

ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DE AGREGADOS DE SOLO SOB MULCHING PLÁSTICO ASSOCIADO À APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS E ORGANOMINERAIS EM ÁREA CAFEIEIRA

Qualitative and quantitative analysis of soil aggregates under plastic mulching associated with the application of chemical and organomineral fertilizers in coffee area

Lucas Andrade Souza¹, Érika Andressa Silva², Geraldo César Oliveira^{3*}, Samara Martins Barbosa⁴,
Bruno Montoani Silva⁵

¹Engenheiro Ambiental e Sanitário; Universidade Federal de Lavras: luks.andrade@hotmail.com

²Doutora em Ciência do Solo; Universidade Federal de Santa Maria: andressaerikasilva@gmail.com

³Doutor em Ciência do Solo; Professor em Universidade Federal de Lavras: geraldooliveira@dcs.ufla.br

⁴Mestre em Ciência do Solo; Universidade Federal de Lavras: samarambar2014@gmail.com

⁵Doutor em Ciência do Solo; Professor em Universidade Federal de Lavras: montoani@gmail.com

*Autor para correspondência

Artigo enviado em 28/05/2017, aceito em 10/03/2018 e publicado em 17/07/2018.

Resumo – A cobertura plástica do solo associada ao uso de fertilizantes exercem influência sobre a agregação do solo e os efeitos desta prática sobre a estabilidade de agregados do solo pode ser estudada por diferentes metodologias. O objetivo deste trabalho foi avaliar por métodos qualitativos e quantitativos os agregados de um Argissolo submetido a diferentes práticas de fertilização, com e sem cobertura do solo após o primeiro ano de implantação de cafeeiros. Foram estudadas as seguintes práticas: fertilização organomineral + mulching (OM), fertilização química + mulching (QM), fertilização organomineral (O) e fertilização química (Q), tendo como referência o ambiente nativo. Foram coletadas amostras com estrutura preservada na profundidade de 0,00 - 0,05 m na linha do cafeeiro, em área experimental localizada no município de Bom Sucesso, MG. Nos estudos qualitativos (morfometria), os agregados, da classe de 4,76 - 8 mm foram analisados por meio de imagens obtidas por um scanner. Pelo software QUANTPORO foram calculadas as variáveis de forma dos agregados: área, perímetro, aspecto, arredondamento, diâmetro de Feret e compactidade. Em seguida, estes agregados foram submetidos aos estudos quantitativos, pelos métodos de tamisamento úmido e sonificação, sendo a agregação mensurada pelos índices diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de desagregação b/a. As práticas em estudo não promoveram modificações na morfometria dos agregados, mas a análise quantitativa, baseada em índice obtido por sonificação (b/a), demonstrou que a cobertura plástica da superfície do solo associada à fertilização com organomineral (OM) promoveu aumento na estabilidade dos agregados, quando comparado aos tratamentos QM, Q e O.

Palavras-Chave – Estabilidade de agregados, morfometria, sonificação, mulching plástico.

Abstract – The plastic cover of the soil associated with the use of fertilizers exert influence on soil aggregation and the effects of this practice on the stability of soil aggregates can be studied by different methodologies. The objective of this work was to evaluate, by qualitative and quantitative methods, the aggregates of an Argissolo subjected to different fertilization practices, with and without soil cover after the first year of implementation of coffee. The following practices were studied: organomineral fertilization + mulching (OM), chemical fertilization + mulching (QM), organomineral fertilization (O) and chemical fertilization (Q), with reference to the native environment. Samples with preserved structure were collected in the depth of 0.00 - 0.05 m in the coffee line, in an experimental area located in the municipality of Bom Sucesso, MG. In the qualitative studies (morphometry), the aggregates, of the class of 4.76 - 8 mm, were analyzed by means of images obtained by a scanner. For the QUANTPORO software the shape variables of the aggregates were calculated: area, perimeter, aspect, roundness, Feret diameter and compactness. Then, these aggregates were submitted to quantitative studies by wet sieving and sonification methods, and the aggregation was measured by the geometric mean diameter (GMD) and b/a disaggregation index. However, the quantitative analysis, based on the index obtained by sonification (b / a), showed that the plastic cover of the soil surface associated with organomineral (OM) fertilization promoted an increase in stability Of the aggregates, when compared to treatments QM, Q and O.

Keywords – stability of aggregates, morphometry, sonification, mulching plastic.

INTRODUÇÃO

Em função da escassez dos recursos hídricos, a agricultura conservacionista tem buscado práticas de manejo que aumentem a eficiência de uso da água do solo, e, ou minimizem os gastos com irrigação (GAN et al., 2013; JIANG et al., 2017). Neste aspecto, tem sido recomendado o mulching, que consiste na cobertura da superfície do solo com filmes plásticos (CUELLO et al., 2015; TAN et al., 2016).

O principal objetivo do mulching é reduzir a evaporação da água e a oscilação de temperatura das camadas superficiais do solo (LI et al., 2013; ZHANG et al., 2015). Neste aspecto, tem sido recomendado o mulching, que consiste na cobertura da superfície do solo com filmes plásticos (CUELLO et al., 2015; TAN et al., 2016).

O principal objetivo do mulching é reduzir a evaporação da água e a oscilação de temperatura das camadas superficiais do solo (LI et al., 2013; ZHANG et al., 2015). Neste aspecto, tem sido recomendado o mulching, que consiste na cobertura da superfície do solo com filmes plásticos (CUELLO et al., 2015; TAN et al., 2016).

O preparo e a correção química do solo em profundidade favorecem o desenvolvimento do sistema radicular (SILVA et al., 2016a), principalmente, naqueles solos que apresentam limitações físicas, como uma camada adensada e, ou compactada em subsuperfície (SERAFIM et al., 2013). Assim, o condicionamento físico e químico também pode ser considerado uma estratégia para aumentar o acesso à água do solo pelas plantas, especialmente a armazenada em camadas mais profundas (SILVA et al., 2016a).

Em solo revolvido, a fertilização dos sulcos de plantio com fertilizantes organominerais, pode contribuir para uma reorganização da sua estrutura. Isto porque, o organomineral propicia aumento nos teores de matéria orgânica, maior atividade biológica e consequentemente maior fluxo de energia e matéria para o sistema (COSTA et al., 2011). Desta forma, as estruturas menores presentes no solo, após o seu revolvimento, em ambiente com aporte de matéria orgânica, tem condições de se reorganizarem em estruturas maiores e complexas, originando novos macroagregados do solo (TIVET et al., 2013).

Posteriormente, a conservação e manutenção dos macroagregados neoformados é muito importante para o acúmulo de carbono e a qualidade do solo, visto que dentro destes, além da proteção física do carbono (C), ocorre à formação de microagregados (ANGERS et al., 1997).

Os microagregados podem atuar como importante reserva de macro e micronutrientes, principalmente em solos cultivados, devido a sua maior resistência à desagregação e alta estabilidade, impedindo ou diminuindo as perdas de nutrientes decorrentes de processos de degradação da estrutura física do solo (BURAK et al., 2011).

Considerando o exposto, há uma hipótese de que a cobertura plástica da superfície do solo associada ao uso da fertilização com organominerais possa promover o condicionamento microclimático na superfície do solo o que pode favorecer a formação de agregados mais estáveis, aumentando assim a resistência do solo à ação de agentes externos. Contudo, a formação

et al., 2015; CUELLO et al., 2015; TAN et al., 2016). Mas outros benefícios indiretos de sua utilização têm sido relatados, como proteção do solo contra impactos de gota chuva (GAN et al., 2013). Além disso, o mulching plástico evita o contato direto dos frutos com o solo, o que diminui a incidência de pragas e doenças, e eleva a produtividade e qualidade dos produtos pós-colheita (LIU et al., 2014).

Outrora, a cobertura plástica do solo pode melhorar o microclima na camada superficial, acelerar a atividade biológica e as taxas de decomposição da matéria orgânica. Diante destas condições, o mulching plástico poderia ser considerado uma desvantagem, por de agregados em solos sob estas condições de manejo tem sido pouco estudadas, e as metodologias de avaliação da agregação em solos também necessitam ser melhor exploradas (SILVA et al., 2016b,c).

A morfometria, técnica qualitativa de avaliação dos agregados do solo, tem sido empregada para entender o arranjo estrutural do solo, a organização dos agregados e também prever a dinâmica do sistema poroso (SILVA et al., 2016c; CARDUCCI et al., 2016), enquanto a ultrassonificação, método quantitativo, é utilizada para mensurar a energia necessária para a quebra do agregado, permitindo comparar, em condições equiparáveis, o grau de resistência dos agregados formados sob distintas condições de manejo do solo (SILVA et al., 2016b).

Neste aspecto, o objetivo deste trabalho foi avaliar qualitativamente e quantitativamente agregados de um Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico submetido a diferentes manejos em área de cafeeiros de primeiro ano, tendo como referência o ambiente de mata nativa, podendo servir como subsídio em tomadas de decisão.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área experimental

O experimento foi instalado em área localizada no município de Bom Sucesso, Minas Gerais, nas coordenadas 21°06'50"E, 44°49'22,35" O, com altitude variando de 845 a 890 m (SILVA et al., 2014b). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Cwb, com invernos frios e secos e verões quentes e chuvosos. A precipitação média anual está em torno de 1500 mm (DANTAS et al., 2007; BARBOSA, 2015).

A área experimental do estudo ocupa 240 m² (24 x 10m). O solo foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico (SANTOS et al., 2013). A análise granulométrica foi realizada segundo Embrapa (2011) e os dados obtidos para textura da camada de 0,0-05 m foram: 97; 368 e 535 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente. A caracterização química para esta

camada antes da instalação do experimento pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos da camada de 0,0-0,05 m do Argissolo em estudo antes da instalação do experimento.

Prof.	pH	MOS	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB
--- m ---	- H ₂ O-	--%--	-----cmol _c dm ⁻³ -----				
0 – 0,05	5,4	3,65	2,57	0,6	0,23	4,7	3,32
Prof.	m	V	P	K	Zn	B	P-rem
	----%----		--- mg dm ⁻³ ---		----- % -----		mg/l
0 – 0,05	6,54	41,48	1,61	60,67	3,66	0,15	24,27

MOS: matéria orgânica do solo; Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; Al³⁺: alumínio; H: hidrogênio; SB: soma de bases; m: saturação por alumínio; V: soma por bases; P: fósforo; K: potássio; Zn: zinco; B: boro e P-rem: fósforo remanescente.

Preparo do solo

Objetivando mitigar o efeito do adensamento existente no perfil do solo no desenvolvimento radicular do cafeeiro, foi realizada abertura de sulcos profundos para o plantio, com dimensões de 0,40 m de largura e 0,60 m de profundidade, simulando o sistema de preparo descrito em Serafim et al. (2011). A abertura do sulco foi feita no sentido transversal ao declive, e a marcação do mesmo foi feita com o auxílio de um gabarito (confeccionado com ripas de madeira em forma de “T” com 60 cm de comprimento), tendo como referência o centro do sulco. Na abertura do sulco, materiais provenientes dos horizontes A e B foram misturados, mas o material proveniente do horizonte C foi preservado em separado objetivando seu retorno para a base do perfil por ocasião do enchimento do sulco.

As práticas adotadas no presente estudo consistiram em: 1- Fertilização química (Q), 2- Fertilização organomineral (O), 3- Fertilização química + cobertura plástica (QM), 4 - Fertilização organomineral + cobertura plástica (OM). A fertilização química foi feita de acordo com a recomendação para a cultura do cafeeiro (Tabela 2), encontrada no manual CFSEMG - 5ª aproximação (GUIMARÃES et al., 1999).

Tabela 2. Fontes e quantidades de fertilizantes utilizados no plantio e em cobertura após 1 mês da implantação.

Fonte	O, OM(*)	Q, QM
	----- g.m ⁻¹ sulco -----	
Super fosfato Simples	335,53	941,18
Esterco de Galinha	6000	103,45
Ulexita	12,5	12,5
Sulfato de Zinco	7,5	7,5
Alga Marinha	179,2	-
Sulfato de Magnésio	-	154
	Todos os Tratamentos	
	Cobertura	
Fonte	Plantio	1° ano
	----- g.m ⁻¹ sulco -----	
Cloreto de Potássio	34,5	33,3
Sulfato de Amônio	52,56	105,26

(*) Do produto final Organomineral decomposto, foram colocados 3,3 kg por metro linear de sulco. O: Organomineral, OM: Organomineral + cobertura plástica, Q: Químico, QM: Químico + cobertura plástica.

Na análise do material orgânico utilizado para a confecção do fertilizante organomineral o P₂O₅ foi extraído em ácido cítrico (2%), o K₂O em água, enquanto cálcio, magnésio, enxofre, zinco, ferro, cobre e manganês foram extraídos em nitroperclórico e o boro em ácido clorídrico. A Fertilização organomineral (O) foi realizada de acordo com a mesma recomendação para adubação química, considerando, no entanto a capacidade de liberação de nutrientes do produto orgânico (Tabela 3).

Tabela 3. Resultado da análise do material orgânico utilizado para confecção do fertilizante organomineral.

Determinação	Resultado
pH	7,81
Relação C/N	7,66
Umidade (%)	21,68
Nitrogênio (%)	1,62
P ₂ O ₅ (%)	2,51
K ₂ O (%)	1,49
Matéria Orgânica (%)	28,9
Cálcio (g kg ⁻¹)	72,61
Magnésio (g kg ⁻¹)	26,78
Enxofre (g kg ⁻¹)	12,86
Zinco (mg Kg ⁻¹)	201,87
Ferro (mg Kg ⁻¹)	16311,54
Cobre (mg Kg ⁻¹)	60,53
Manganês (mg Kg ⁻¹)	430,4
Boro (mg Kg ⁻¹)	24,87

C: carbono; N: nitrogênio; P₂O₅: pentóxido de fósforo; K₂O: óxido de potássio.

O fertilizante químico e o organomineral foram distribuídos ao longo do sulco de plantio seguido da homogeneização da camada de 0,00-0,40m de profundidade (resultado da mistura dos horizontes A e B). Foram utilizados 3,30 kg de fertilizante organomineral por metro de sulco. Na sequência do preenchimento dos sulcos, o mulching plástico foi esticado sobre a superfície objetivando recobrir todo o sulco em cada tratamento contemplado. O mulching plástico foi preso por um camalhão de terra. Os furos no plástico para plantio das mudas foram feitos por meio de um cano PVC com a superfície cerrada. Em todos os tratamentos foram feitos mini camalhões a uma distância de 0,55 m da linha de plantio, tanto na parte superior como na inferior, assim como nas quatro extremidades da área. O plantio foi realizado em 19 de novembro de 2013 por ocasião do início do período chuvoso na região. A cultivar de café (*Coffea arabica*. L) escolhida foi a Catuaí Vermelho – IAC 99, implantada no espaçamento de 2,0 m x 0,5 m.

Análises laboratoriais

Análise de agregados por morfometria

Seis meses após o plantio do cafeeiro, em todos os tratamentos foram coletados blocos de solo, com estrutura preservada na profundidade de 0,00 a 0,05 m na linha da cultura, sendo coletadas também amostras de solo sob mata nativa para servir como referência. Posteriormente, as amostras foram levemente desagregadas (manualmente e mantendo a estrutura original), secas ao ar e passadas entre peneiras de 8,00 e 4,76 mm. Os agregados retidos na peneira inferior foram utilizados para aquisição das imagens digitais.

As análises de imagens foram realizadas em triplicata, e cada imagem contemplou 60 agregados que foram selecionados aleatoriamente. Considerando o delineamento experimental (6 repetições de campo x 3

repetições de laboratório) foram analisadas 18 amostras por tratamento. A obtenção das imagens foi feita por meio do scanner Modelo MustekR e reproduzidas em resolução espacial de 300 dpi. As imagens obtidas foram processadas e quantificadas por meio do software QUANTPORO, seguindo as recomendações de calibração descritas por Silva et al. (2016b).

No software, foi selecionado o canal de cores RGB para o pré-processamento. Obtida a imagem RGB, esta foi submetida a uma filtragem por meio do filtro de mediana. Todas as imagens foram convertidas em sua forma binária [0,1], ou seja, constituída pelas cores pretas e brancas, por meio do comando de limiarização manual (Threshold) do programa.

As características analisadas dos agregados, conforme descrito em Silva et al. (2016c) e Carducci et al. (2016) foram: Área (Ar): corresponde ao número de pixels do polígono; Perímetro (Per): Comprimento da projeção do limite exterior do agregado; Aspecto (Asp): fornece o resultado entre 0 e 1, e, quanto maior o valor maior o grau de arredondamento; Arredondamento (Ard): Medida dependente da rugosidade da superfície externa do agregado. Forneceu o resultado entre 0 e 1 em que, quanto maior o valor, maior o grau de arredondamento. O grau de arredondamento do agregado pode ser utilizado como preditor da capacidade de transporte do agregado do solo pela água (SILVA et al., 2016c). Os agregados menores e mais arredondados são facilmente transportados a longas distâncias. Foi calculado a partir da equação 1:

$$Ard = \frac{4\pi Ar}{Per^2} \quad (1)$$

O Diâmetro de Feret (DF), ou diâmetro de um círculo com a mesma área do objeto, foi calculado a partir da equação 2:

$$DF = \sqrt{(4Ar/\pi)} \quad (2)$$

O diâmetro de Feret é calculado no sentido do comprimento do maior eixo do agregado, portanto contribui para a definição do aspecto do agregado. Quanto maior o comprimento do maior eixo, mais alongado será o agregado.

A Compacidade (CMP) fornece uma medida da circularidade do objeto, sendo dependente da medida do comprimento do maior eixo (Cme). Varia de 0 a 1 e, se for igual a 1, o agregado é perfeitamente circular. Foi obtida pela equação 3:

$$CMP = DF/Cme \quad (3)$$

Análise de agregados por sonificação

Objetivando o conhecimento da estabilidade de agregados obtida por meio da sonificação, foram

selecionados, em triplicata, de cada tratamento, 5 g de agregados (peso seco em estufa a 105°C) com diâmetro entre 4,76 e 8,00 mm obtidos da profundidade 0 – 0,05 m. Considerando o delineamento experimental (6 repetições de campo x 3 repetições de laboratório) foram analisadas 18 amostras por tratamento.

Os agregados foram transferidos para béquers de 200 mL que tiveram seus volumes completados com água destilada (com uma relação solo: água destilada de 1:40).

Foram realizadas sonificações com o auxílio de um aparelho marca Qsonica, modelo Q500, dotado de uma haste de titânio (19,1 mm de diâmetro e 60 µm de amplitude) cuja potência foi calibrada pelo método descrito em Sá et al. (2000), durante 0, 5, 15, 30, 45, 60 e 90 s. Cada tempo de sonificação corresponde, respectivamente às energias específicas aplicadas (EA) de 0,0; 2,2; 6,4; 12,8; 19,2; 25,5 e 38,3 J mL⁻¹, calculadas conforme equação 4:

$$EA = P \times T/V \quad (4)$$

em que EA é a energia aplicada (J mL⁻¹); P é a potência emitida pelo aparelho (85W), obtida por meio de calibração descrita em Sá et al. (2000); T é o tempo de sonificação (s) e V é o volume da suspensão (mL).

Após cada sonificação, as amostras foram passadas em peneira de malha de 0,053 mm. O material retido nesta peneira (MRP) foi seco em estufa por 24 horas a 105°C e pesado. Os teores de silte + argila (o que passou pela peneira) foram obtidos por diferença: silte + argila = amostra original (5 g) – MRP.

Este procedimento possibilitou a determinação, em cada nível de energia específica, do índice de desagregação (ID), obtido pela relação silte + argila dispersa (g) / amostra original (g). O índice de desagregação normalizado (IDN) foi obtido pela relação ID/ID(Máximo). Em seguida, foram construídas curvas de desagregação, plotando-se no eixo das abscissas a energia específica aplicada (J mL⁻¹), e no eixo das ordenadas, os IDN's, ajustando-se modelos do tipo $Y = X/(a + bX)$, sendo a e b, os coeficientes específicos para cada manejo do solo. Este procedimento permitiu o cálculo do índice que expressa a relação entre os coeficientes: b/a, conforme demonstrado por Sá et al. (1999).

Análise de agregados pelo método do tamisamento úmido (TU)

Para realização desta análise foram pesados, em triplicata, 25 g de agregados de cada tratamento com dimensão de 4,76-8 mm de diâmetro. Considerando o delineamento experimental (6 repetições de campo x 3 repetições de laboratório) foram analisadas 18 amostras por tratamento.

Os agregados (25 g) foram colocados em papel filtro e postos em bandeja com uma fina lamina de água destilada para o pré-umedecidos por 12 horas.

Em seguida foi realizado o tamisamento úmido das amostras utilizando-se de um conjunto de peneiras de 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,105 mm de diâmetro. Conforme descrito por Yoder (1936), os agregados foram agitados no equipamento com movimentos oscilatórios de 32 rpm por 15 minutos. Porções de agregados retidos em cada peneira foram transferidos para recipientes de alumínio com o auxílio de jatos de água, e secos em estufa a 105-110 °C por 24 h com posterior pesagem e obtenção de umidade e dos índices de agregação. Conforme descrição de Kemper e Chepil (1965) foram calculadas as porcentagens de agregados retidos nas diferentes malhas e o diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG).

A matéria orgânica do solo (MOS) foi determinada de acordo com Embrapa (2009).

Análises estatísticas

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis repetições e quatro tratamentos, sendo a parcela útil de cada tratamento constituída de uma linha de plantio (3,25 m x 0,40 m) com cinco plantas (Figura 1).

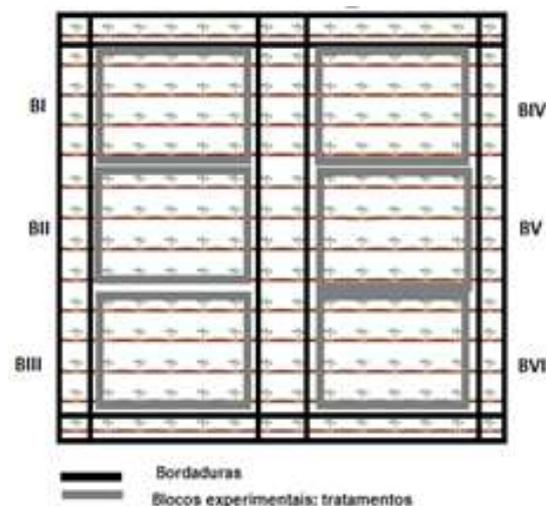


Figura 1. Delineamento experimental

Utilizou-se de um delineamento experimental em blocos casualizados com fatorial duplo (Fonte de fertilizante; Cobertura) e um tratamento adicional (Mata nativa) (PIMENTEL GOMES, 2009).

As análises de variância foram realizadas com o auxílio do programa R, em que foi utilizada a função `fat2.ad.dbc()` do pacote `ExpDes` (FERREIRA et al., 2013). Conforme indicado para análises de fatoriais duplos com um tratamento adicional no R, neste estudo, foram realizadas duas análises: 1 - Anava do fatorial duplo com desdobramento da interação (nos casos em

que foi significativa); e 2 - Anava de um DBC simples incluindo todos os tratamentos juntamente com o adicional.

Os pressupostos de normalidade dos resíduos e homocedasticidade foram verificados pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett e quando o teste de F rejeitou a hipótese de nulidade entre os efeitos dos tratamentos, foram realizadas comparações dos tratamentos por meio de contrastes ortogonais, os quais foram obtidos de acordo com o a estrutura qualitativa dos tratamentos e interesse prático de comparação (BERTOLDO et al., 2008).

Os contrastes ortogonais formulados foram: 1- Mata vs demais manejos; 2- O + Q vs OM + QM; 3- OM vs O + Q + QM. Salienta-se que os contrastes apresentados pelo critério de DMS Scheffé são considerados os mais rigorosos testes estatísticos para análise de experimentos com tratamento adicional. Neste teste, quando a estimativa do contraste em

módulo supera a DMS Scheffé, o contraste é significativo e os grupos contrastantes diferem entre si (FERREIRA, 2014). As correlações entre as variáveis qualitativas e quantitativas foram realizadas com o auxílio do programa sigma plot.

Quando pertinente, as médias foram comparadas pelo teste de Skott-Knott (5%), com auxílio do programa computacional R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Morfometria

Com base na análise de variância, verificou-se que as variáveis morfométricas estudadas não sofreram variação com os tratamentos aplicados ao solo, não apresentando diferenciação inclusive em relação ao solo sob mata (Figura 2).

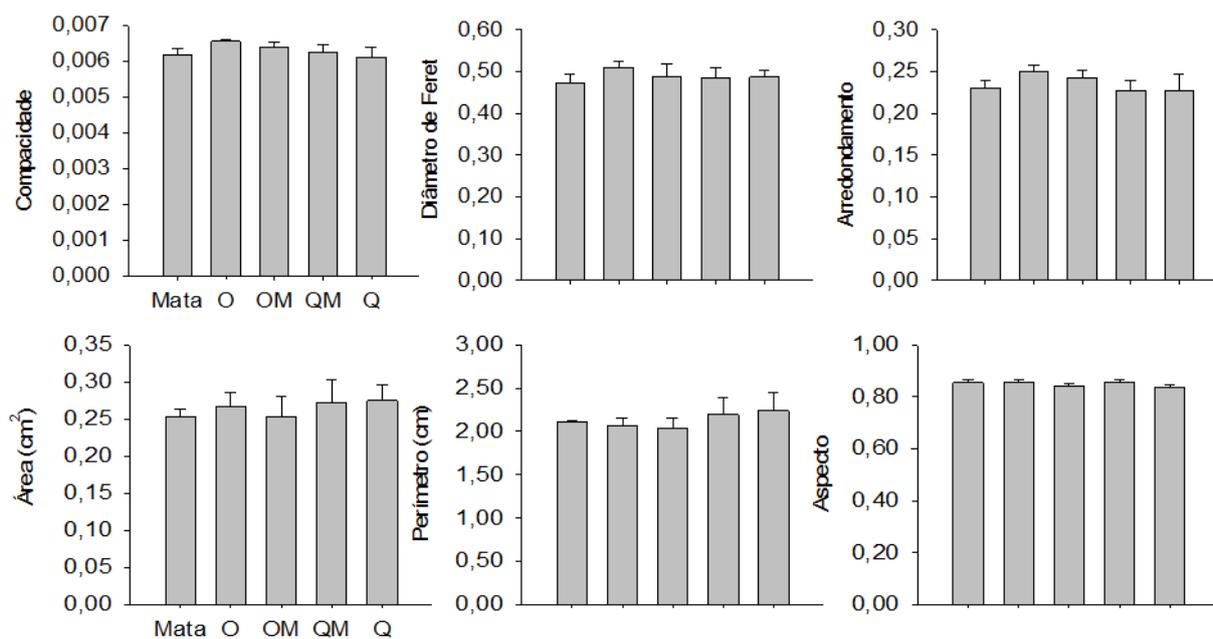


Figura 2. Valores médios para as variáveis morfométricas compacidade, diâmetro de feret e arredondamento área, perímetro e aspecto. OM: Organomineral + Mulching, QM: Químico + Mulching, O: Organomineral, Q: Químico.

Antes da realização da adubação em cada tratamento, o solo foi revolvido a 0,60 m. Dessa forma, com base nos resultados da análise qualitativa (Figura 2), embora tenha sucedido por ocasião do preparo do solo um rompimento dos agregados do solo, sugere-se que passado 6 meses tenha ocorrido uma nova reorganização das partículas do solo, formando agregados com características morfométricas muito semelhante à condição natural, o que pode ser devido à uma rápida tendência desse solo em retornar ao seu estado padrão (mata nativa) de organização estrutural.

Como não foi considerada a variação temporal da agregação do solo, não é possível afirmar que, em algum dado momento, os agregados dos manejos avaliados tenham se diferenciado entre si, em termos de características morfométricas. Entretanto, partindo de um solo desestruturado para implantação do experimento, é fato, que os manejos avaliados condicionaram condições para a formação de agregados semelhantes em morfologia a mata nativa.

As camadas revolvidas são estruturalmente instáveis, porém apresentando elevada porosidade e

baixos valores de densidade. Ao longo do tempo, entretanto, devido principalmente aos ciclos de umedecimento e secagem, há uma tendência de sofrerem uma reconsolidação natural, com possibilidade das propriedades do solo, envolvida neste fenômeno, reverterem para o seu estado original (BAMBERG et al., 2011).

Contudo, o tempo necessário para que ocorra a reconsolidação das camadas revolvidas de um solo é desconhecido e depende de pesquisas que visem essa finalidade para estimar a “vida útil” dos benefícios das práticas de revolvimento para implantação de culturas em solos adensados, que naturalmente são ambientes mais restritivos ao desenvolvimento de raízes de plantas (SERAFIM et al., 2013).

Hickmann et al. (2011), estudando agregados por morfometria em um Argissolo Vermelho Amarelo, também na profundidade de 0 – 0,05 m, sob três manejos (1- plantio direto e solo revolvido em forma de sulcos somente nas linhas de semeadura (PD); 2- revolvimento do solo com arado de disco (AD) + grade pesada (GP), 3- referência: área de Mata Atlântica secundária), verificaram que o manejo com plantio direto (PD) favoreceu uma melhor distribuição dos agregados na superfície e aproximou-se das condições originais de estruturação do solo representado pela Mata Atlântica secundária, confirmando, que determinados sistemas de manejo podem favorecer um estado de agregação do solo muito próximo ao de ambientes não antropizados.

Em relação à característica morfométrica área, as dimensões dos agregados variaram de 0,25-0,27 cm², dentro de uma faixa de peneiramento de 4,76 mm – 8 mm. Corroborando com os dados deste trabalho, Cremon et al. (2011) também não observaram diferenças nesta característica morfométrica entre os agregados da classe de diâmetro 4,76 mm - 8 mm ao avaliar a morfometria de agregados de um Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico da região norte da Itália, cultivado com arroz em diferentes sistema de manejo. Por outro lado, Silva et al. (2016c) objetivando caracterizar os agregados de um Cambissolo, originado de rocha pelítica da região do Alto São Francisco-MG, sob sistema inovador de manejo para o cultivo do cafeeiro (SIMC), utilizando análise morfométrica, verificou que após 1,5 anos de implantação do SIMC houve um aumento nas dimensões dos agregados, e consequentemente, melhora nas propriedades físicas do solo, principalmente as influenciadas pelo tamanho e forma dos agregados, como a porosidade do solo (SERAFIM et al., 2013).

Em outros trabalhos, Cremon et al. (2009) analisando a morfometria de agregados de um Latossolo de textura argilosa, ao comparar diferentes sistemas de manejos (plantio direto e convencional), constataram que as diferenças de área dos agregados se devem em parte ao aporte de material vegetal no solo e ao não

revolvimento do mesmo. No presente estudo, em todas as condições avaliadas os valores de compactidade ficaram muito abaixo do valor 1, considerado indicador de sistemas de manejo capazes de promover degradação estrutural (SILVA et al., 2016c). Em todos os manejos observou-se a tendência de agregados de forma quadrada ($0,83 < \text{Aspecto} < 0,90$), com vértices arredondados (SILVA et al. 2016c; CARDUCCI et al., 2016).

Cabe salientar que análises qualitativas, como as morfométricas não inferem sobre a resistência dos agregados a agentes erosivos, desta forma, agregados de maior área e mais rugosos podem não necessariamente ser os mais resistentes à desagregação.

Nesse sentido, em complemento aos estudos de morfologia de agregados, são necessárias análises quantitativas (sonificação) que permitam inferir a respeito do grau de estabilidade do agregado.

Nesse sentido, em complemento aos estudos de morfologia de agregados, são necessárias análises quantitativas (sonificação) que permitam inferir a respeito do grau de estabilidade do agregado.

Análises quantitativas: estabilidade de agregados em água e sonificação

Na mata foram observados os menores índices de desagregação b/a (Figura 3), o que indica que seus agregados são mais estáveis do que os demais tratamentos.

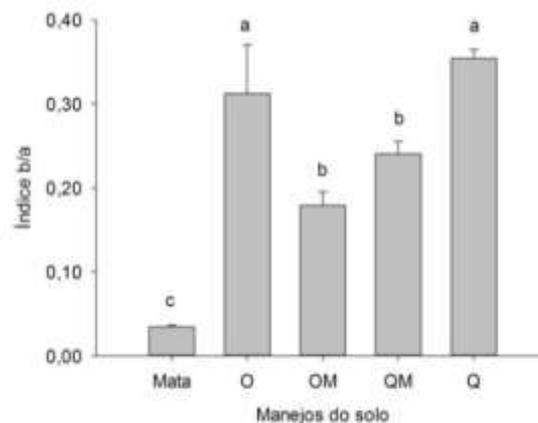


Figura 3. Valores médios para o índice b/a nos diferentes tratamentos e mata nativa. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott 5%. OM: Organomineral + Mulching, QM: Químico + Mulching, O: Organomineral, Q: Químico.

Verificou-se que este índice b/a segue a sequência $O = Q > QM = OM > \text{Mata}$, discriminando os tratamentos em três grupos de estabilidade: sem cobertura plástica, com cobertura plástica e mata nativa. É de se salientar que a cobertura plástica, da mesma

forma que a cobertura natural (serrapilheira, cobertura morta) proporciona proteção ao solo contra agentes erosivos, ao minimizar o impacto da gota de chuva sobre o solo (LI et al., 2013; CUELLO et al., 2015).

Observou-se que o DMG (Figura 4) separou os manejos em apenas dois grupos de resistência a desagregação, sendo O, Q e QM os manejos que proporcionaram agregados menos estáveis quando comparados com Mata e OM. Com base nesta informação, é possível afirmar que se utiliza da energia ultrassônica foi mais eficiente na identificação do efeito da cobertura plástica associada à fertilização organomineral na agregação do solo. Ao utilizar-se do método do peneiramento úmido, Ribeiro et al. (2009) encontrou valores de DMG semelhantes para agregados do horizonte A e Bi de um Cambissolo, entretanto, quando o DMG foi determinado por energia ultrassônica, observou que o comportamento do horizonte Bi era similar ao do Horizonte C. Assim, em relação ao peneiramento úmido, a energia ultrassônica representou com mais fidelidade o processo de desagregação do solo (SÁ et al., 2000b).

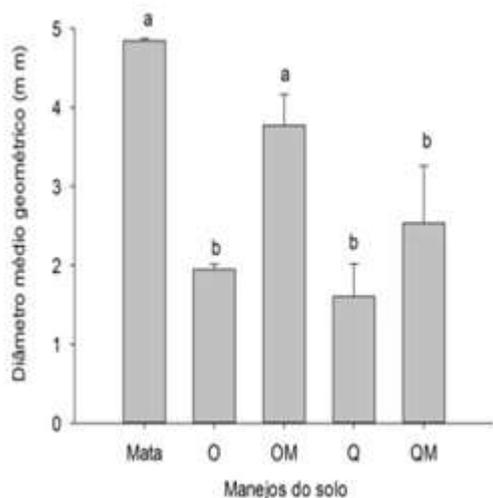


Figura 4. Valores médios para diâmetro médio geométrico nos diferentes tratamentos e mata nativa. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott 5%. OM: Organomineral + Mulching, QM: Químico + Mulching, O: Organomineral, Q: Químico.

Em recente estudo avaliando métodos de quantificação da estabilidade de agregados (tamisamento úmido versus ultrassonificação), em solos submetidos a manejo que se utiliza de gessagem superficial associado à massa de braquiária proveniente da entre linha de cafeeiros, Silva et al. (2016b) também verificaram que a técnica do ultrassom foi a mais sensível na detecção de diferenças.

Atualmente, as técnicas de ultrassonificação têm sido muito utilizadas nas pesquisas, por proporcionarem melhor compreensão dos fenômenos para a quebra do agregado, bem como sua relação com

os agentes de ligação, matéria orgânica e óxidos de ferro (KAISER, BERHE; 2014).

Com base na Figura 5 pode-se concluir que o teor de matéria orgânica (MOS) para a Mata é bem maior comparado aos demais manejos, creditando a isto o seu menor valor de índice b/a.

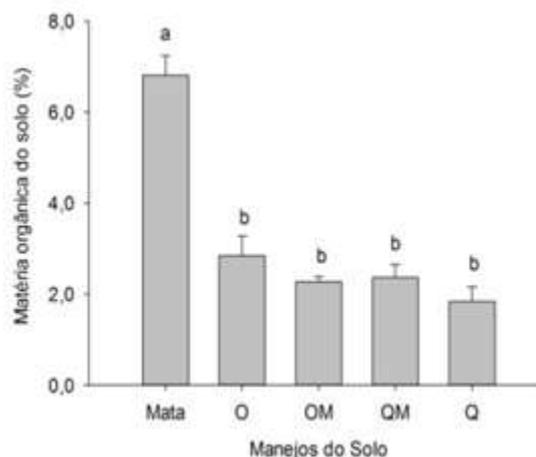


Figura 5. Valores médios de matéria orgânica nos diferentes manejos e mata nativa. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott 5%. OM: Organomineral + Mulching, QM: Químico + Mulching, O: Organomineral, Q: Químico.

Além disso, foram observadas correlações positivas entre a MOS e agregados da classe > 2,0 mm ($r = 0,606$, $p < 0,05$) e DMG ($r = 0,69$, $p < 0,01$), mas negativas com as demais classes de tamanho de agregados (2-1 mm: $r = -0,56$; 1-0,5 mm: $r = -0,54$; 0,5-0,25 mm: $r = -0,56$; 0,25-0,105 mm: $r = -0,54$; < 0,105 mm: $r = -0,60$, $P < 0,05$) e índice b/a ($r = -0,80$, $p < 0,001$). Para Wendling et al. (2012) a matéria orgânica é um agente importante na formação e estabilização dos agregados; portanto, é natural se encontrar correlação entre a matéria orgânica e estes índices. Silva et al. (2014), avaliando o efeito de diferentes manejos na agregação de um Argissolo Vermelho Amarelo, encontrou correlações positiva entre macroagregados (obtida via seca e úmida) e as frações da MOS: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e humina (H), ou seja, neste trabalho, quanto maiores os teores de carbono (C) nestas frações, maiores foram os valores de diâmetro médio ponderado e de macroagregados. Por outro lado, os microagregados apresentaram correlação negativa, em outras palavras, a percentagem destes agregados diminuiu com o aumento dos teores de C nas frações AF, AH e H.

Pelos testes de contraste, as variáveis quantitativas que expressaram o grau de resistência do agregado às forças impostas pelos métodos dos quais são obtidas (tamisamento úmido ou sonificação), são influenciadas pelo manejo do solo (Tabela 4).

Entretanto, para as variáveis qualitativas (morfométricas) não foram identificados contrastes significativos, o que confirma que a forma e a geometria

dos agregados, após seis meses do revolvimento do solo nos diferentes manejos é a mesma.

Tabela 4. Contrastes ortogonais entre os diferentes sistemas de manejo do solo.

Contraste	Estimativa									
	> 2	2--1	1--0,5	0,5--0,25	0,25--0,10	< 0,105	DMG	MOS	b/a	
Mata vs Uso agrícola	29,6**	-3,7**	-5,7**	-9,3*	-6,4*	-5,0 ^{ns}	2,6**	4,4**	-0,23**	
O + Q vs OM + QM	-16,7*	1,8 ^{ns}	4,5*	6,6 ^{ns}	2,8 ^{ns}	1,3 ^{ns}	-1,3*	0,1 ^{ns}	0,12*	
OM vs O + Q + QM	29,7**	-3,6**	-6,3**	-10,6*	-7,2*	-2,2 ^{ns}	2,2**	-0,3 ^{ns}	-0,123*	
Contraste	DMS Scheffé									
	> 2	2--1	1--0,5	0,5--0,25	< 0,105	0,25--0,10	DMG	MOS	b/a	
Mata vs Uso agrícola	18,5	2,3	4,3	9,0	5,3	5,4	1,2	1,5	0,11	
O + Q vs OM + QM	16,6	2,1	3,8	8,05	4,8	4,8	1,1	1,3	0,10	
OM vs O + Q + QM	19,2	2,4	4,4	9,3	5,5	5,6	1,3	1,5	0,121	

^{ns}: não significativo, * significativo (P < 0,05), ** significativo (P < 0,01).

Nesse sentido, verifica-se que embora os agregados apresentem as mesmas características morfológicas, em termos de estabilidade ou resistência às forças impactantes, como água, não apresentam o mesmo comportamento.

Verificou-se pelo contraste Mata vs demais manejos, que a Mata detém em média 29,6% mais agregados retidos na classe > 2,00 mm, apresenta um DMG superior em 2,6 mm e os teores de matéria orgânica superam em 4,4 g kg⁻¹ os demais tratamentos.

Conseqüentemente, com o aumento dos agregados na classe maior que 2,00 mm, a Mata apresenta, significativamente em relação aos demais manejos, menores porcentagens de agregados retidos nas classes 2-1, 1-0, 5; 0,5-0,25; 0,25-0,10 mm (Tabela 4).

Pelos resultados do segundo contraste (Tabela 4) é possível verificar que há influência da cobertura (com ou sem mulching plástica) na estabilidade de agregados. Observou-se que os manejos sem a cobertura plástica quando comparado àqueles com cobertura plástica, detém 16,7 % menos agregados retidos na classe > 2,00 mm e um DMG inferior em média 1,3 mm, índice b/a superior em 0,12 e maior quantidade de agregados menores, retidos na classe 1-0,5 mm (Tabela 4). Em outras palavras, o solo recoberto por mulching plástico durante seis meses apresentou maior estabilidade de agregados comparado ao solo sem cobertura.

A combinação adubação organomineral + mulching plástico potencializou as melhorias na agregação do solo em comparação aos tratamentos O, Q e QM, pois apresentou em média 29,7 % mais agregados retidos na classe > 2,00 mm, DMG superior

em 2,2 mm e índice b/a inferior em 0,12 além de quantidades inferiores de agregados retidos nas classes menores.

Barbosa (2015) avaliando o efeito dos tratamentos aqui estudados no desenvolvimento inicial de cafeeiros observou que a combinação adubação organomineral + mulching plástico contribuiu para o crescimento, engrossamento do caule, e o aumento do número de folhas nos cafeeiros. Neste trabalho, até a profundidade de 40 cm, maior volume e melhor distribuição de raízes foram observadas nos tratamentos que se utilizaram do mulching plástico, o que evidenciou a importância destes tratamentos para o maior aproveitamento da água do solo, principalmente, em períodos de veranico, comuns na região aqui estudada.

A cobertura plástica do solo pode melhorar o microclima na camada superficial, acelerar a atividade biológica e as taxas de decomposição da matéria orgânica. Considerando estes aspectos, o mulching poderia ser considerado uma desvantagem, por contribuir para o aumento dos gases de efeito estufa, como dióxido de carbono (CUELLO et al., 2015).

Entretanto, quando seu uso é associado ao condicionamento químico e orgânico do solo pela fertilização com organominerais, seus efeitos sobre a mineralização dos compostos orgânicos podem ser minimizados, em função do aumento da estabilidade dos agregados. Os macroagregados exercem mecanismos de proteção física à matéria orgânica localizada em seu interior, tornando-a inacessível aos microrganismos e suas enzimas, o que reduz as taxas de decomposição (TIVET et al., 2013).

CONCLUSÕES

A cobertura do solo com mulching plástico quando associada com a fertilização organomineral desponta como uma promissora prática de manejo do solo por ter promovido melhorias na agregação do solo em um curto espaço de tempo, o que foi confirmado pelo aumento no DMG e nas percentagens de agregados da classe > 2,00 mm, além da redução do índice b/a.

A análise quantitativa, baseada em índice obtido por sonificação (b/a), foi mais sensível que o tamisamento úmido na detecção das influências dos sistemas de manejo sobre a estabilidade dos agregados.

Análises qualitativas, como as morfométricas não inferem sobre a resistência dos agregados a agentes erosivos. Portanto, para uma avaliação mais acurada dos impactos do manejo sobre a dinâmica de agregação do solo, é preciso uma associação entre estudos qualitativos (morfométricos) e análises quantitativas (sonificação) que permitam inferir a respeito do grau de estabilidade do agregado.

AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Embrapa Café, CNPq e FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

ANGERS, D. A.; RECOUS, S.; AITA, C. Fate of carbon and nitrogen in water-stable aggregates during decomposition of (CN)-C-13-N-15-labelled wheat straw in situ. *European Journal of Soil Science*, v.48, p.295-300, 1997.

BAMBERG, A. L.; CORNELIS, W. M.; TIMM, L. C.; GABRIELS, D.; PAULETTO, E. A.; PINTO, L. F. S. Temporal changes of soil physical and hydraulic properties in strawberry fields. *Soil Use and Management*, v.27, p.385-394, 2011.

BARBOSA, SAMARA MARTINS. Condicionamento físico hídrico do solo como potencializador do crescimento inicial do cafeeiro. *Dissertação de Mestrado*. Departamento de Ciência do Solo. Universidade Federal de Lavras (UFLA), MG. Lavras, 2015. 67p.

BERTOLDO, J. G. COIMBRA, J. F. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; MANTOVANI, A.; VALE, N. M. Problemas relacionados com o uso de testes de comparação de médias em artigos científicos. *Biotemas*, v. 21, n. 2, p. 145-153, 2008.

BURAK, D. L.; FONTES, M. P. F.; BECQUER, T. Microagregados estáveis e reserva de nutrientes em Latossolo vermelho sob pastagem em região de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 41, n. 2, p. 229-241, 2011.

CARDUCCI, C. E.; VITORINO, A. C. T.; SERAFIM, M. E.; SILVA, E. A. Aggregates morphometry in a Latosol (Oxisol) under different soil management systems. *Semina: Ciências Agrárias*, v.37, p. 33-42, 2016.

COSTA, M. S. S. M.; PIVETTA, L. A.; COSTA, L. A. M.; PIVETTA, L. G.; CASTOLDI, G.; STEINER, F. Atributos físicos de solo e produtividade do Milho sob Sistemas de Manejo e adubações. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 8, p. 810-815, 2011.

CREMON, C.; SACCO, D.; GRIGNANI, C.; ROSA JÚNIOR, E. J.; MAPELI, N. C. Micromorfometria de agregados do solo sob diferentes sistemas de cultivo de arroz. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 41, n. 3, p. 370-377, 2011.

CREMON, C.; ROSA JÚNIOR, E. J.; SERAFIM, M. E.; ONO, F. B. Análise micromorfométrica de agregados de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes sistemas de manejo. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 3, n. 1, p. 139-146, 2009.

CUELLO, J.P.; HWANG, H.Y.; GUTIERREZ, J.; KIM, S.Y.; KIM, P.J. Impact of plastic film mulching on increasing greenhouse gas emissions in temperate upland soil during maize cultivation. *Applied Soil Ecology*, v. 91, p.48-57, 2015.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, p.1862-1866, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. revista. Rio de Janeiro, 2011. 225p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica; Brasília, DF: Embrapa Solos, 2009. 627p.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. *ExpDes: experimental designs package*. Version 1.1.2. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v.38:p.109-112, 2014.

GAN, Y.; SIDDIQUE, K. H. M.; TURNER, N. C.; LI, X. G.; NIU, J. Y.; YANG, C.; LIU, L. Ridge-furrow mulching systems an innovative technique system for boosting crop productivity in semiarid rainfed environments. *Advanced Agronomy*, v.118, p.429-476, 2013.

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ VIEGAS, V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V.

- C. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VIEGAS, V. H. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 289-302.
- HICKMANN, C.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, R. B. A. Morfologia e estabilidade de agregados superficiais de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob diferentes manejos de longa duração e mata atlântica secundária. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.2191-2198, 2011.
- JIANG, X. J.; LIU, W.; WANG, E.; ZHOU, T.; XIN, P. Residual plastic mulch fragments effects on soil physical properties and water flow behavior in the Minqin Oasis, northwestern China, *Soil Tillage & Research*, v.166, p.100-107, 2017.
- KAISER, M.; BERHE, A. A. How does sonication affect the mineral and organic constituents of soil aggregates? - A review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v.177, p.479-495, 2014.
- KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C. A. *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 499-510.
- LI, S.X., WANG, Z. H., LI, S. Q., GAO, Y. J., TIAN, X. H. Effect of plastic sheet mulch, wheat straw mulch, and maize growth on water loss by evaporation in dryland areas of China. *Agriculture Water Management*, v.116, p.39-49, 2013.
- LIU, J. L.; ZHU, L.; LUO, S. S.; BU, L. D.; CHEN, X. P.; YUE, S. C.; LI, S. Q. Response of nitrous oxide emission to soil mulching and nitrogen fertilization in semi-arid farmland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.188, p.20-28, 2014.
- OLSZEWSKI, N.; COSTA, L. M.; FERNANDES FILHO, E. I.; RUIZ, H. A.; ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C. Morfologia de agregados do solo avaliada por meio de análise de imagens. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 5, p. 901-909, 2004.
- PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 15ª Ed. Piracicaba: FEALQ, 451p., 2009.
- RIBEIRO, B.T.; LIMA, J.M.; MELLO, C.R.; SÁ, M.A.C.; OLIVEIRA, G.C. Relationship between raindrops and ultrasonic energy on the disruption of a Haplic Cambisol. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.33, p.814-823, 2009.
- SÁ, M. A. C de.; LIMA, J. M de.; SILVA, M. L. N.; DIAS JUNIOR, M.S. Índice de desagregação do solo baseado em energia ultra-sônica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.525-531, 1999.
- SÁ, M. A. C.; LIMA, J. M.; LAGE, G. Procedimento padrão para medida da potência liberada pelo aparelho ultrassom. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 24, p.300-306, 2000.
- SANTOS, H. A.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F. & OLIVEIRA, J. B. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- SERAFIM, M. E.; OLIVEIRA, G. C.; CURI, N.; LIMA, J. M.; GUIMARÃES, P. T. G.; LIMA, V. M. P. Potencialidades e limitações de uso de Latossolos e Cambissolos, sob sistema conservacionista em lavouras cafeeiras. *Bioscience Journal*, v. 29, n. 5, p. 1640-1652, 2013.
- SERAFIM, M. E.; OLIVEIRA, G. C.; OLIVEIRA, A. S.; LIMA, J. M.; GUIMARÃES, P. T. G.; COSTA, J. C. Sistema conservacionista e de manejo intensivo do solo no cultivo de cafeeiros na região do Alto São Francisco, MG: um estudo de caso. *Bioscience Journal*, v. 27, n.6, p.964-977, 2011.
- SILVA, E. A.; SILVA, S. H. G.; OLIVEIRA, G. C.; CARDUCCI, C. E. Root spatial distribution in coffee plants of different ages under conservation management system. *African Journal of Agricultural Research*, v.11, p.4970-4978, 2016a.
- SILVA, É. A.; OLIVEIRA, G. C.; CARDUCCI, C. E.; LIMA, J. M.; MELO, L. B. B.; BENEVENUTE, P. A. N. Stability of soil aggregates in latosols and cambisols via standard method and sonification. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n.39, pp. 3894-3903, 2016b.
- SILVA, É. A.; OLIVEIRA, G. C.; CARDUCCI, C. E.; SILVA, B. M.; SERAFIM, M.E. Aggregates morphometry of a Inceptisol under conservationist system. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 37, n. 3, p. 1165-1176, 2016c.
- SILVA, A.S.; SILVA, I. D. F.D.; BANDEIRA, L.B.; DIAS, B. D. O.; NETO, S. Argila e matéria orgânica e seus efeitos na agregação em diferentes usos do solo. *Ciência Rural*, v.44, p.1783-1789, 2014a.
- MANTOANI, B.M.; ; SILVA, S.H.G.; OLIVEIRA, G.C.; PETERS, P.H.C.R.; SANTOS, W.J.R.; CURI, N. Soil moisture assessed by digital mapping techniques and its field validation. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, p. 140-148, 2014b.
- TAN, Z.; YI, Y.; WANG, H.; ZHOU, W.; YANG, Y.; WANG, C. Physical and Degradable Properties of Mulching Films Prepared from Natural Fibers and Biodegradable Polymers. *Applied Sciences*, v.6, p.1-11, 2016.

TIVET, F.; SÁ, J.C.M.; LAL, R.; BRIEDIS, C.; BORSZOWSKI, P.R.; SANTOS, J.B.; FARIAS, A.; HARTMAN, D.C.; NADOLNY JUNIOR, M.; BOUZINAC S.; SEGUY, L. Aggregate C depletion by plowing and its restoration by diverse biomass-C inputs under no-till in sub-tropical and tropical regions of Brazil. *Soil Tillage & Research*, v.126, p.203-218, 2013.

WENDLING, B.; FREITAS, I. C. V.; OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M.; BORGES, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. *Bioscience Journal*, v.28, p.256-265, 2012.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion. *American Society of Agronomy Journal*, v. 28, p. 337-351, 1936.

ZHANG, G.S.; HU, X.B.; ZHANG, X.X.; LI, J. Effects of plastic mulch and crop rotation on soil physical properties in rain-fed vegetable production in the mid-Yunnan plateau, China. *Soil Tillage Research*, v. 145, 111–117, 2015.