rodado.

Bidens pilosa teve destaque como a planta daninha com os elevados valores em todas as áreas avaliadas e nas duas posições, para todos os parâmetros fitossociológicos: De, Fre, Do, indicado pelo o seu IVI. A crotalária proporcionou valores mais baixos de IVI de *Bidens pilosa* e destacou-se por apresentar menos espécies infestantes, quando comparada às demais áreas (Tabela 2).

Algumas características fazem com que a *Bidens pilosa* tenha a vantagens sobre outras espécies de plantas daninhas, como a germinação entre 2 a 5 dias, conseguindo o primeiro par de folhas cotiledonares a partir dos primeiros 5 dias de germinação, enquanto que a maioria das plantas demoram mais de 10 dias para geminar (Duarte et al. 2014). De acordo com Ronchi et al. (2003), a espécie *Bidens pilosa*, ainda que em baixas densidades, pode absorver maiores conteúdos relativos de nutrientes nas lavouras de café, comparadas

com outras plantas daninhas tornando-a muito competitiva. De acordo com Rabêlo et al. (2016), para algumas plantas de cobertura, como o nabo forrageiro, a *Bidens pilosa* é uma planta alelopática, reduzindo o seu crescimento e afetando a sua morfologia,

Trabalhando com potencial alelopático de plantas de cobertura para o controle de *Bidens pilosa*, Teixeira et al. (2004) observaram que a *Crotalaria juncea* reduziu sua porcentagem e velocidade de crescimento, quando comparado com as outras plantas de cobertura. Também trabalhando com a crotalária como planta de cobertura em diferentes sistemas de preparo do solo na cultura do mamoeiro, Santana et al. (2005) verificaram a diminuição do banco de sementes de plantas infestantes, ocasionando na significativa redução do número de espécies, na entrelinha do mamoeiro.

Ao analisar os coeficientes de diversidade entre as plantas de cobertura, verifica-se que para D os valores oscilaram de 0,73 para CR, indicando neste caso, a menor diversidade de espécies de plantas daninhas, até o valor de 0,46 para BR, com maior diversidade de plantas daninhas; enquanto que para o coeficiente H os valores variaram de 1,4 na CR, caracterizando grande número de espécies pouco representadas, até 1,04 para BR, com um pequeno número de espécies pouco representadas. Entretanto ao compararmos os tratamentos com as plantas de cobertura e o de escarificação mecânica do solo, verifica-se que em EE houve a maior diversidade de plantas daninhas, com coeficiente D igual a 0,45 e coeficiente H igual a 0,86, indicando menor número de espécies pouco representadas, entre todos os locais avaliados (Figura 2).

Tabela 2. Valores de Densidade (Den), Frequência (Fre), Dominância (Do), Índice de Valor de Importância (IVI), de plantas daninhas em diferentes plantas de cobertura Braquiária, Crotalária, Nabo forrageiro e Área Sem cobertura, com duas posições: entre linha e rodado do cafeeiro.

Espécies	Crotalária Entre Linha				Crotalária Rodado			
	Den	Fre	Do	IVI	Den	Fre	Do	IVI
<i>Amaranthus deflexus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bidens pilosa</i>	36,47	33,33	31,04	33,61	26,72	31,03	32,5	30,08
<i>Chamaesyce hirta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Commelina benghalensis</i>	4,71	12,5	3,31	6,84	16,38	13,79	6,52	12,23
<i>Conyza bonariensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Digitaria horizontalis</i>	4,71	8,33	8,94	7,33	34,48	24,14	28,89	29,17
<i>Emilia fosbergii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Galinsoga parviflora</i>	4,71	8,33	6,83	6,62	0	0	0	0
<i>Melampodium perfoliatum</i>	49,41	37,5	49,89	45,6	20,69	24,14	30,04	24,96
<i>Nicandra physalodes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Richardia brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sida rhombifolia</i>	0	0	0	0	1,72	6,9	2,04	3,55
Espécies	Braquiária Entre Linha				Braquiária Rodado			
	Den	Fre	Do	IVI	Den	Fre	Do	IVI

<i>Amaranthus deflexus</i>	0	0	0	0	0,78	3,57	7,35	3,9
<i>Bidens pilosa</i>	57,01	32,43	38,41	42,62	63,57	35,71	37,49	45,59
<i>Chamaesyce hirta</i>	0,93	2,7	1,41	1,68	0	0	0	0
<i>Commelina benghalensis</i>	18,69	29,73	29,23	25,88	18,6	25	23,9	22,5
<i>Conyza bonariensis</i>	0,93	2,7	2,96	2,2	0	0	0	0
<i>Digitaria horizontalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Emilia fosbergii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Galinsoga parviflora</i>	5,61	8,11	4,21	5,98	1,55	3,57	3,05	2,72
<i>Melampodium perfoliatum</i>	14,02	18,92	16,18	16,37	13,95	21,43	17,32	17,57
<i>Nicandra physalodes</i>	2,8	5,41	7,61	5,27	1,55	7,14	4,27	4,32
<i>Richardia brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sida rhombifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Espécies	Nabo Forrageiro Entre Linha				Nabo Forrageiro Rodado			
	Den	Fre	Do	IVI	Den	Fre	Do	IVI
<i>Amaranthus deflexus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bidens pilosa</i>	63,11	36,67	35,47	45,08	58,82	34,38	43,11	45,44
<i>Chamaesyce hirta</i>	0,97	3,33	0,99	1,76	0,84	3,12	5,51	3,16
<i>Commelina benghalensis</i>	19,42	30	28,88	26,1	16,81	25	28,39	23,4
<i>Conyza bonariensis</i>	0,97	3,33	1,1	1,8	0,84	3,12	1,3	1,75
<i>Digitaria horizontalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Emilia fosbergii</i>	0	0	0	0	0,84	3,12	1,3	1,75
<i>Galinsoga parviflora</i>	0	0	0	0	2,52	6,25	5,34	4,7
<i>Melampodium perfoliatum</i>	12,62	20	17,87	16,83	7,56	18,75	11,46	12,59
<i>Nicandra physalodes</i>	1,94	3,33	2,72	2,66	0	0	0	0
<i>Richardia brasiliensis</i>	0	0	0	0	11,76	6,25	3,59	7,2
<i>Sida rhombifolia</i>	0,97	3,33	12,97	5,76	0	0	0	0
Espécies	Sem cobertura Entre linha				Sem cobertura Rodado			
	Den	Fre	Do	IVI	Den	Fre	Do	IVI
<i>Amaranthus deflexus</i>	0	0	0	0	1,55	6,25	9,89	5,9
<i>Bidens pilosa</i>	71,79	36,36	37,25	48,47	60,62	28,12	22,98	37,24
<i>Chamaesyce hirta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Commelina benghalensis</i>	9,89	27,27	26,89	21,35	16,06	25	23,65	21,57
<i>Conyza bonariensis</i>	0,37	3,03	3,26	2,22	0	0	0	0
<i>Digitaria horizontalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Emilia fosbergii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Galinsoga parviflora</i>	0,37	3,03	2,38	1,93	4,15	9,38	17,42	10,32
<i>Melampodium perfoliatum</i>	16,12	24,24	25,71	22,02	16,58	25	21,82	21,13
<i>Nicandra physalodes</i>	0	0	0	0	0,52	3,12	1,58	1,74
<i>Richardia brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sida rhombifolia</i>	1,47	6,06	4,51	4,01	0,52	3,12	2,65	2,1

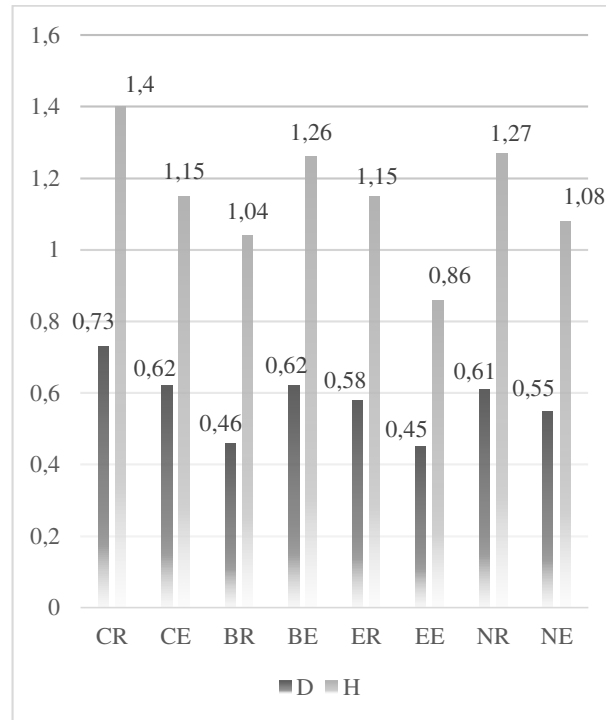


Figura 2. Coeficientes de diversidade de Simpson (D) e de Shannon-Wiener (H'), em função das plantas de cobertura e local da avaliação: NE: Nabo entrelinha; NR: Nabo rodado; EE: Sem cobertura entrelinha; ER: Sem cobertura Rodado; BE: Braquiária entrelinha; BR: Braquiária Rodado; CE: Crotalária entrelinha; CR: Crotalária Rodado.

Coeficientes de diversidades mais altos normalmente são relacionados às áreas que tem maior amplitude de espécies de plantas infestantes (Vargas et al. 2017). Em algumas situações se erra o termo de diversidade, com riqueza de espécies (Barbour et al. 1987). Sendo assim EE que obteve os menores valores para diversidade. Entretanto foi a cobertura que apresentou maior número de indivíduos de uma mesma espécie, com maior dominância e menor diversidade de plantas infestantes.

A área EE apresentou maior quantidade de matéria seca e de número de indivíduos, seguido por SR com 16 m² (Figura 3). Percebe-se também que, com exceção para o nabo forrageiro, houve maior acúmulo de matéria seca de plantas daninhas na entrelinha do cafeeiro, enquanto que o maior número de indivíduos ocorreu na projeção do rodado do trator, exceto na área escarificada mecanicamente.

Os valores para de MS na braquiária foram reduzidos em 78.06 % em relação a área sem cobertura escarificada sendo mais eficiente na diminuição do desenvolvimento das plantas daninhas emergentes nas áreas tanto para rodado e entre linha.

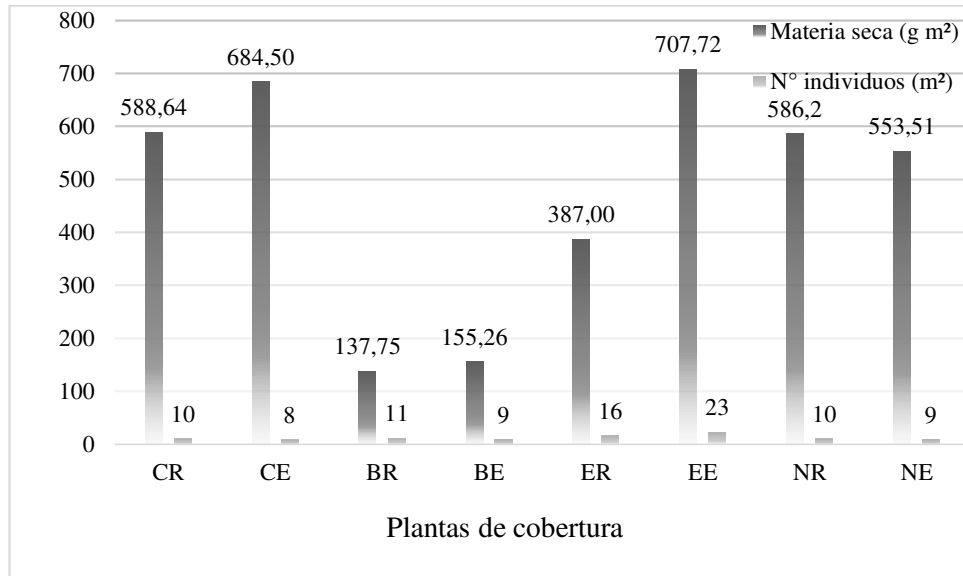


Figura 3. Número de indivíduos e produção de matéria seca de plantas daninhas em áreas cultivadas com plantas de cobertura e com a escarificação mecânica do solo em duas posições de amostragem. NE: Nabo entrelinha; NR: Nabo rodado; EE: Escarificador entrelinha; ER: Escarificador Rodado; BE: Braquiária entrelinha; BR: Braquiária Rodado; CE: Crotalária entrelinha; CR: Crotalária Rodado.

O emprego da mobilização mecânica do solo faz com que a população das plantas infestantes tenda a variar em quantidade e espécies de plantas que não são predominantes em outros tipos de manejo de solo, fato também observado por Dorado e López-Fando (2006). O maior número de indivíduos na EE pode ser devido ao preparo profundo do solo, trazendo para próximo à superfície do solo sementes de plantas daninhas fotoblásticas positivas em dormência, com alto vigor para germinar e emergir (Mohler, 1993). Nas áreas que não existe preparo de solo intenso o banco de sementes de plantas daninhas que estão na superfície tendem a diminuir devido à alta mortalidade perto da superfície do solo (Warnes e Andersen, 1984). Sementes de plantas daninhas encontradas até a profundidade de 0,38 m podem se tornar viáveis por até 5 anos (Egley e Chandler, 1983).

O dendograma de agrupamento por similaridade das áreas demonstra a heterogeneidade das áreas (Figura 4). No total foram formados três *clusters*, sendo o grupo maior composto por BE, NE, EE e NR, indicando que foram os que tiveram similitudes nas plantas daninhas identificadas nas áreas. O *cluster* com menor quantidade de plantas daninhas e similitudes na sua composição infestante é formado por CE e CR, já que nessas áreas apresentaram os menores valores fitossociológicos das plantas daninhas.

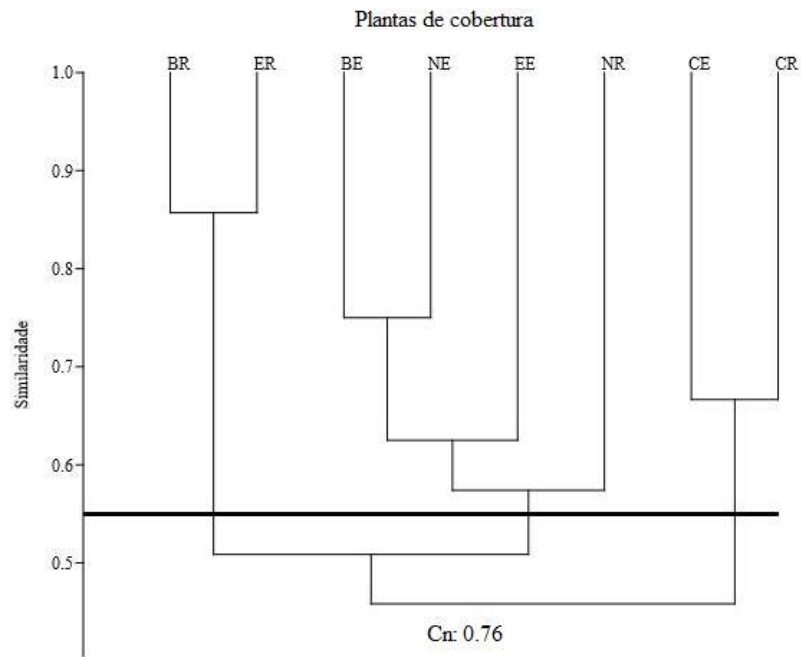


Figura 4. Agrupamento por similaridade em base ao coeficiente de Jaccard. Agrupamento estruturado pelo método UPGMA das plantas daninhas encontradas nas áreas cultivadas com plantas de cobertura e escarificação mecânica do solo, em duas posições de amostragem. NE: Nabo entrelinha; NR: Nabo rodado; EE: Sem cobertura entrelinha; ER: Sem cobertura Rodado; BE: Braquiária entrelinha; BR: Braquiária Rodado; CE: Crotalária entrelinha; CR: Crotalária Rodado. Cn: Coeficiente de correlação cofenética.

Quando as áreas não são perturbadas pelo preparo do solo, a riqueza florística tende a ser mais homogênea (Tuesca et al. 2001) e, se somada a decomposição da planta de cobertura antecessora, pode ter efeitos na redução da diversidade de plantas daninhas (Guglieri-Caporal et al. 2011). O consórcio de plantas de cobertura diminui a população de plantas infestantes, sendo que quanto maior o tempo dessa implementação, maior será a diferenciação dos agrupamentos e suas distribuições (Moreira et al. 2013).

O agrupamento das áreas mediante os *clusters* obtiveram um valor do coeficiente cofenética de 0,76, estando próximos do considerado adequado de acordo com Sokal e Rohlf (1962), que sugerem os valores iguais ou acima de 0,85 como indicativo de que os *clusters* foram agrupados adequadamente, de acordo aos dados originais.

CONCLUSÃO

O uso de plantas de cobertura reduz a incidência de plantas daninhas.

A família Asteraceae apresenta a maior quantidade de espécies de plantas daninhas.

Bidens pilosa é a planta infestante, com maiores valores fitossociológicos nas áreas cultivadas com plantas de cobertura e também na sem cobertura.

Crotalária é a planta de cobertura que proporciona maior redução do número de espécies de plantas infestantes e os menores valores fitossociológicos.

Crotalária reduz o Índice de Valor de Importância (IVI) da planta *Bidens pilosa*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUZIENA, H. F., AND W. M. HAGGAG. Métodos alternativos de controle não químicos de plantas daninhas: Uma revisão. **Planta Daninha**, v. 34, n. 2, p. 377-392, 2016.

BARBOUR, M. G.; BURK, J. H.; PITTS, W. D. **Terrestrial plant ecology**. 2.ed. Menlo Park: Benjamin Cummings, 1987.

BORGES, W. L. B.; FREITAS, R. S.; MATEUS, G. P.; SÁ, M. E; ALVES, M. C.; Supressão de plantas daninhas Utilizando Plantas de cobertura do solo, **Planta daninha**, v.32, n.4, p. 755-763, 2014.

BORGES, L., MIRANDA, F., BORGES, A., SILVA, J., CAMPOS, A., & RONCHI, C.. Response of Arabica Coffee Cultivars to Competition from Beggarticks. **Planta Daninha**, v. 37, 2019.

BRAUN-BLANQUET, V. **Fitosociología, bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madrid: H. Blume, 1979. 820 p.

CARVALHO, L. B.; ALVES, P. L. C. A.; BIANCO, S. Sourgrass densities affecting the initial growth and macronutrient content of coffee plants. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 109-115, 2013.

CONAB. (Companha Nacional de Abastecimento), Safra Brasileira de café, login: (06 de agosto de 2020). Obtido da CONAB: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>.

Concenco, G., da Silva, C. J., Tomazi, M., Marques, R. F., dos Santos, S. A., dos Santos Alves, M. E., ... & Fabris, D. N. Winter Oilseed Crops after Soybeans as Tools for Weed Management in Brazilian Savannah Cropping Systems. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 2277-2288, 2014.

CONCENÇO, G., MARQUES, R. F., SANTOS, S. A., CORREIA, I. V. T., PALHARINI, W. G., ALVES, M. S., MELO, T. S., XAVIER, L. B., LINHARES, L. T. Integration crop-

livestock: is it efficient in suppressing troublesome weeds? A case study. *African Journal of Agricultural Research*, v. 10, n.16, p. 1882-1890, 2015.

DORADO, J., LÓPEZ-FANDO, C. The effect of tillage system and use of a paraplow on weed flora in a semiarid soil from central Spain. *Weed research*, v. 46, n. 5, p. 424-431, 2006.

DUARTE, E. F., RAMOS, Y. C., & AONA-PINHEIRO, L. Y. S. Aspectos morfofisiológicos que condicionam a habilidade competitiva em populações de picão-preto. *Revista de Biologia Neotropical/Journal of Neotropical Biology*, v. 11, n. 1, p. 11-21, 2014.

EGLEY, G. H.; CHANDLER, J. Mi. Longevity of weed seeds after 5.5 years in the Stoneville 50-year buried-seed study. *Weed Science*, v. 31, n. 2, p. 264-270, 1983

FERREIRA JÚNIOR, L. D. G., SILVA, F. M. D., FERREIRA, D. D., & SALES, R. S. Recomendação para colheita mecânica do café baseado no comportamento de vibração das hastas derriçadoras. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 46, n. 2, p. 273-278, fev. 2016.

FIALHO, C. M. T., SILVA, A. A., FARIA, A. T., TORRES, L. G., ROCHA, P. R. R., & SANTOS, J. B. Teor foliar de nutrientes em plantas daninhas e de café cultivadas em competição. *Planta daninha*, v. 30, n. 1, p. 65-73, 2012.

GUGLIERI-CAPORAL, A., CAPORAL F. J. M., KUFNER, D. C. L., ALVES, F. M. Flora invasora de cultivos de aveia-preta, milho e sorgo em região de cerrado do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Bragantia*, v. 70, n. 2, p. 247-254, 2011.

JABRAN, K. Weed flora, yield losses and weed control in cotton crop. *Julius-Kühn-Archiv*, n. 452, p. 177, 2016.

JACCARD, P. Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. *Bull Soc Vaudoise Sci Nat*, v. 37, p. 547-579, 1901.

MOHLER, C. L. A model of the effects of tillage on emergence of weed seedlings. *Ecological Applications*, v. 3, n. 1, p. 53-73, 1993.

MOREIRA, G. M., OLIVEIRA, R. M., BARRELLA, T. P., Fontanétti, A., Santos, R. H. S., & Ferreira, F. A. Phytosociology of weeds in a coffee plantation intercropped with legume crops. *Planta Daninha*, v. 31, n. 2, p. 329-340, 2013

OSIPITAN, O. A., DILLE, J. A., ASSEFA, Y., RADICETTI, E., AYENI, A., & KNEZEVIC, S. Z. Impact of Cover Crop Management on Level of Weed Suppression: A Meta-Analysis. *Crop Science*, v. 59, n. 3, p. 833-842, 2019.

PEREIRA, A. P., SCHOFFEL, A., KOEFENDER, J., CAMERA, J. N., GOLLE, D. P., & HORN, R. C. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 40, n. 4, p. 120-129, 2017.

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 11 jan. 2021.

RABÊLO, G. O., SILVA FERREIRA, A. L., YAMAGUSHI, M. Q., & VESTENA, S. Potencial alelopático de *Bidens pilosa* L. na germinação e no desenvolvimento de espécies cultivadas. **Revista Científica da Faminas**, v. 4, n. 1, 2016.

RONCHI, C. P., TERRA, A. A., SILVA, A. A., & FERREIRA, L. R. 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.

SANTANA, I. D. S., PEIXOTO, M. D. F. D. S. P., CARVALHO, J. E. B. D., SAMPAIO, L. S. D. V., LEDO, C. A. D. S., & PEIXOTO, C. P. Emergência e matéria seca de plantas daninhas na cultura do mamoeiro (*Carica papaya*). **Planta daninha**, v. 23, n. 4, p. 583-588, 2005.

SILVA, A. L.; FARIA, M. A.; REIS, R. P. Viabilidade do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DA CAFEICULTURA IRRIGADA, 6., Araguari. Resumos expandidos... Uberlândia: UFU, 2003. p. 25-29.2003.

SILVA MARTINEZ, A., SEIDEL, E. P., PAN, R., BRITO, T. S., & CACIANO, W. M. Phytosociological Survey of Spontaneous Plants in the Culture of Agroecological Maize with Plants of Intercalar Coverage. *Journal of Experimental Agriculture International*, p. 13-22, 2020.

SILVA, A. A.; RONCHI, C. P. Manejo e controle de plantas daninhas em café. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Org.). Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 417-475. 2008.

SOKAL, R. R.; F. J. ROHLF. The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon*, 11: 33-40. 1962.

TEIXEIRA, C. M., ARAÚJO, J. B. S., & CARVALHO, G. J. D. Potencial alelopático de plantas de cobertura no controle de picão-preto (*Bidens pilosa* L.). **Ciênc. agrotec**, p. 691-695, 2004.

TEIXEIRA, A. L.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A.; A moderna cafeicultura dos cerrados Brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.2, p. 231-240, 2012.

TRABAQUINI, K., MIGLIORANZA, É., FRANÇA, V. D., & PEREIRA NETO, O. C. Uso da geotecnologia para caracterizar os cafezais no município de Londrina-pr, em relação à altimetria, declividade e tipo de solo. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.6, 1136-1147, 2010.

TUESCA, D., PURICELLI, E., & PAPA, J. C. A long-term study of weed flora shifts in different tillage systems. **Weed Research**, v. 41, n. 4, p. 369-382, 2001.

UPGMA (unweighted pair group method with arithmetic means). In: Encyclopedia of Genetics, Genomics, Proteomics and Informatics. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6754-9_17806. 2016.

VARGAS, L. A., PASSOS, A. M., MARCÍLIO, V. A., BRUGNERA, F. A., LEITE, V. P., & COSTA, R. S. Soil seed bank phytosociology in no-tillage systems in the Southwestern Amazon Region. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2017.

WARNES, D. D.; ANDERSEN, R. N. Decline of wild mustard (*Brassica kaber*) seeds in soil under various cultural and chemical practices. **Weed Science**, p. 214-217, 1984.

WEBER, J. F.; KUNZ, C.; PETEINATOS, G. G.; ZIKELI, S.; GERHARDS, R. Weed control using conventional tillage, reduced tillage, no-tillage, and cover crops in organic soybean. **Agriculture**, v. 7, n. 5, p. 43, 2017.

CONCLUSÃO GERAL

A escarificação proporciona redução na densidade do solo e na resistência mecânica do solo à penetração e maiores valores de macroporosidade e de porosidade total, em relação ao emprego das plantas de cobertura, porém, todos os valores encontrados para a densidade do solo estão abaixo do considerado crítico para o desenvolvimento das culturas. Para a resistência mecânica do solo à penetração há alguns valores pouco acima do considerado crítico, o que confirma sua maior sensibilidade na avaliação da compactação do solo.

Há maior densidade do solo, resistência mecânica do solo à penetração e microporosidade na projeção do rodado dos tratores e redução da macroporosidade e porosidade total, quando comparados aos valores obtidos na entre linha do cafeeiro.

A planta infestante com maiores índices fitossociológicos foi para *Bidens pilosa* em todas as áreas e nas duas posições avaliadas. A crotalária apresenta maior controle sobre as plantas infestantes. A área escarificada apresenta os maiores valores para indivíduos e peso de matéria seca de plantas infestantes.

ANEXOS

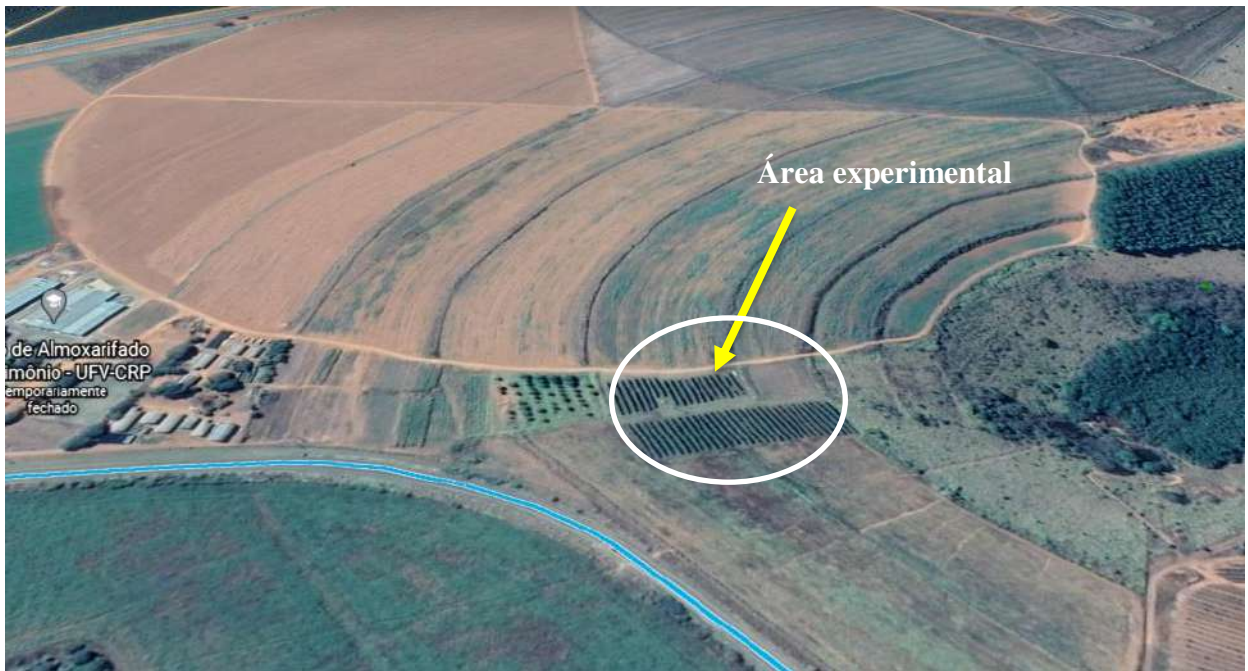


Figura 1. Área experimental da Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Rio Paranaíba, utilizada para ensaios de cultivares comerciais de café arábica em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd), localizado na posição geográfica $19^{\circ} 12' 43''$ S e $46^{\circ} 07' 56''$ W e altitude média de 1128 m. Rio Paranaíba – MG.



Figura 2. Indução de compactação por meio de 24 passadas de trator + grade intermediária (trator New Holland, Modelo TL85E, 88 cv e 4030 kg de massa; e grade Kolher GACI270 14 x 28", massa de 1690 kg) nas ruas da área experimental, estando o solo na condição de friabilidade. Rio Paranaíba – MG.

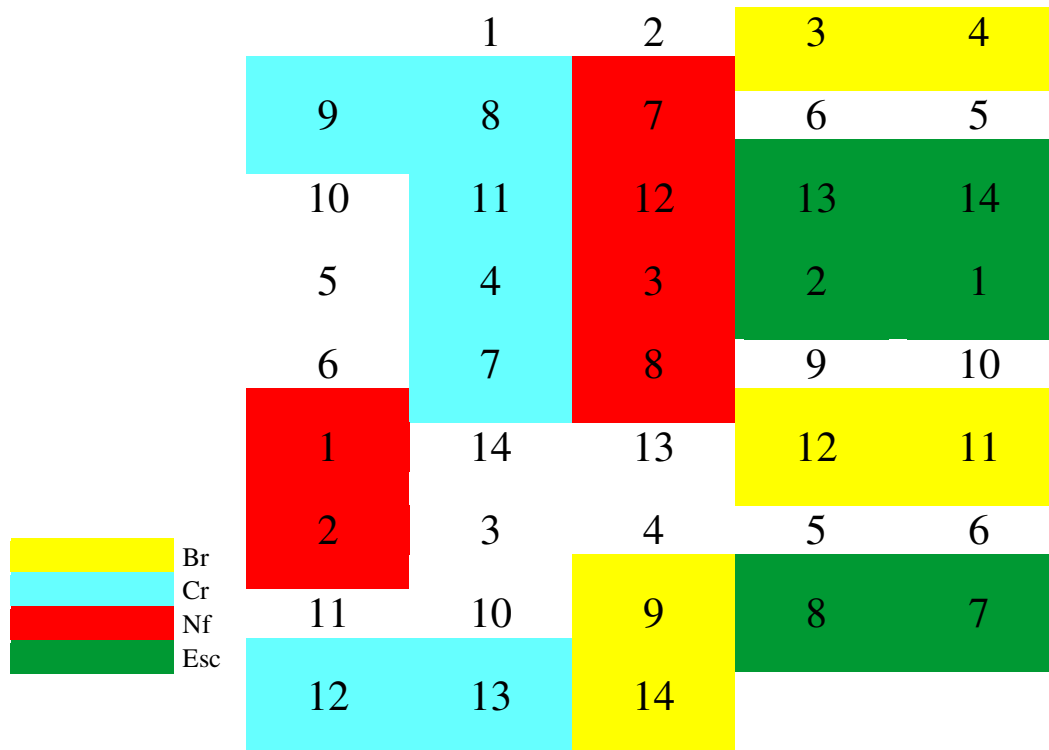


Figura 3. Croqui da área experimental indicando a localização das plantas de cobertura: nabo forrageiro (Nf), crotalaria (Cr) e braquiária (Br) e da escarificação mecânica sem cobertura do solo (Esc) . Rio Paranaíba – MG.



Figura 4. Dessecação da área de estudo na entrelinha do cafeeiro, utilizando o herbicida Glifosato, na dose de 6 L/ha, adequando a área para semeadura das plantas de cobertura: nabo forrageiro, crotalária, braquiária e da escarificação mecânica sem cobertura do solo. Rio Paranaíba-MG.



Figura 5. Abertura de sulcos para adubação mecanizada e semeadura manual das plantas de cobertura na entrelinha do cafeeiro utilizando uma semeadora /adubadora Jumil modelo MG05 PLVO4L (A) e escarificação mecânica do tratamento sem cobertura vegetal do solo (B). Rio Paranaíba – MG.



Figura 6. Trado de Uhland utilizado na determinação da Densidade e Porosidade do solo (A); Penetrômetro de impacto utilizado na determinação da Resistência Mecânica do Solo à Penetração (B); Coleta de amostra de solo para determinar a Densidade e Porosidade do solo (C); Coleta de dados para determinação da Resistência Mecânica do Solo à Penetração (D). Rio Paranaíba – MG.



Figura 7. Preparo das amostras indeformadas para saturação com água e determinação da porosidade do solo na mesa de tensão. Rio Paranaíba – MG.



Figura 8. Amostras indeformadas colocadas na mesa de tensão para determinação da porosidade do solo. Rio Paranaíba – MG.



Figura 9. Amostras indeformadas colocadas em estufa de ar de circulação forçada. Rio Paranaíba – MG.



Figura 10. Parcela estabelecida com braquiária, 85 dias após semeadura, em fase de florescimento. Rio Paranaíba – MG.



Figura 11. Parcela estabelecida com crotalária, 85 dias após semeadura, em fase de florescimento. Rio Paranaíba – MG.



Figura 12. Parcela com nabo forrageiro, 85 dias após semeadura, em fase de florescimento. Rio Paranaíba-MG.



Figura 13. Parcela escarificada, 85 dias após aplicação do tratamento. Rio Paranaíba – MG.



Figura 14. Avaliação na área cultivada com nabo forrageiro (A). Coleta de plantas daninhas pelo método do quadrado ou transeptos; (B). Rio Paranaíba – MG.