

CATARINA DIAS DE FREITAS

**QUALIDADE DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO NA
REGIÃO CENTRAL DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

FLORESTAL
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de
Viçosa - Campus Florestal**

T

F866c Freitas, Catarina Dias de, 1985-
2017 Qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo na região central de Minas
gerais. / Catarina Dias de Freitas. - Florestal, MG, 2017.
xi, 76f. : il. (algumas color.); 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Diego Antônio França de Freitas.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Conservação do solo. 2. Indicadores de qualidade. 3. Avaliação visual do solo.
4. Qualidade do solo. 5. Solos: manejo. I. Universidade Federal de Viçosa. Instituto
de Ciências Agrárias. Mestrado em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais
e Agrários. II. Título.

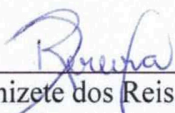
631.4

CATARINA DIAS DE FREITAS

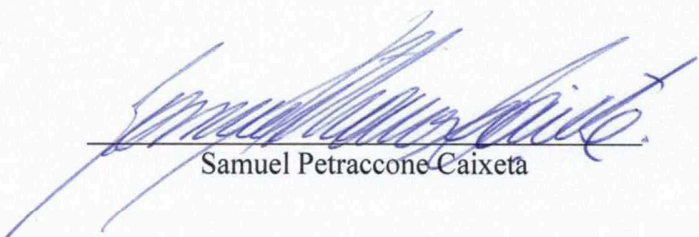
**QUALIDADE DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO NA
REGIÃO CENTRAL DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

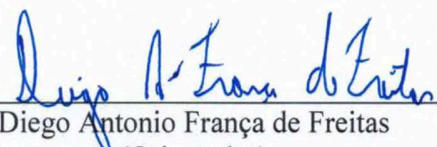
APROVADA: 01 de setembro de 2017.



Donizete dos Reis Pereira



Samuel Petraccone Caixeta



Diego Antonio França de Freitas
(Orientador)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho *In Memoriam* de minha querida amiga de infância, Renata Duarte Bhering de Carvalho, a qual partiu repentinamente deixando uma grande saudade. Guardarei as boas lembranças de nossos vinte anos de amizade. Agradeço a ela e seus familiares pela contribuição em meu aperfeiçoamento e enriquecimento como pessoa. Que sua alma ilumine o céu.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar nesse pequeno texto as memórias de meu coração e reconhecer que tive diversos cúmplices nesse trabalho. Através destas pessoas, obtive boas e as novas experiências que me levaram a um novo nível de aprendizado.

Primeiramente quero agradecer a todas as pessoas que permitiram a realização da pesquisa, em especial ao meu orientador Diego, o mentor do projeto; obrigada por me acolher e por toda a sua habilidade em orientar, sua paciência e amenidade. Agradeço muito também aos alunos de iniciação científica (Letícia e Wander) que me aceitaram em seu projeto, cederam os dados e juntos fomos a inúmeras saídas de campo.

Agradeço aos professores Eduardo Gusmão e Marco Antônio pela segunda chance de poder apresentar um novo tema em tempo hábil. Agradeço a eles também o empréstimo de equipamentos para desenvolvimento desse projeto. Agradeço aos professores Maribus e Lílian por me emprestarem seu laboratório de solo e reagentes para fazer as análises de matéria orgânica. Agradeço ao empréstimo de equipamento do laboratório do professor Rui.

Agradeço às laboratoristas, Ana Elisa (laboratório de secagem de sementes), Débora (laboratório de solos) e Rosi (laboratório da agronomia), muito obrigada por me ajudar, pelo tempo dedicado e boas sugestões.

Agradeço a equipe de funcionários do MCENA (Jéssica e o Lucas), obrigada por me auxiliarem inúmeras vezes nas partes burocráticas, seja para efetuar matrícula, pedido de bolsa, auxílio em organizar a banca, dentre outras coisas.

A lista de agradecimentos é bem longa! Agradeço de coração ao meu estimado marido, que me apoiou intensamente nesse projeto, me emprestou seu carro, viajou comigo para congressos, e abriu mão de muitos feriados, fins de semana e férias por mim, além de ajudar no R, pois muitas vezes só entendendo de programação.

Agradeço a minha família, minha mãe (Ana) meu irmão (Cristóvão), minha tia (Marília), meus tios (Leonardo e Carlos Alberto) por sempre torcerem por mim, apoiarem em minhas escolhas, espero não decepcioná-los. Mercado de trabalho, aí vou eu! Não poderia esquecer minhas queridas amigas, Aline, Helena, Fabiana e Renata, obrigada meninas por estarem sempre comigo e oferecerem apoio.

Estou muito feliz de ter chegado ao fim e agradeço poder ter conhecido a turma MCENA de 2015 (Amanda, Ingrid, Pollyana, Braulio, Camilla, Gustavo, Jaiza, Vitor), obrigada turma, vocês foram colegas fantásticos e fico motivada e entusiasmada em formar ao

lado de profissionais tão competentes. Foram grandes experiências, muito aprendizado e muitas viagens, agora mais do que nunca sei dirigir bastante! Quero agradecer também a Deus por iluminar meu caminho e garantir minha segurança na estrada. Hoje tenho muitas histórias sobre minha experiência em Florestal.

Obrigada por tudo!

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis. José de Alencar

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1: Comportamento mensal da temperatura e precipitação do município de Florestal - MG	11
Figura 2: Mapa dos solos presentes nas áreas amostrais do município de Florestal – MG.....	13
Figura 3: Resistência do Solo à Penetração nas diferentes áreas da UFV Florestal.....	21
Figura 4: Teor de matéria orgânica nas diferentes profundidades nas áreas do UFV Florestal	26
Figura 5: Qualidade do solo em relação à quantidade de matéria orgânica	27
Figura 6: Estoque de carbono nas diferentes profundidades e áreas do Campus Florestal	28
Figura 7: Diagramas radiais comparando a qualidade do solo entre a área de mata nativa (MN) com os diferentes sistemas de manejos.	29
Figura 8: Dendrograma de dissimilaridade pelo método ward com distância euclidiana	34

CAPITULO II

Figura 1: Vista geral das áreas estudadas (a) Silvicultura (b) Pasto degradado (c) Pasto não degradado (d) Sorgo e Milho (e) Mata Nativa f) Disposição das áreas na UFV Florestal	52
Figura 2: Abertura da trincheira, remoção do solo e identificação das amostras.....	53
Figura 3: Percentual da Avaliação visual da estrutura do solo.....	58
Figura 4: Percentual da Avaliação visual do solo	60
Figura 5: Percentual do índice de Qualidade Visual em diferentes sistemas de manejo.....	61
Figura 6: Diagrama radial comparando a qualidade do solo entre diferentes sistemas de manejos comparados com os tipos de avaliação..	63
Figura 7: Dendrograma de dissimilaridade pelo método de <i>Ward</i> com distância euclidiana	65

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I

Tabela 1: Resistência do solo à penetração (Mpa) em diferentes áreas do <i>campus</i> Florestal	20
Tabela 2: Médias e erros padrões das Densidades do solo e sua Umidade gravimétrica nos diferentes tipos de sistema de manejo.....	24
Tabela 3: Médias e erros padrões dos diâmetros médio ponderado e geométrico, além do índice de estabilidade de agregados dos sistemas de manejo	25
Tabela 4: Matéria orgânica e estoque de carbono dos diferentes tipos de sistema de manejo (média ± erro padrão).....	25

CAPITULO II

Tabela 1: Resultados da Avaliação visual da estrutura do solo em diferentes tipos de sistema de manejo.....	57
Tabela 2: Classificação da qualidade estrutural do solo associado ao escore e aos manejos necessários para cada condição do solo.....	58
Tabela 3: Avaliação visual do solo dos diferentes tipos de sistema de manejo	59
Tabela 4: Classificação e índice de qualidade do solo de acordo com o tipo de uso e manejo.....	60

RESUMO

FREITAS, Catarina Dias, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2017. **Qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo na região central de Minas Gerais.** Orientador: Diego Antônio França de Freitas.

As atividades agropecuárias causam impactos diferenciados no solo, os quais estão relacionados ao manejo e uso praticado, ocasionando alterações em seus atributos e uma perda da qualidade do solo. Nesse contexto, o conhecimento das propriedades físicas, químicas e visuais do solo podem auxiliar o produtor rural no monitoramento da área e determinar a necessidade de adoção de técnicas de conservação e manejo. Visando conhecer e relacionar tais atributos aos sistemas, este trabalho desenvolveu os seguintes temas: Capítulo 1: Atributos físicos e o estoque de carbono do solo na região central de Minas Gerais em diferentes sistemas de uso e manejo; e no Capítulo 2: Qualidade visual do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo agrícola na região central de Minas Gerais. No primeiro capítulo foi avaliado os seguintes parâmetros: (a) densidade, (b) teor de matéria orgânica, (c) estoque de carbono, (d) resistência do solo à penetração (e) diâmetro médio da partícula (f) diâmetro médio geométrico, (g) umidade gravimétrica. No segundo capítulo utilizou-se de três métodos de avaliação visual: (a) avaliação visual do solo, (b) avaliação visual da estrutura do solo e (c) índice de qualidade visual. Os diferentes sistemas de uso e manejo selecionados foram: silvicultura, mata nativa, sorgo/milho, pasto não degradado e pasto degradado, de onde se coletaram amostras deformadas e indeformadas em três camadas de profundidade, com três repetições. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($\alpha=0,05$). Os resultados obtidos reforçam que as alterações dos atributos avaliados interferem na qualidade do solo e estão diretamente relacionados à forma de cultivo, além de que a avaliação visual tem se apresentado como uma ferramenta de execução simples, eficiente e econômica, visto que foi capaz de diagnosticar as áreas de pasto degradado e sorgo/milho como qualidade moderada, comprovada por dados gerados de estabilidade de agregados, teor de matéria orgânica, estoque de carbono e umidade inferiores ao da mata nativa. Logo estas áreas estão mais susceptíveis ao surgimento de processos erosivos e necessitam de um manejo adequado, capaz de recuperar a estrutura do solo.

ABSTRACT

FREITAS, Catarina Dias, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2017. **Soil quality under different use and management systems in the central region of Minas Gerais.** Adviser: Diego Antônio França de Freitas.

The agricultural activities are the main reason on a lot of impacts on the soil structure that are related to the management and practiced use, which may causes alterations on the soil attributes and loss of quality. The knowledge of the physical, chemical and visual properties of the soil might help the farmer in the monitoring of the area and determine the need to adopt conservation and soil management techniques. In order to understand the behavior of the soil attributes under different management system, this work developed the following themes: Chapter 1: Physical attributes and the soil carbon stock in the central region of Minas Gerais in different systems of use and management; And in Chapter 2: Visual quality of the soil under different systems of agricultural use and management in the central region of Minas Gerais. In the first chapter the following soil parameters were evaluated: (a) density, (b) organic matter content, (c) carbon stock, (d) soil resistance to penetration, (e) geometric mean diameter, (f) gravimetric moisture. In the second chapter, three methods of visual evaluation were used: (a) Visual Evaluation of Soil Structure, (b) Visual Soil Assessment and (c) Soil quality indexes. All experiments are conducted under 5 different systems of use and management: silviculture, native forest, sorghum / corn, preserved pasture and degraded pasture. In each of this systems were collected in three depth layers, three replications of soil samples. The experimental design was completely randomized and the average of the soil attributes were compared by the Scott-Knott test ($\alpha = 0.05$). The obtained results reinforce that the alterations of the evaluated attributes interfere in the soil quality and are directly related to the practiced use of the soil. Besides that, the visual evaluation has presented itself as an efficient and economical simple execution technique, since it was able to diagnose the Degraded pasture and sorghum / corn as moderate quality, the same conclusion obtained by analysis of the physical, chemical attributes (aggregate stability, organic matter content, carbon stock and gravimetric moisture). These area have been more susceptible to the emergence of erosive processes and needs an adequate management, able to recover the structure of the soil.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
CAPITULO 1	5
ATRIBUTOS FÍSICOS E O ESTOQUE DE CARBONO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NA REGIÃO CENTRAL DE MINAS GERAIS	5
RESUMO	5
ABSTRACT	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1. Caracterização da área experimental	11
2.2. Caracterização dos locais	14
2.3. Densidade do solo	14
2.4. Umidade gravimétrica	15
2.5. Estabilidade de agregados	15
2.6. Resistência à penetração	17
2.7. Matéria orgânica no solo	18
2.8. Análise Estatística	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
3.1. Parâmetros físicos do solo	20
3.2. Matéria orgânica do solo e estoque de carbono	25
3.3. Diagrama de qualidade do solo	29
3.4. Dendrograma de similaridade das áreas estudadas	33
4. CONCLUSÃO	35
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
CAPÍTULO II	47
QUALIDADE VISUAL DOS SOLOS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO AGRÍCOLA NA REGIÃO CENTRAL DE MINAS GERAIS	47
RESUMO	47
ABSTRACT	48
1. INTRODUÇÃO	49
2. MATERIAL E MÉTODOS	51
2.1. Caracterização da área experimental	51
2.2. Caracterização dos locais	51
2.3. Avaliação Visual da Estrutura do Solo	53
2.4. Avaliação Visual do Solo	54
2.5. Índice de qualidade visual das áreas amostradas	55
2.6. Análise Estatística	56
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4. CONCLUSÕES	66
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
ANEXO A – Ficha de campo para Avaliação Visual da Estrutura do Solo.....	72
ANEXO B – Guia fotográfico para Avaliação visual da estrutura do solo.....	73
ANEXO C – Ficha de campo para Avaliação Visual do Solo para áreas de pastagem e campos	74
ANEXO D – Ficha de campo para Avaliação do Solo para áreas de cultivo.....	75
ANEXO E – Ficha de campo para avaliação do índice de Qualidade do Solo	76

1. INTRODUÇÃO GERAL

O solo é um recurso natural vital para o funcionamento do ecossistema terrestre e representa um balanço entre os fatores físicos, químicos e biológicos (Araújo & Monteiro, 2007; Moura, 2010). Ele apresenta papéis ecológicos, como habitat para diversos seres vivos e banco genético de espécies, principalmente de plantas, capaz de filtrar e tamponar substâncias, além da ciclagem de nutrientes, produzindo biomassa e estoque de carbono. Enquanto as suas funções antrópicas estão relacionadas desde o substrato para fundações até matéria prima para construção, deposição de rejeitos, patrimônio geológico e arqueológico (Larson & Pierce, 1994; Araújo & Monteiro, 2007; Cec, 2006; Bouma & Droogers, 2007).

Contudo, destaca-se a função antrópica do solo relacionada ao uso agrícola, no qual o solo tem a função de auxiliar na produção de alimentos e fornecer a maior parte dos nutrientes necessários para o desenvolvimento dos cultivos, além da regulação do fluxo de água no ambiente (Araújo & Monteiro, 2007; Moura, 2010). Para a agricultura, é de fundamental importância que solo esteja em boas condições, para que ele possa refletir na produtividade e na qualidade dos alimentos produzidos e principalmente, que o sistema possa se aproximar ao máximo da sustentabilidade.

Um tema muito discutido atualmente é a segurança do solo. Segundo os autores McBratney, Field & Koch (2014), o solo é parte de um sistema multidimensional, e parte integrante para desenvolvimento sustentável. O solo está relacionado à segurança alimentar, da água, energética, estabilidade climática, biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

A União Europeia, através da Comissão das Comunidades Europeias, definiu oito ameaças que podem comprometer as funções do solo e sua sustentabilidade, que são: erosão, contaminação, perda de fertilidade, declínio da biodiversidade, compactação e outras alterações em sua estrutura física, salinização, inundações e deslizamentos de terra e, por fim, a impermeabilização do solo por infraestrutura (CEC, 2006; Bouma & Droogers, 2007). Muitas destas ameaças citadas afetam diretamente a agricultura, como é o caso da compactação do solo, impossibilitando o enraizamento ou a perda da fertilidade, acidificação, contaminação, que tornam o meio adverso ao cultivo. Assim, “as práticas e o manejo inadequados têm levado os solos de todo o mundo à degradação e, conseqüentemente, à perda de qualidade” (Moura, 2010 p.5).

Desta forma, é necessário assegurar a qualidade do solo, conceito definido como a capacidade do solo de funcionar como ecossistema natural ou manejado para sustentar a produtividade animal e vegetal, manter a qualidade da água e do ar e suportar, prover moradia e saúde humana (Karlen *et al.*, 1997; Cândido *et al.*, 2015).

Existem outras definições como a de Larson & Pierce (1991), em que a qualidade do solo seria um local apto ao uso, ou Johnson *et al.* (1997) que definiu como a condição do solo relativa aos requerimentos de uma ou mais espécies biológicas e/ou de algum propósito humano.

Uma vez definida, a qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores ambientais, considerados como atributos que medem ou refletem uma condição do ecossistema (Casali, 2008). Atualmente existem diversos métodos de avaliação com indicadores biológicos de natureza distinta, como é o caso de kits de testes, cartões, métodos geoestatísticos e índices de qualidade do solo (Cândido *et al.*, 2015). Sendo o Índice de Qualidade do Solo o que mais se destaca pela facilidade de uso, quantitativamente flexível e sendo mais utilizado nas práticas agrícolas (Freitas, 2012).

Contudo, deve ser pensado quais dos indicadores ambientais seriam adotados no índice de qualidade do solo, uma vez que o mesmo possui diversos atributos, sendo os mais utilizados os químicos e físicos (Bhardwaj *et al.*, 2011), e os mais promissores, são os visuais pela simplicidade do método e baixo custo (Moncada *et al.*, 2014).

Independente da situação, um critério que deve sempre existir é a sensibilidade do indicador ao manejo do solo utilizado. É importante quantificar as alterações que ocorrem nas propriedades do solo devido à intensidade de uso e manejo (Moura, 2010).

Uma vez estabelecidos os atributos do solo que irão compor os índices de qualidade e os diferentes sistemas de uso e manejo, esse estudo trabalhará com a hipótese de que há relação inversa entre a intensidade de uso e uma boa qualidade do solo. Ou seja, os sistemas de plantio convencional e ininterrupto apresentariam uma qualidade do solo inferior aos demais sistemas, e a área de mata nativa, aquela que houve poucas intervenções humanas, apresentaria uma qualidade do solo melhor.

Justifica-se o tema pela importância na compreensão da funcionalidade do solo em diferentes condições de uso, contribuindo para diagnosticar as condições ambientais da área e auxiliar o produtor rural a manter um sistema mais sustentável, visto os diversos papéis ecológicos que o solo possui.

Assim, o objetivo deste trabalho será a determinação da qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo por meio da avaliação integrada de atributos físicos, visuais e alguns químicos, como o teor de matéria orgânica e estoque de carbono.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A.S.F; MONTEIRO, R.T.R.; Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, jul./set. 2007

BHARDWAJ AK, JASROTIA P, HAMILTONA SK, ROBERTSON GP. Ecological management of intensively cropped agro-ecosystems improves soil quality with sustained productivity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. n.140, p. 419-429, out./jan.2011.

BOUMA, J., DROOGERS, P., Translating soil science into environmental policy: a case study on implementing the EU soil protection strategy in the Netherlands. **Environmental Science & Policy** n.10, p. 454 - 463. 2007.

CÂNDIDO, B. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FREITAS, D. A. F.; MINCATO, R.L.FERREIRA, M.M.; Métodos de indexação de indicadores na avaliação da qualidade do solo em relação à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n.2, p. 589-597, 2015.

CASALI, A. C. **Qualidade da Água para Consumo Humano Ofertada em Escolas e Comunidades Rurais da Região Central do Rio Grande do Sul**. 2001. 173f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.

CEC. Commission of the European Communities. 2006. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council, establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC, Brussels.

FREITAS, D.A.F.; SILVA, M.L.N; CARDOSO, E.L; CURI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agronômica**. v. 43, n.3, p. 417-428, 2012.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.) Defining soil quality for a sustainable environment. **Madison: SSSA**. p. 37-51, 1994.

MCBRATNEY A.; FIELDA, D.J.; KOCH, A. The dimensions of soil security. **Geoderma** v.213, p.203–213, 2014

MONCADA, M. P.; GABRIELS, D.; DEYANIRA, L.; REY, R. C.; CORNELIS, W. M. Visual field assessing of soil structural quality in tropical soils. **Soil and Tillage Research**, v. 139, p. 8-18, 2014

MOURA, L. N. A. **Indicadores de qualidade do solo e da água em áreas de preservação permanente da microbacia do Ribeirão do Gama.** 2010. 146f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, Distrito Federal, 2010.

PINTO, A.R.; SILVA, B. OLIVEIRA, I.C.; PEREIRA, J.O.S.; NUNES, L. **Manual de Normalização de trabalhos Acadêmicos.** Viçosa, MG, p.88 2010. Disponível em <<http://www.bbt.ufv.br/>> Acesso em: 12 ago. 2017.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, Mozart M.. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do alto do Rio Grande-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras , v. 29, n. 4, p. 719-730, 2005.

CAPITULO 1

ATRIBUTOS FÍSICOS E O ESTOQUE DE CARBONO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NA REGIÃO CENTRAL DE MINAS GERAIS

RESUMO

Os sistemas de manejo do solo determinam as condições ambientais para o crescimento das plantas e produtividade das culturas. A intensificação do uso do solo nas atividades agropecuárias aliada à ausência de práticas de conservação do solo e da água, resulta em redução da qualidade. O objetivo deste estudo foi avaliar os atributos indicadores de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso e manejo. Os tratamentos utilizados foram: silvicultura, mata nativa, sorgo/milho, pasto degradado e não degradado. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm de profundidade, com três repetições. Avaliou-se a densidade do solo, matéria orgânica, estoque de carbono, resistência do solo à penetração e estabilidade de agregados. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($\alpha=0,05$). A maioria dos atributos avaliados mostrou-se indiferentes em relação às profundidades analisadas, por outro lado, foram capazes de revelar disparidades entre os sistemas de uso e manejo. As áreas de pasto degradado e sorgo e milho apresentaram uma redução da qualidade do solo em relação à área de mata nativa.

Palavras-chave: Matéria orgânica, Conservação do solo, Indicadores de qualidade.

PHYSICAL ATTRIBUTES AND THE CARBON STOCK IN DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS IN THE CENTRAL REGION OF MINAS GERAIS

ABSTRACT

Soil management systems determine the environmental conditions for plant growth and crop productivity. The intensification of the use of the soil in agricultural activities together with the absence of practices of conservation of the soil and the water have been resulting on the reduction of the soil quality. The objective of this study is to evaluate the attributes whose indicate of soil quality for five different systems of use and management: native forest, silviculture, sorghum, conserved pasture and degraded pasture. For each system were collected on three soil depth layers (0-10 cm, 10-20 cm and 20-40 cm), three samples of soil. Soil density, organic matter, carbon stock, soil resistance to penetration and aggregate stability wereevaluated. The experimental design was completely randomized and the attributes average were compared by the Scott-Knott test ($\alpha = 0.05$). Most of the evaluated attributes were indifferent to the analyzed depths, on the other hand, the statistical analysis were able to reveal disparities between the systems of use and management. The areas of degraded pasture and sorghum and corn presented a reduction of the quality of the soil in relation to the native forest.

Keywords: Soil organic matter, Soil conservation, Quality Indicators.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia agrícola e seus processos de produção vêm sendo alterados no decorrer dos anos para melhor integrar a indústria processadora de alimentos e matérias-primas (Martine, 1991). A produção agrícola vem se intensificando a cada ano e o Brasil é uma das principais potências agrícolas (Agnol & Hiraçuri, 2008). Nos últimos três anos a porcentagem de participação do setor agrícola no Produto Interno Bruto – PIB, variou entre 21,4% a 25,4% (Cepea, 2016).

Nesse contexto, a agricultura tem papel importante no crescimento da economia brasileira e fornecimento mundial de alimentos. Todavia, estimativas apresentadas por Marin *et al.* (2016) para o ano de 2050, indicam que, com o aumento da população mundial, a agricultura teria que aumentar a produção atual em 60% para atender a demanda. Além do desafio de aumento de produção, existem outros fatores, como as mudanças climáticas e escassez de terras aptas ao cultivo. Segundo Rees *et al.* (2014), esse aumento da produção não poderá vir baseado unicamente no aumento de área cultivada, as áreas já consolidadas devem aumentar sua produtividade.

Contudo, o aumento da produção traz consigo consequências ambientais. Conforme o relatório da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1991, nos últimos 50 anos houve a perda mundial de um quinto da superfície cultivável e um quinto das florestas tropicais, sendo que a cada ano são perdidos 25 bilhões de toneladas de húmus por efeito da erosão, desertificação, salinização e de outros processos de degradação do solo (Embrapa, 1999). No Brasil, a perda do solo agricultável chega a 286 milhões de toneladas ao ano (Ministério do Meio Ambiente, 2016).

A perda de qualidade dos solos está relacionada à sua sobreutilização dos recursos naturais e ao uso incorreto de técnicas agrícolas que não contemplam a conservação ou o uso com cultivos não apropriados ao potencial do solo, resultando na perda da produtividade (Almeida *et al.*, 2015). O conhecimento da aptidão agrícola é de suma importância no uso adequado do solo. O sistema de produção agrícola, as condições ambientais e as características do solo, mesmo sendo fatores interdependentes, quando alterados podem desencadear desequilíbrio no sistema e comprometer a sustentabilidade do uso do solo (Tóth *et al.*, 2007).

Na medida em que é intensificado o uso do solo e o tipo de atividade exercida sobre ele, as alterações físicas deste tornam o meio adverso ao crescimento vegetal, quando comparado ao solo coberto por vegetação natural (Santos *et al.*, 2011a). A supressão da vegetação nativa para uso agrícola causa um impacto ambiental afetando algumas das propriedades do solo. As mudanças drásticas que podem ocorrer envolvem a alteração da qualidade física, perda de matéria orgânica, que por sua vez podem influenciar no ciclo do carbono e outros nutrientes, além do comprometimento de sua estabilidade estrutural (Haghighi *et al.*, 2010; Zucca *et al.*, 2010; Materechera, 2014; Oliveira *et al.*, 2016; Sena, 2016). Muitas destas propriedades requerem períodos prolongados para serem restauradas, logo se deve ter a previsão do grau de perturbação provocado pelo tipo de manejo agropecuário (Stefanoski *et al.*, 2013). Este comportamento pode ser observado no trabalho de Santos *et al.* (2011b), no qual o sistema de integração lavoura-pecuária, mesmo após quatro anos de rotação da pastagem, não foi capaz de recuperar as propriedades estruturais do solo.

As áreas de pastagem e de lavoura-pecuária estão sujeitas a uma maior compactação, devido ao pisoteio de animais e a movimentação de máquinas. Essa ação é um dos fatores responsáveis pela degradação, que impede o pleno desenvolvimento das espécies vegetais, podendo modificar a densidade do solo, afetando a porosidade, a capacidade de infiltração, o armazenamento e a disponibilidade de água às plantas, a interferência no desenvolvimento radicular e favorecimento do surgimento de processos erosivos (Klein, Libardi, & Silva, 1998; Dias Junior & Estanislau, 1999; Souza & Alves, 2003; Mendonça *et al.* 2009; Vilela *et al.*, 2011; Silvia, Fernandes & Ribon, 2015). A capacidade de recuperação do solo após sua submissão a um estresse é denominada como resiliência, e a mesma se relaciona à mineralogia, textura e matéria orgânica do solo (Bonetti, 2017). Por conseguinte, para a determinação da magnitude do efeito da compactação do solo é fundamental o conhecimento do acúmulo de matéria orgânica, bem como densidade do solo, a coesão, a textura e a capacidade de infiltração da água (Braidá *et al.*, 2010).

A prática mais comum utilizada na agricultura convencional para a descompactação do solo seria o seu revolvimento através de grade, escarificador ou subsolador (Jin *et al.*, 2007). Entretanto, a duração do efeito de escarificação é variável e está relacionada ao surgimento e intensidade dos fatores controladores da reconsolidação e da resiliência do solo, como precipitações, ciclos de umedecimento e secagem, e espécies cultivadas (Drescher *et al.*, 2016). Segundo Chamen *et al.* (2015),

para evitar a compactação do solo é necessário evitar na medida do possível o tráfego de maquinário no período em que o solo está mais úmido do que a sua capacidade de campo. Essa recomendação auxiliaria a redução da compactação apenas nas camadas mais rasas do solo.

Apesar dos benefícios causados pela escarificação do solo, como o aumento da porosidade total, macroporosidade e capacidade de aeração (Costa *et al.*, 2006), essa ação é capaz de causar a diminuição do estoque de carbono (Hernani *et al.*, 1999; Costa *et al.*, 2006), a redução da estabilidade de agregados e da capacidade de campo, assim como aumento da densidade do solo (Costa *et al.*, 2006). A grade aradora é capaz também de potencializar a mineralização do carbono, aumentando a biomassa microbiana, a taxa de estratificação e o fluxo de gás carbono, indicando a redução da qualidade do solo (Bonetti, 2017), além de representar grandes custos financeiros (Chamen *et al.*, 2015).

O surgimento de processos erosivos está relacionado a todas essas características citadas anteriormente, sobre o processo de revolvimento mecânico ocasionado durante o preparo solo e a redução da matéria orgânica. Isto é devido ao papel da matéria orgânica na formação de agregados. Os autores Mainuri e Owino (2013) estudaram a estabilidade de agregados e a condutividade hídrica em solos com diferentes práticas de uso e chegaram à conclusão de que o teor de matéria orgânica teve uma grande influência no aumento da estabilidade de agregados dos solos nas diversas condições de uso, conferindo maior resistência à erosão. Quanto maior e mais estáveis os agregados, maior a resistência à erosão (Souza *et al.*, 2005; Engel *et al.*, 2009). Sendo que na maioria dos casos o uso intensivo da terra causa a redução da estabilidade dos agregados (Silva *et al.*, 2012).

Os impactos do uso e manejo do solo sobre sua qualidade física são amplamente estudados, pois para manter a sustentabilidade das práticas agrícolas é necessário garantir a qualidade do solo, ou seja, apto ao uso dentro dos limites de um ecossistema, capaz de sustentar a produtividade biológica e manter a qualidade do ambiente, promovendo assim recursos aos seres vivos (Larson & Pierce, 1991; Andrews *et al.*, 2003; Doran & Darkin, 1994; Marchão *et al.*, 2007; Ferreira, Filho & Ferreira, 2010).

O diagnóstico das condições de campo para o plantio é feito através da análise de qualidade do solo, entretanto, o estabelecimento de critérios para a definição e quantificação da qualidade é complexo, uma vez que envolvem influência de diversos fatores como a sua gênese, variabilidade, manejo desenvolvido ao longo do tempo,

condições climáticas, dentre outros (Marchão *et al.*, 2007). Segundo Sena (2016), os critérios de classificação da qualidade física do solo usados atualmente envolvem os atributos físicos relacionados à sua estabilidade estrutural, como, por exemplo, a estabilidade de agregados. Outra técnica desenvolvida é a avaliação visual com menor precisão, porém mais acessível ao agricultor (Niero *et al.* 2010).

Neste contexto, foram selecionados alguns dos atributos indicadores de qualidade do solo, como o teor de matéria orgânica e estoque de carbono e outros de natureza física com intuito de classificar a qualidade do solo das cinco áreas no campus UFV Florestal. A hipótese deste estudo é de que há relação inversa entre a intensidade de uso do solo e uma boa qualidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal de Viçosa *Campus Florestal*, região central de Minas Gerais, Brasil, nas coordenadas geográficas SAD69 (Lat. 19°52'40"S; Long. 44°25'15"W), altitude de 748,76 m, precipitação anual média de 1434 mm e temperatura anual média de 21,81°C (INMET, 2017). O clima predominante da região é do tipo AW - Tropical com estação seca de inverno, pela classificação de *Köppen-Geiger* (Brasil, 1992). Os dados secundários de clima foram obtidos pela estação meteorológica da região de Florestal – MG, monitorado pela ANA Agência Nacional das Águas e reconhecida oficialmente pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, registrada com número sinóptico 83581. A menor temperatura média registrada foi de 6,48 °C no mês de julho de 1988. A máxima temperatura média registrada foi em janeiro de 2015, com 34,56°C. A média de temperatura invernal é de 14,37°C e de verão 29,25°C. O gráfico do comportamento da temperatura e precipitação pela normal climatológica entre os anos de 1987 e 2017 está apresentado na Figura 1.

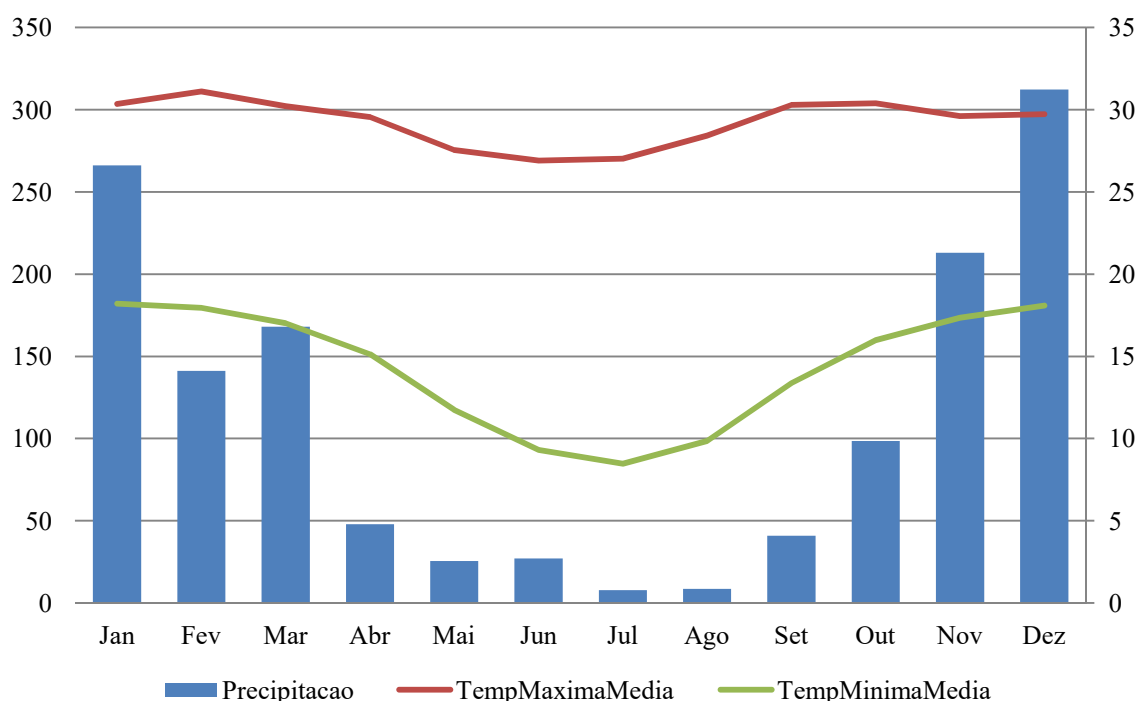
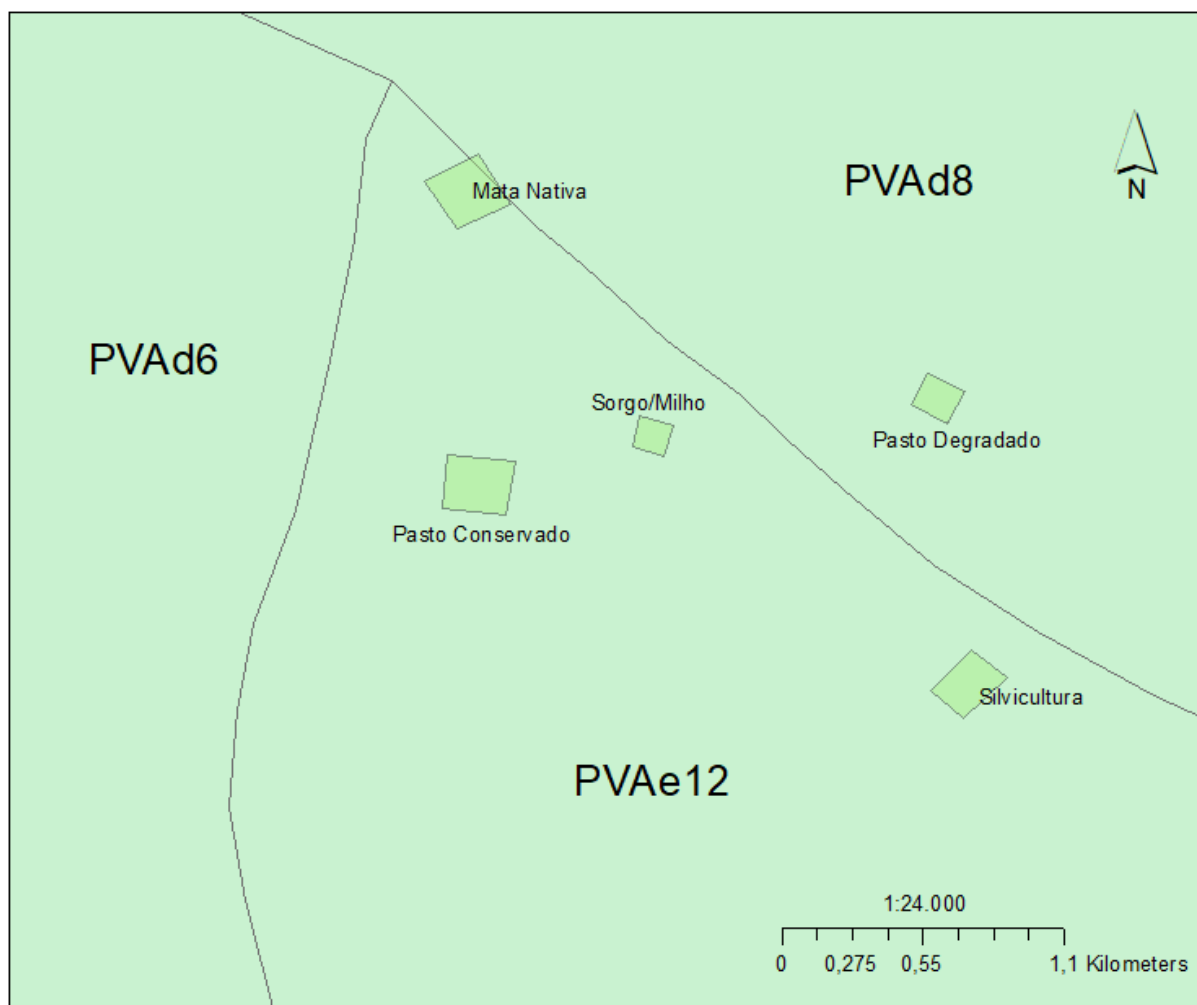


Figura 1: Comportamento mensal da temperatura e precipitação do município de Florestal - MG
Fonte: Estação Meteorológica INMET, 01/07/1987 a 01/07/2017.

O comportamento mostrado no gráfico, indica que os meses de novembro, dezembro e janeiro são aqueles que concentram as maiores precipitações e na estação de inverno há uma redução da precipitação, com destaque para meses a partir de abril, estendendo até o mês de setembro.

O relevo regional é ondulado e está inserido na bacia hidrográfica do Rio Paraopeba, em sua porção média, e é uma região de transição entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica. A classe do solo predominante foi classificada como Argissolo Vermelho-Amarelo, conforme figura 2, elaborado a partir da base cartográfica da FEAM (2010) em conjunto com as universidades Universidade Federal de Viçosa – UFV, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC.

Mapa de Solos da região do Campus Florestal - UFV



Legenda:

- Parcelas amostradas
- PVAe12: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico típico A moderado textura média/argilosa + CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico A moderado textura siltosa/argilosa, cascalhento/não cascalhento; ambos fase caatinga hipoxerófila, relevo forte ondulado.
- PVAd6: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura argilosa, cascalhento/não cascalhento + CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico e léptico A moderado textura siltosa/argilosa + NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico A fraco; todos fase floresta subcaducifólia, relevo suave ondulado e ondulado
- PVAd8: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura média/argilosa + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura argilosa + CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico típico A moderado textura siltosa/argilosa; todos fase floresta subcaducifólia, relevo ondulado e forte ondulado.

Fonte: Mapa de solos do Estado de Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; Universidade Federal de Lavras; Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010

Figura 2: Mapa dos solos presentes nas áreas amostrais do município de Florestal – MG.
Fonte: Mapa dos solos do Estado de Minas Gerais. FEAM, 2010.

2.2. Caracterização dos locais

Foram analisados cinco sistemas de uso e manejo do solo presentes no Campus UFV Florestal, sendo eles: silvicultura, pasto degradado, pasto não degradado, sorgo/milho e mata nativa.

A área de Silvicultura - SL (19°53'05''S e 44°24'45''W) é composta predominantemente por eucaliptos (*Eucalyptus spp.*), plantados desuniformemente, espaçados em torno de 1,70 m entre si, apresentando aproximadamente 7 anos de idade, 20 metros de altura e 2,5m³ de madeira por árvore.

A área de pasto degradado - PD (19°52'30''S e 44°24'47''W), apresenta declividade de aproximadamente 10% e sem terraços, com presença de gramíneas (*Brachiaria decumbens*), distribuídas desuniformemente na área, apresentando falhas de cobertura.

Área de pasto não degradado - PND, para pastagem extensiva (19°52'41''S e 44°25'51''W) apresenta declive suave e pasto bem formado (*Brachiaria decumbens*), conferindo boa cobertura do solo.

Área com plantio de sorgo e milho - SM, representando o sistema convencional de plantio; localiza-se nas coordenadas 19°52'34''S e 44°25'22''W. A área apresenta um histórico de sucessivos plantios de milho, safra e safrinha, por aproximadamente 10 anos, sendo o último cultivo realizado no plantio convencional de sorgo (*Sorghum bicolor*).

Área de mata nativa - MN (19°52'04''S e 44°25'50''W) apresenta-se bem conservada, densa, com sub-bosque e camada de serapilheira. Classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana pelo Mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais, (Scolforo & Carvalho, 2009).

2.3. Densidade do solo

A análise da densidade do solo (Ds) foi realizada através do método do anel volumétrico, no qual os anéis de dimensões aproximadas de Ø=63 mm e altura = 25 mm, foram cravados nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, através do equipamento denominado trado *Uhland*, para a retirada de amostras de solo. Posteriormente, as amostras foram pesadas em balança de precisão e colocadas para

secar em estufa à 105 °C por 48 horas (EMBRAPA, 1997). Após doze horas, as amostras foram viradas, e no término das quarenta e oito horas elas foram novamente pesadas. O valor da massa de solo seco em relação ao volume corresponde à densidade do solo, expresso na equação 1:

$$D_s = \frac{M}{V} \quad (1)$$

Em que:

D_s = Densidade do solo (g/cm^3).

M = Massa de solo seco (g).

V = Volume do cilindro (cm^3).

2.4. Umidade gravimétrica

Os dados obtidos durante os procedimentos para obtenção da densidade do solo são capazes de fornecer a umidade gravimétrica do solo (U_g), uma vez que os cilindros contendo solo serão pesados úmidos e secos e a U_g é obtida quando dividimos a massa de água do solo pela massa do solo seco.

$$M_a = (M_{su} - M_{ss}) \quad (2)$$

$$U_g = \frac{M_a}{M_{ss}} \quad (3)$$

Em que:

M_a = Massa de água (g).

M_{su} = Massa de solo úmido (g).

M_{ss} = Massa de solo seco (g).

U_g = Umidade gravimétrica ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$).

2.5. Estabilidade de agregados

A estabilidade de agregados foi determinada pela metodologia do tamisamento úmido, proposta por Kemper & Rosenau (1986) e descrita pela Embrapa (2012). Esta metodologia tem por objetivo determinar a quantidade e a distribuição do tamanho de agregados estáveis em água. Esse método caracteriza-se pela agitação lenta, dentro de água, de uma amostra do solo, por tempo determinado. As frações das amostras que

permanecem em uma ou várias classes de tamanho são usadas para descrever a condição estrutural da amostra inicial do solo (Dufranc *et al.*, 2004). Espera-se que solos com boa condição estrutural são aqueles que os agregados permanecem mais intactos ao final do peneiramento, pois são os que apresentam uma maior coesão das partículas.

Para tanto, as amostras foram padronizadas pelo tamanho dos agregados, sendo coletados 40g do solo que passaram pela peneira de 9 mm e permaneceram na peneira de 2 mm de diâmetro. Em seguida, as amostras foram depositadas em um conjunto de cinco peneiras de malhas correspondentes a 2,0 mm; 1,0 mm; 0,5 mm; 0,25 mm e 0,10 mm. As peneiras foram colocadas em um agitador mecânico tipo *Yoder* com 27 rpm. As peneiras ficaram submersas em água no agitador por 10 minutos.

Após o peneiramento, a série de peneiras foi imediatamente retirada da água, permitindo que a água escorresse por alguns segundos. Os agregados contidos em cada peneira foram transferidos para os respectivos recipientes metálicos identificados, com auxílio de jatos de água e pisseta; em seguida foram colocados para secar em estufa a 105°C por 48 h, sendo posteriormente pesados.

Após a obtenção do peso do solo seco de cada classe de agregados (solo retido nas peneiras), calculou-se a classe de agregado do solo mais fino, considerada aquela em que o solo passou pela peneira de 0,10 mm de malha, ficando disperso no tamisador. Seu valor, em gramas, foi obtido, subtraindo-se o somatório do peso das outras classes de agregados do peso total da amostra seca.

O estado de agregação das amostras do solo é avaliado pelo índice de diâmetro médio ponderado (DMP) (Castro Filho *et al.*, 1998; Salton *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2013; Saturnino, 2016). Para o cálculo de DMP foi utilizada a fórmula:

$$DMP = \sum_{i=1}^n \frac{m_i \times \bar{D}_i}{m} \quad (4)$$

Em que:

DMP = Diâmetro médio ponderado (mm).

m_i = Massa do agregado na classe i (g).

\bar{D}_i = Diâmetro médio das classes (mm).

m = Massa total de agregados retido em todas as peneiras (g).

A melhor aproximação do verdadeiro valor do diâmetro médio, segundo Lier & Albuquerque (1997), pode ser obtida por meio do diâmetro médio geométrico (DMG). Esse procedimento proporciona maior peso a agregados pequenos, sendo, portanto, adequado para solos com distribuição desigual entre as classes de tamanho de agregados. Esse método também é mais recomendado para regiões de clima tropical, como é o caso da área de estudo, devido à interferência do clima na estabilidade de agregados; solos de clima tropical tendem a ter maiores concentrações de agregados de maiores diâmetros, logo uma maior estabilidade (Gardner, 1956). A seguir, apresenta-se a fórmula para o cálculo de DMG:

$$DMG = \prod_{i=1}^n D_i \frac{m_i}{m} = e^{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{m} \ln(\bar{D}_i)} \quad (5)$$

Em que:

DMG = Diâmetro médio geométrico (mm).

m_i = proporção de peso do agregado de cada classe em relação ao total.

\bar{D}_i = Diâmetro médio das classes (mm).

m = Massa total de agregados retido em todas as peneiras (g).

2.6. Resistência à penetração

A avaliação da resistência mecânica do solo à penetração (RSP) foi através da adaptação da metodologia adotada por Stolf (1991). As coletas foram feitas nas cinco parcelas representando os diferentes tipos de uso e manejo, com nove repetições por área, totalizando 45 amostras no período de julho de 2016, através do equipamento denominado penetrômetro de impacto (modelo IAA/Planalsucar-Stolf), até a profundidade de 60 cm.

Os dados coletados no campo foram convertidos de números de impactos por decímetro para unidade de kgf/cm^2 através da equação 6 e posteriormente convertidos para mega pascal (MPa), através da equação 7:

$$RSP = 5,6 + 6,89 N \quad (6)$$

Em que:

RSP - resistência à penetração (kgf/cm^2)

N - número de impactos

$$RSP_{(MPa)} = 0,0980665 \times RSP \quad (7)$$

2.7. Matéria orgânica no solo

A matéria orgânica do solo (MOS) foi quantificada pela metodologia de Walkley-Black (1934), adaptado pela Embrapa (SILVA *et al.*, 1999). As amostras do solo deformadas foram coletadas nas cinco parcelas representando os sistemas de manejo, em três pontos diferentes (repetições), nas camadas 0-10, 10-20 e 20-40 cm de profundidade. Durante dois dias as amostras foram secas ao ar (TFSA), em seguida iniciou-se o processo de análise laboratorial; primeiramente, com a oxidação da matéria orgânica e posteriormente, à titulação com sulfato ferroso amoniacal e o cálculo do teor de carbono orgânico.

Objetivando a oxidação da matéria orgânica, as amostras do solo passaram por uma peneira de diâmetro de 0,2mm; em seguida, a quantidade de 0,5g de cada amostra do solo foi colocada em um erlenmeyer de 250 ml, acrescentando 10ml de uma solução 1/6 mol/L de $K_2Cr_2O_7$. Misturou-se e logo após acrescentou-se 20 ml de H_2SO_4 concentrado, a solução foi agitada por um minuto e mantido em repouso por 30 min.

Em seguida, para a titulação com sulfato ferroso amoniacal $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$, adicionou-se 40 ml de água destilada, 10 ml de H_3PO_4 , 0,2 g de NaF e 5 gotas de difenilamina. O processo foi encerrado quando a coloração da solução alterou de escuro para verde.

Após a determinação do teor de carbono orgânico no solo, os valores obtidos foram multiplicados pela constante 1,724, obtendo-se o valor de matéria orgânica do solo em $g.Kg^{-1}$. A determinação do estoque de carbono, baseou-se na equação segundo Embrapa, 1997:

$$ESC = CO \times Ds \times e \quad (8)$$

Em que:

ESC = Estoque de C orgânico em determinada profundidade ($Mg.ha^{-1}$)

CO = Teor de C orgânico total na profundidade amostrada ($g.kg^{-1}$)

Ds = Densidade do solo da profundidade (g/cm^3)

e = Espessura da camada considerada (cm),

2.8. Análise Estatística

O experimento foi conduzido através do delineamento experimental inteiramente casualizados (DIC), divididos em dois fatores; áreas e profundidades, sendo consideradas cinco áreas amostradas e três profundidades diferentes com três repetições em locais distintos dispostos em formato triangular de forma que represente a área da parcela amostrada. Cada sistema de manejo obteve nove amostras, totalizando 45 amostras. Os resultados foram submetidos ao teste Scott & Knott com nível de confiança a 95% ($\alpha = 0,05$), pelo Software R e pacote ExpDes (Scott & Knott, 1974).

As áreas foram agrupadas em um dendograma de dissimilaridade através de uma análise multivariada (análise de cluster) dos valores médios obtidos pelos parâmetros físicos e químicos estudados. Esta análise foi realizada pelo método de *Ward* com distância euclidiana (Melloni *et al.*, 2008) utilizando o software estatístico XLSTAT versão 2017.3.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Parâmetros físicos do solo

Os valores encontrados de resistência do solo à penetração (RSP) são apresentados na Figura 3 e Tabela 1. Através do teste estatístico *Scott-Knott* foi possível identificar que as médias de RSP apresentam diferenças tanto na profundidade alcançada quanto ao tipo de uso e sistema de manejo da área.

Tabela 1: Resistência do solo à penetração (Mpa) em diferentes áreas do *campus* Florestal

Prof. (cm)	Silvicultura	Pasto degradado	Pasto não degradado	Sorgo e Milho	Mata nativa
0-5	0,338 aB	0,288 aB	0,593 aD	0,307 aA	0,406 aC
5 -10	1,177 bA	0,918 bA	1,881 aA	1,669 aA	1,371 bB
10-20	1,274 bA	1,195 bA	1,840 aA	1,866 aA	1,537 bB
20-30	1,413 bA	1,225 bA	1,879 aA	1,714 aA	1,881 aA
30-40	1,341 bA	1,194 bA	1,457 bB	1,419 bB	2,100 aA
40-50	1,132 bA	1,214 bA	1,139 bC	1,220 bB	2,210 aA
50-60	1,009 bA	1,286 bA	1,084 bC	1,020 bC	1,962 aA
Média	1,098 c	1,047 c	1,412 b	1,316 b	1,638 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($\alpha=0,05$), letra maiúscula compara efeito da profundidade sobre a área (coluna), letras minúsculas compara diferentes tipos de uso e manejo em determinadas profundidades (linha).

De uma maneira geral, os resultados obtidos de resistência à penetração, a qual indica o nível de compactação do solo e principalmente, se haverá impedimento no desenvolvimento radicular das plantas (Bradford, 1986), foram considerados moderados.

O valor para a determinação da interferência radicular é variável, uma vez que, podem variar de acordo com a espécie cultivada (Cardoso, 2008), com a textura do solo, como por exemplo, Latossolo arenoso há relato de interferência no desenvolvimento com resistência de 0,75 MPa (Rosolem *et al.*, 1994), enquanto em Latossolo argiloso o valor é de 1,40 MPa (Alvarenga *et al.*, 1996). Além disso, há outros parâmetros como a densidade do solo, umidade e teor de matéria orgânica que podem influenciar no resultado (Upadhyaya *et al.*, 1982; Silveira *et al.*, 2010). Muitos autores têm adotado como convenção, valores acima de 2 Mpa para impedimento radicular (Arshad *et al.*, 1996; Matias *et al.*, 2009; Pragana *et al.*, 2012; Diógenes *et al.*, 2016). Para esse estudo adotou-se a classificação adaptada por Beutler *et al.*, (2001) na qual a resistência é considerada alta entre 2 a 4 Mpa, condizente com demais autores. Portanto, as áreas avaliadas tiveram valores abaixo de 2 Mpa, com exceção das camadas de 30 a 50 cm de

profundidade na região da mata nativa, indicando que apenas naquela faixa de profundidade haveria o impedimento no desenvolvimento de raízes.

Em relação ao efeito da profundidade sobre a resistência (Tabela 1, Figura 3) foi constatado que a camada superficial (0 -5 cm) apresentou o menor valor de resistência à penetração para todas as áreas, classificado como baixa RSP de acordo com Beutler *et al.* (2001). A menor resistência na camada superficial pode ser explicada devido ao acúmulo de matéria orgânica e a decorrência dos sistemas radiculares das plantas que minimiza o efeito da compactação (Ralisch *et al.*, 2008).

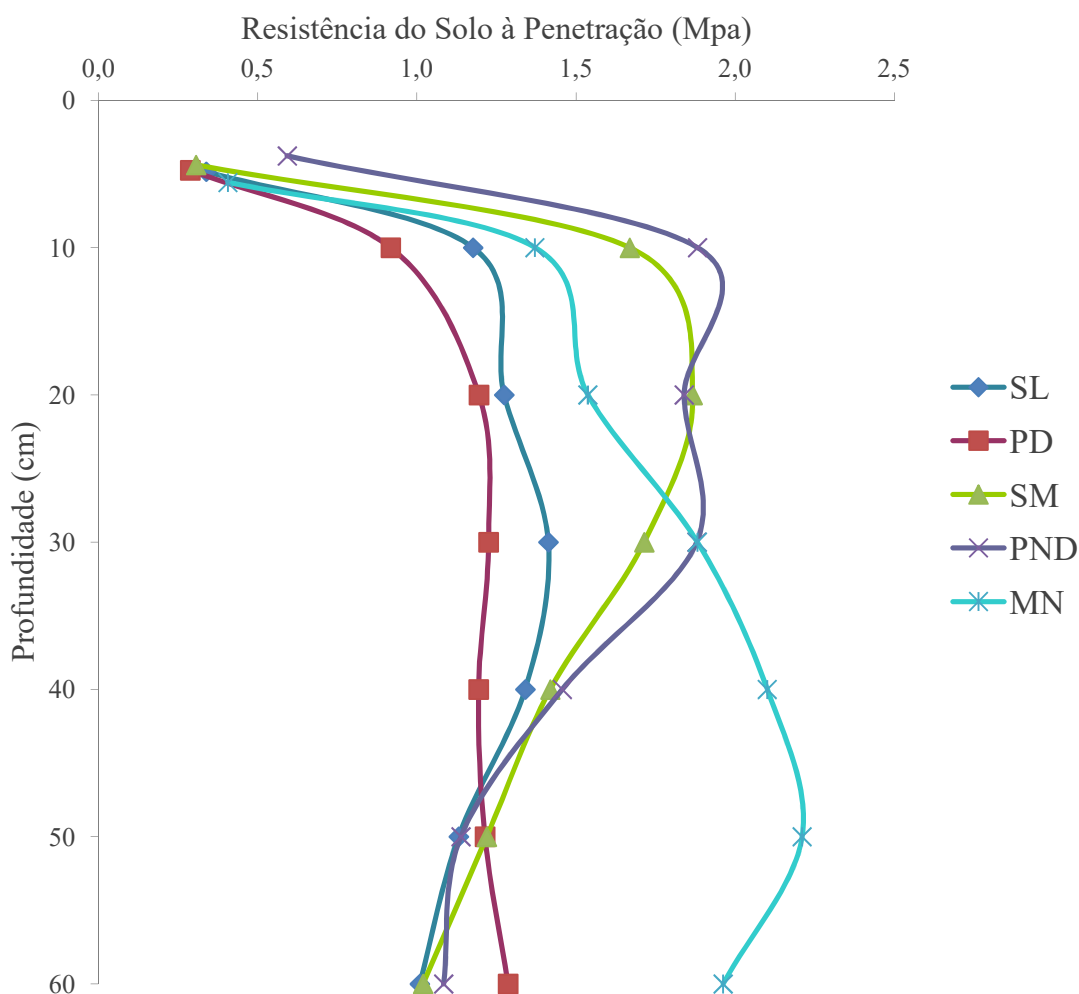


Figura 3: Resistência do Solo à Penetração nas diferentes áreas da UFV Florestal.
OBS: SL = Silvicultura; MN = Mata nativa; PND = Pasto Não Degradado; SM = Sorgo e Milho; PD = Pasto Degradado.

Analisando o efeito da profundidade sobre os sistemas nas camadas de 5-10 a 20-30 cm, os sistemas de sorgo/milho e pasto não degradado são as áreas que apresentam maiores valores de RSP. Em maiores profundidades (40 – 60 cm) estes se reduzem,

provavelmente devido à interrupção dos efeitos da compactação do solo causados pela ação de equipamentos agrícolas na área de sorgo/milho ou movimentação animal na área de pastagem não degradada (Maziero *et al.*, 1997).

As atividades relacionadas ao preparo do solo ou manutenção, como adubação, irrigação e controle químico envolvem a movimentação de tratores e demais equipamentos pesados que proporcionam um acúmulo de cargas e podem promover o surgimento de uma camada mais compactada tanto na superfície como nas camadas mais profundas, geralmente até 40 cm profundidade (Tormena *et al.*, 1998; Molin *et al.*, 2012; Pedrotti *et al.*, 2001; Freddi *et al.*, 2009; Lima *et al.*, 2013; Vogel & Fey, 2016). O fenômeno conhecido como “pé-de-arado” ou “pé-de-grade” é definido como a camada compactada causada pela ação das ponteiras dos escarificadores ou discos de arado que ocorre abaixo profundidade de trabalho do equipamento (Mentges *et al.*, 2010), geralmente em torno de 20 cm de profundidade (Spera *et al.*, 2009), sendo este evidente na área de sorgo e milho (Figura 3). Assim como no trabalho de Stone & Silveira (1999), no qual o sistema de preparo com grade aradora propiciou a formação de uma camada mais compacta entre 10 e 24 cm de profundidade.

O pisoteio por animais, o tempo de permanência e condições ambientais, como exemplo, alto teor de umidade do terreno, são fatores capazes de afetar as condições da estrutura do solo, proporcionando a compactação (Silva *et al.*, 2016). A área de pasto não degradado (PND) está destinada à criação de gado extensivo estando sujeita ao pisoteio animal. Apesar de sua cobertura vegetal apresentar maior volume em relação ao PD, os resultados presentes na Figura 3 e Tabela 1 indicam que a presença de bovinos interferiu na propriedade física do solo do PND, alterando a RSP desta nas camadas 10-30 cm, classificadas como moderadas.

O outro pasto analisado (PD) apresentou resultados bem distintos ao da pastagem não degradada, a curva presente na Figura 3 indica que nesta área não há compactação por pisoteio animal, uma vez que não há diferença significativa de RSP entre as camadas a partir dos 5 cm de profundidade. Os valores obtidos nessa região estão condizentes com apresentados por Silva, Medina & Jolomba (2017), em sua área de pasto degradado coberto por *Brachiaria ssp.*, alcançando a média de 1,2 Mpa. Desta forma, os valores altos da RSP presentes na área de PND podem ser atribuídos a interferência por pisoteio animal. Torres *et al.* (2012), investigou a influência do pisoteio bovino na resistência mecânica a penetração em pastagem irrigadas e não irrigadas e identificou que o pisoteio animal causou o aumento da densidade do solo no

tratamento não irrigado. Sampaio & Guarino (2007), comparando áreas com intenso pisoteio de gado com áreas adjacentes, porém sem a presença destes há pelo menos 13 anos, obteve diferenças de resistência à penetração significativas, variando de 3 kg.cm⁻² para 0,7 kg.cm⁻². Outro exemplo foi estudo de Paulo & Almeida (2016) em florestas ripárias, no qual os solos tendem a ser férteis e úmidos e em fundos de vales, constatando que a presença de pisoteio animal ocasionou no aumento da RSP, sem interferir nas condições químicas.

A área de silvicultura também apresentou baixa RSP, o que pode estar relacionado às atividades de manutenção do solo, que ocorre em menor frequência quando comparados a culturas anuais. Outro aspecto é a cobertura vegetal e intensa produção de serrapilheira, que confere proteção ao solo (Pulrolnik *et al.*, 2009), sendo que esta região possui altos teores de matéria orgânica (Figura 4) que exercem efeitos de redução da RSP (Kumar *et al.*, 1985; Smith *et al.*, 1997).

A área de MN apresentou maior RSP a partir dos 20 cm de profundidade, o que pode estar relacionado à ausência de revolvimento anual do solo, que auxilia na descompactação da camada (Souza *et al.*, 2005), assim como a redução dos teores de matéria orgânica causando a formação de agregados menores, reduzindo a porosidade o que influencia negativamente no resultado da resistência do solo (Costa *et al.*, 2003; Boone *et al.*, 1994).

Segundo Moreira *et al.* (2005), outro atributo do solo indicativo de compactação em áreas de pastagem seria o aumento da densidade do solo, os dados coletados desse atributo estão presentes na Tabela 2.

De acordo com os autores Reinert *et al.* (2007), os valores de densidade do solo a partir de 1,75 g.cm⁻³ são indicativos de compactação, capazes de causar deformidade nas raízes. Em geral, os valores obtidos se igualaram estatisticamente com a média em torno de 1,4 g.cm⁻³, com exceção da silvicultura nas camadas de 10- 20 e 20-40 com Ds de 1,13 e 1,06 g.cm⁻³ respectivamente.

As áreas com maiores valores de umidade do solo foram à mata nativa (8,4 g.g⁻¹) e o pasto não degradado (10,4 g.g⁻¹), sendo que ambas as áreas possuíam uma boa cobertura vegetal, que propiciou a retenção da umidade no solo.

Tabela 2: Médias e erros padrões das Densidades do solo e sua Umidade gravimétrica nos diferentes tipos de sistema de manejo

Prof. (cm)	SL	PD	PND	SM	MN
<i>D_s⁽¹⁾ (g.cm⁻³)</i>					
0-10	1,14 ± 0,18 aA	1,39 ± 0,12 aA	1,51 ± 0,03 aA	1,46 ± 0,11 aA	1,32 ± 0,03 aA
10-20	1,13 ± 0,06 bA	1,46 ± 0,08 aA	1,46 ± 0,06 aA	1,59 ± 0,12 aA	1,66 ± 0,12 aA
20-40	1,06 ± 0,05 bA	1,61 ± 0,05 aA	1,35 ± 0,05 aA	1,46 ± 0,09 aA	1,57 ± 0,12 aA
<i>U_g⁽²⁾ (g.g⁻¹)</i>					
0-10	0,15 ± 0,052 aA	0,10 ± 0,004 bB	0,16 ± 0,007 aA	0,09 ± 0,005 bB	0,16 ± 0,016 aA
10-20	0,10 ± 0,003 bA	0,13 ± 0,007 bB	0,18 ± 0,009 aA	0,15 ± 0,014 aA	0,16 ± 0,020 aA
20-40	0,11 ± 0,001 bA	0,16 ± 0,016 aA	0,19 ± 0,012 aA	0,18 ± 0,002 aA	0,17 ± 0,017 aA

SL = Silvicultura; MN = Mata nativa; PND = Pasto Não Degradado; SM = Sorgo e Milho; PD = Pasto Degradado. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($\alpha=0,05$), letra maiúscula compara efeito da profundidade sobre a área (coluna), letras minúsculas compara diferentes tipos de manejo em determinadas profundidades (linha).

A análise de estabilidade de agregados está relacionada à capacidade dos agregados em resistir à energia que lhes foi aplicada, permanecendo intactos ao final da agitação na água. São utilizados para avaliar a condição de manejo dada ao solo. Conforme o sistema de classificação de Silva (2001), considera-se como muito estáveis agregados maiores que 4mm.

Os resultados presentes na Tabela 3 indicaram que não houve diferença dos dois parâmetros estudados em relação às profundidades, e quando comparado o sistema de manejo, a área de sorgo/milho obteve o menor valor de DMP na camada de 0-10 cm e menor valor de DMG nas camadas de 0-10 e 10-20 e menores valores de IEA nas camadas de 0-10 e 10-20.

Os valores obtidos nessa área estão abaixo de 4mm, ou seja, essa área é classificada como estabilidade de agregados moderada, sugerindo que a agricultura intensiva pode ter causado uma perda da qualidade do solo. As práticas como a aração e a gradagem, que vêm sendo feitas no local ininterruptamente provocam a desestruturação dos agregados. Enquanto as demais áreas, na região do *campus*, de um modo geral, possui estabilidade de agregados muito alta, indicando que o solo é resistente a processos erosivos.

Tabela 3: Médias e erros padrões dos diâmetros médio ponderado e geométrico, além do índice de estabilidade de agregados dos sistemas de manejo

Prof. (cm)	SL	PD	PND	SM	MN
<i>DMP⁽¹⁾ mm</i>					
0-10	4,36 ±0,68 aA	5,64 ±0,03 aA	5,71 ±0,01 aA	2,64 ±0,27 bA	5,72 ±0,01 aA
10-20	4,53 ±0,78 aA	5,43 ±0,22 aA	5,54 ±0,18 aA	3,77 ±0,79 aA	4,69 ±0,49 aA
20-40	4,91 ±0,55 aA	4,74 ±0,63 aA	5,71 ±0,02 aA	4,04 ±0,80 aA	4,89 ±0,72 aA
<i>DMG⁽²⁾ mm</i>					
0-10	3,56 ±1,05 bA	5,49 ±0,07 aA	5,65 ±0,02 aA	1,36 ±0,19 cA	5,67 ±0,02 aA
10-20	3,86 ±1,06 aA	5,09 ±0,44 aA	5,32 ±0,35 aA	2,61 ±0,80 aA	3,88 ±0,83 aA
20-40	4,31 ±0,87 aA	4,07 ±0,91 aA	5,64 ±0,04 aA	3,04 ±1,00 aA	4,37 ±1,05 aA

⁽¹⁾ Diâmetro médio ponderado; ⁽²⁾ Diâmetro médio geométrico; SL = Silvicultura; MN = Mata nativa; PND = Pasto Não Degradado; SM = Sorgo e Milho; PD = Pasto Degradado. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($\alpha=0,05$), letra maiúscula compara efeito da profundidade sobre a área (coluna), letras minúsculas compara diferentes tipos de manejo em determinadas profundidades (linha).

3.2. Matéria orgânica do solo e estoque de carbono

Os resultados das análises de matéria orgânica e estoques de carbono do solo, em diferentes profundidades de amostragem, encontram-se na Tabela 4 e Figura 4.

Tabela 4: Matéria orgânica e estoque de carbono dos diferentes tipos de sistema de manejo (média ± erro padrão)

Prof. (cm)	SL	PD	PND	SM	MN
<i>MOS⁽¹⁾ (g. Kg⁻¹)</i>					
0-10	68,4 ± 2,61 aA	23,7 ± 0,22 bA	50,9 ± 0,48 aA	23,5 ± 0,18 bA	32,4 ± 0,34 bA
10-20	32,0 ± 0,30 aB	20,5 ± 0,11 aA	38,2 ± 0,45 aA	23,6 ± 0,18 aA	29,3 ± 0,63 aA
20-40	28,4 ± 0,36 aB	15,1 ± 0,10 aA	33,7 ± 0,40 aA	22,6 ± 0,29 aA	22,1 ± 0,39 aA
<i>ESC⁽²⁾ (Mg.ha⁻¹)</i>					
0-10	40,02 ± 10,16 aA	18,81 ± 0,41 bA	44,62 ± 4,56 aA	19,68 ± 0,42 bA	24,99 ± 3,07 bA
10-20	21,04 ± 2,85 bB	17,48 ± 1,74 bA	31,99 ± 2,63 aB	21,59 ± 1,19 bA	27,81 ± 5,81 aA
20-40	17,45 ± 2,18 aB	14,03 ± 0,47 aA	26,27 ± 2,28 aB	19,05 ± 2,51 aA	19,83 ± 2,28 aA

⁽¹⁾ Matéria Orgânica; ⁽²⁾ Estoque de Carbono; SL = Silvicultura; MN = Mata nativa; PND = Pasto Não Degradado; SM = Sorgo e Milho; PD = Pasto Degradado. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($\alpha=0,05$), letra maiúscula compara efeito da profundidade sobre a área (coluna), letras minúsculas compara diferentes tipos de manejo em determinadas profundidades (linha).

Os teores de matéria orgânica do solo (MOS) nas áreas analisadas foram maiores na camada de 0-10 cm, devido às maiores reações microbianas e maiores deposições de restos culturais que ocorrem nessa faixa de profundidade. Em relação à diferença entre as áreas, a silvicultura e o pasto não degradado (Figura 4) foram as que tiveram maiores concentrações de matéria orgânica e as áreas de mata nativa, sorgo/milho e pasto degradado se igualaram estatisticamente (Tabela 4).

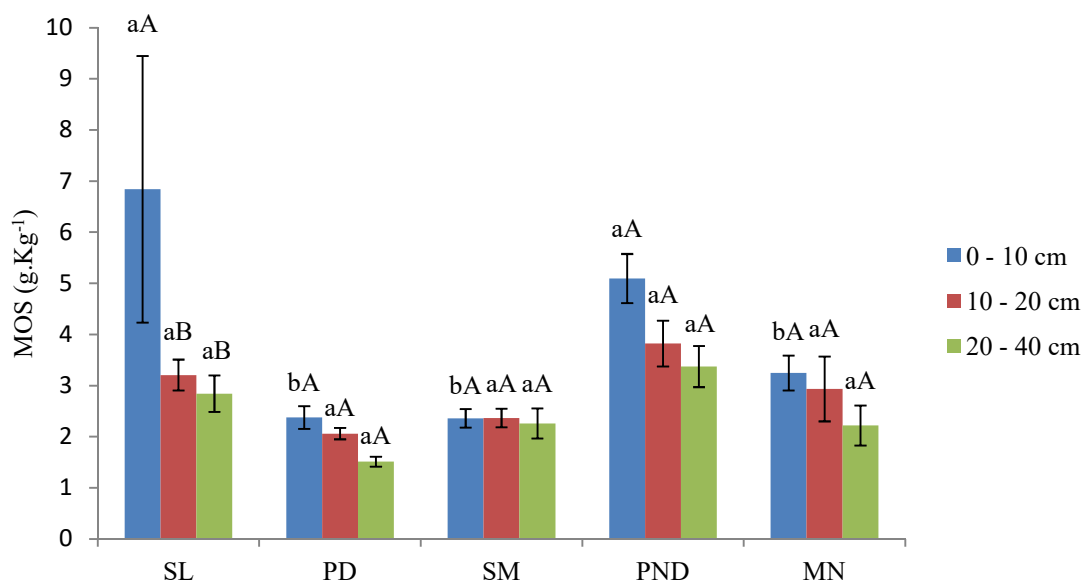


Figura 4: Teor de matéria orgânica nas diferentes profundidades nas áreas do UFV Florestal
 OBS: SL = Silvicultura; MN = Mata nativa; PND = Pasto Não Degradado; SM = Sorgo e Milho; PD = Pasto Degradado, médias por intervalo de profundidade (0-10, 10-20 e 20-40 cm) e seu erro padrão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($\alpha=0,05$), letra maiúscula compara efeito da profundidade sobre a área (coluna), letras minúsculas compara diferentes tipos de manejo em determinadas profundidades (linha).

De acordo com Ribeiro, Guimarães & Alvarez, (1999) os teores de matéria orgânica podem ser classificados em cinco níveis, muito baixo ($MOS \leq 7$ g/kg), baixo (7 g/kg < $MOS \leq 20$ g/kg), médio (20 g/kg < $MOS \leq 40$ g/kg), bom (40 g/kg < $MOS \leq 70$ g/kg) e muito bom ($MOS > 70$ g/kg). A Figura 5 ilustra os percentuais de matéria orgânicas enquadradas de acordo com essa classificação.

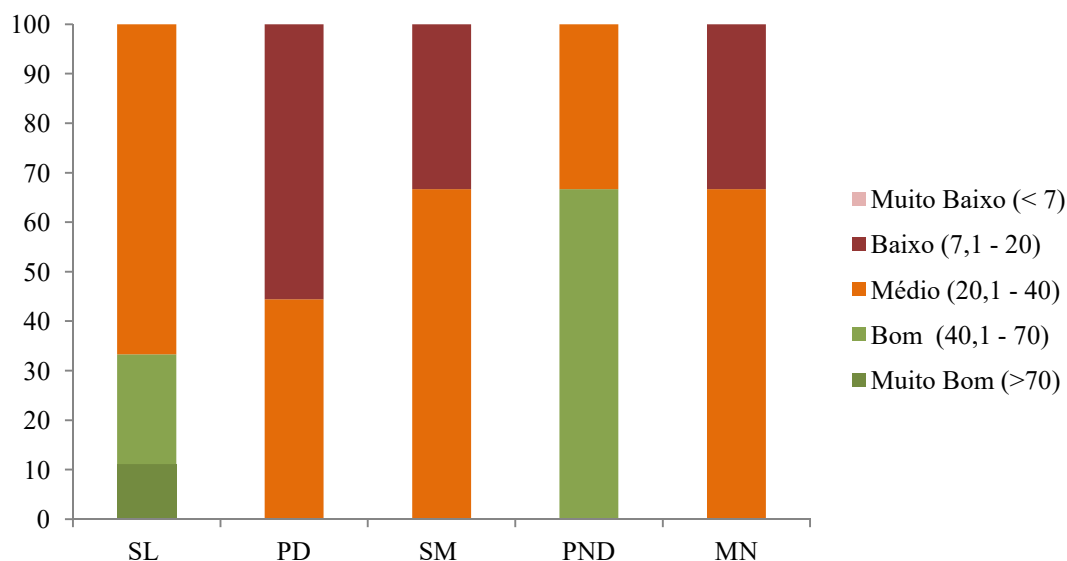


Figura 5: Qualidade do solo em relação à quantidade de matéria orgânica conforme classificação por Ribeiro, Guimarães & Alvarez (1999). OBS: SL = Silvicultura; MN = Mata nativa; PND= Pasto não degradado; SM = Sorgo e Milho; PD = Pasto Degradado.

As áreas com maiores teores de matéria orgânica na faixa de boa qualidade do solo foram à silvicultura e o pasto não degradado, nenhuma das áreas apresentou valores considerados muito baixos (abaixo de 7g/kg). A área de pasto degradado apresentou mais da metade das médias na faixa baixo e o restante na faixa média. A área de sorgo/milho que obteve quase 40% dos dados na faixa baixo e acima de 60% na faixa moderada. O preparo do solo nesta área foi feito de maneira convencional, ou seja, por meio de aração e gradagem, resultando na oxidação da matéria orgânica (Canellas *et al.*, 2003) e incorporação dos restos culturais no perfil do solo, diminuindo, assim, as diferenças entre o teor de matéria orgânica entre as profundidades (Matsuoka, Mendes & Loureiro, 2003), evidenciado na Figura 4.

O estoque de carbono está relacionado ao teor de matéria orgânica, uma vez que está presente em sua composição. Algumas práticas de manejo inadequadas podem favorecer a diminuição do estoque de carbono, causando a mineralização da matéria orgânica, logo esse atributo do solo é utilizado como indicador de sustentabilidade de cultivos agrícolas (Cerri *et al.*, 2017).

O armazenamento da matéria orgânica no solo é de suma importância para os serviços ambientais e a atenuação dos efeitos negativos provocados pelas mudanças climáticas. Os solos contêm cerca de duas vezes mais carbono que a atmosfera, ou seja, as entradas e saídas de carbono orgânico do solo têm uma intensa influência sobre a concentração de CO₂ atmosférico (Primieri, Muniz & Lisboa, 2017). Outro fator é o papel da vegetação no sequestro de carbono, no qual o carbono é absorvido durante a

fotossíntese e à medida que a planta se desenvolve o carbono se torna parte de sua composição (Nair *et al.*, 2009).

Dessa forma, o comportamento do gráfico da Figura 4 se assemelha ao da Figura 6, no qual os sistemas com menor teor de MOS e menor ESC são as áreas de pasto degradado e sorgo/milho; em ambas as áreas houve um histórico de sistema intensivo de exploração (cultivo convencional), que contribuiu para um rápido esgotamento do carbono orgânico do solo. Outro fator é oxidação da matéria orgânica, sistemas agrícolas como a área de sorgo/milho possuem intensas atividades biológicas causadas pelo revolvimento do solo, correção de acidez, adubação, irrigação, criando um ambiente propício a atividade dos microrganismos (Pereira *et al.*, 2010).

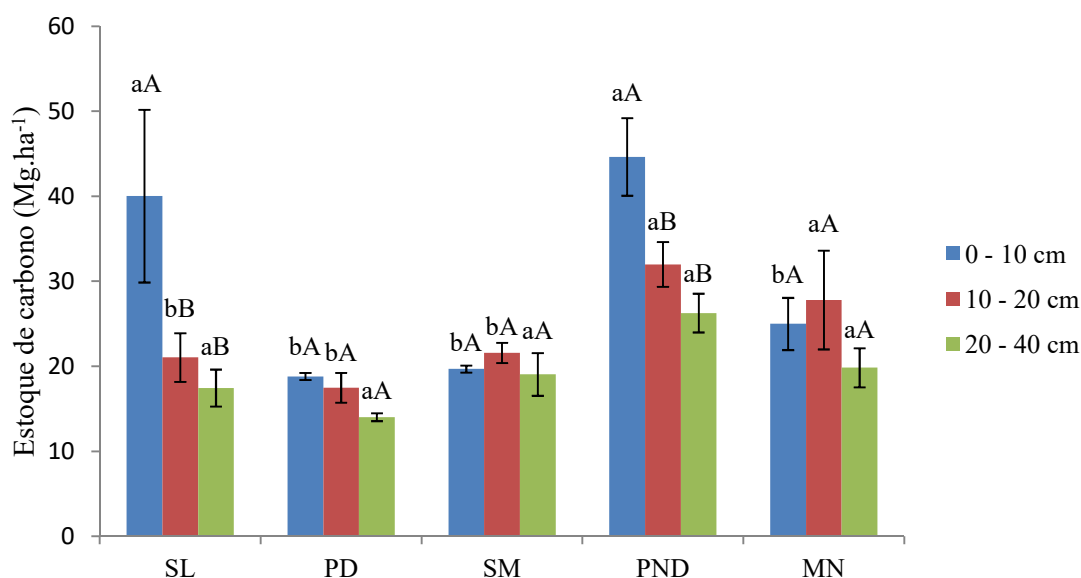


Figura 6: Estoque de carbono nas diferentes profundidades e áreas do *Campus Florestal*
 OBS: SL = Silvicultura; MN = Mata nativa; PND= Pasto não degradado; SM = Sorgo e Milho; PD = Pasto Degradado, médias por intervalo de profundidade (0-10, 10-20 e 20-40 cm) e seu erro padrão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($\alpha=0,05$), letra maiúscula compara efeito da profundidade sobre a área (coluna), letras minúsculas compara diferentes tipos de manejo em determinadas profundidades (linha).

Nos demais sistemas os maiores valores de Estoque de Carbono permaneceu na primeira camada. A área de pastagem conservada apresentou a maior quantidade ($34,29 \text{ Mg.ha}^{-1}$), se igualando estatisticamente à mata nativa e silvicultura. Segundo Andréa *et al.*, (2004), a pastagem é um sistema promissor em aumentar o estoque de C orgânico do solo, por apresentar variações positivas em relação ao cerrado nativo observadas em seu experimento. A seguir, serão relacionados os parâmetros estudados para a classificação da qualidade do solo.

3.3. Diagrama de qualidade do solo

O desenvolvimento de técnicas para a avaliação da qualidade do solo, capazes de relacionar os diferentes atributos (físicos, químicos, biológicos), que interferem em sua sustentabilidade é de suma importância, uma vez que, as variáveis são analisadas em conjunto e correlacionadas; os resultados se tornam bem mais precisos e possibilitam a compreensão da atuação dos processos, resultantes das forças atuantes nos diferentes sistemas de manejo. Segundo Guerra & Botelho (1996), deve-se acrescentar também as variáveis relacionadas à morfologia do terreno, a pluviometria, cobertura vegetal, e nas áreas agrícolas o tipo de lavoura. Desta forma, com emprego de todas as variáveis seria possível compreender o surgimento do processo de degradação do solo.

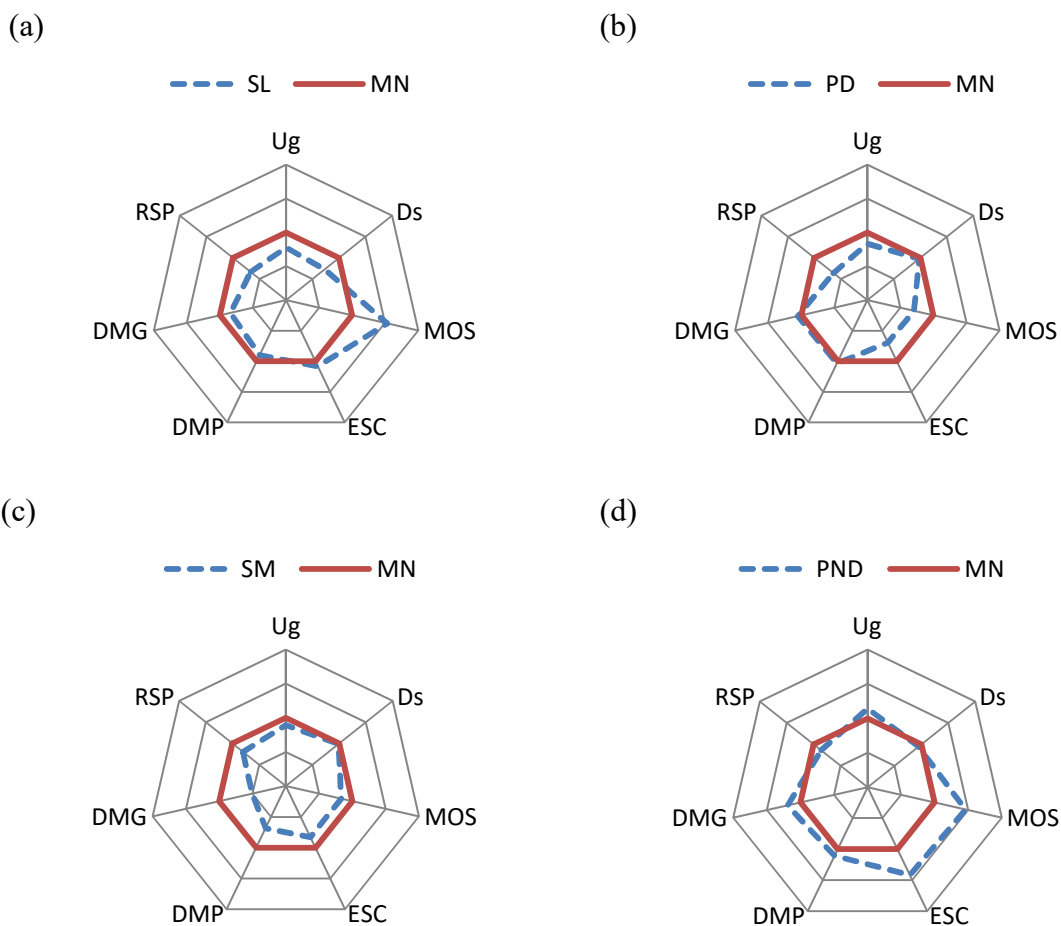


Figura 7: Diagramas radiais comparando a qualidade do solo entre a área de mata nativa (MN) com os diferentes sistemas de manejos. (a) SL: silvicultura; (b) PD: pasto degradado; (c) SM: sorgo e milho; (d) PND: pasto não degradado. Considerando a média obtida em todas as profundidades quanto ao teor de matéria orgânica do solo (M.O.S), estoque de carbono (ESC), densidade (Ds), umidade gravimétrica (Ug), Resistência do solo à penetração (RSP), diâmetro médio geométrico (DMG), Diâmetro médio ponderado (DMP), no *campus* Florestal (MG)-UFV.

Os conjuntos dos parâmetros avaliados nesse projeto foram relacionados através do diagrama radial (Figura 7) e dendrograma de dissimilaridade (Figura 8), que foram capazes de comparar os resultados dos sistemas agrícolas com a área de mata nativa e agrupados de acordo com sua semelhança.

Ao analisar detalhadamente a área de silvicultura (Figura 7a), em comparação à mata nativa, esta apresentou menor densidade do solo, maior teor de matéria orgânica, diâmetro de partícula próximos à área da mata nativa e menor resistência à penetração. Maiores teores de matéria orgânica exercem papel importante na redução da densidade do solo e no aumento dos valores de macroporosidade, contribuindo para uma menor RSP (Soares *et al.*, 2016; Silveira *et al.*, 2010; Mandarino *et al.*, 2016), portanto era esperado que nessa região houvesse uma resistência menor.

Esperava-se que a área de silvicultura, fosse o sistema de uso e manejo que mais se assemelharia à área de mata nativa, devido ao porte da vegetação, ao seu ciclo longo, que possibilitam à estratificação da vegetação. Segundo Pulrolnik *et al.* (2009), a produção de serapilheira por espécies de eucalipto em alguns casos, é muito maior do que em áreas de mata nativa (cerrado) e pastagem, entretanto, possui teores reduzidos de K e P, o que contribui para uma decomposição é mais lenta, favorecendo a manutenção de substâncias orgânicas no solo.

Ainda segundo esse autor, a serapilheira da silvicultura possui alta relação de C/N, C/P, C/S, e os componentes da planta são lignificados e aromáticos, favorecendo a decomposição lenta e o incremento no estoque de carbono e nitrogênio, principalmente, nas camadas superficiais.

Alguns dos valores, relacionados ao estoque de carbono, encontrados nesse estudo nas áreas agrícolas da UFV *campus* Florestal-MG foram próximas daqueles encontrados por Baldotto *et al.* (2015) como é o caso da área de eucalipto na camada de 0-20cm de profundidade que apresentou o valor de 37,81 Mg.ha⁻¹, enquanto a área estudada nesse projeto, denominada de silvicultura (SL), obteve 40,02 Mg.ha⁻¹ para a camada de 0-10cm de profundidade. Nas camadas de 20- 40 cm, em ambos os estudos houve uma redução do estoque de carbono. A área de pasto apresentada por Baldotto *et al.* (2015) se assemelhou mais a área de pasto degradado e a área de mata nativa apresentou valores maiores (34 Mg.ha⁻¹) do que a mata estudada (26 Mg.ha⁻¹) para a camada de 0-20 cm.

Ambos os dados apresentados, neste estudo e no de Baldotto *et al.* (2015) foram condizentes com os resultados obtidos por Pulrolnik *et al.* (2009), que atribuiu ao cultivo de eucalipto um aumento do estoque de carbono com frações maiores do que as áreas de cerrado e pastagem.

Quanto ao teor de matéria orgânica observado na área de mata nativa, no qual seu valor se igualou as áreas de sorgo/milho e pasto degradado na primeira camada de 0-10 cm, esse mesmo fato coincidiu com os resultados apresentados por Martins *et al.* (2009), no qual fora fracionado a matéria orgânica nos sistemas agroflorestais, sistema agrossilvopastoril, pastagem extensiva e a área de floresta nativa que apresentou valores de matéria orgânica do solo e carbono orgânicos menores do que as demais áreas.

Sistemas agrícolas necessitam repor os nutrientes e minerais para o desenvolvimento das plantas, diferentemente das áreas de mata nativa, no qual a matéria orgânica vai se depositando lentamente no decorrer dos anos. Através do fracionamento da matéria orgânica é possível identificar o estado de decomposição da matéria, que interfere nos nutrientes necessários ao desenvolvimento da planta. Martins *et al.* (2009) identificou que os teores de humina, ácidos fúlvicos livres e os ácidos húmicos variam de acordo com o agrossistema, sendo o sistema agrossilvopastoril aquele com maiores concentrações de humina e ácidos fúlvicos.

Os sistemas de pastagem estudados (Figura 7 b e 7 d) tiveram resultados distintos, o pasto não degradado, destinado à pastagem extensiva apresentou médias de matéria orgânica acima de 40 g/kg, considerado como bom (Ribeiro, Guimarães & Alvarez, 1999). A área possui uma boa cobertura vegetal, sem falhas. O pasto mais alto confere uma maior biomassa capaz de interceptar as gotas de chuva, reduzindo seu impacto sobre o solo e a ocorrência do escoamento superficial; desta forma propicia o aumento da infiltração de água, evitando assim a lixiviação da matéria orgânica e favorecendo a estabilidade de agregados (Carpenedo & Mielniczuk, 1990; Almeida, 2016; Bonetti, 2017). Inclusive pode ser observada uma tendência de acúmulo de C em relação à condição natural de cobertura em decorrência, principalmente, da elevada geração de resíduos e intensa ciclagem de raízes nesses sistemas (Moraes *et al.*, 2002; Andréa *et al.*, 2004; Porto, *et al.*, 2009).

Os sistemas radiculares das gramíneas também interferem positivamente na estabilidade de agregados, sendo estes extensos e constantemente renovados (Harris *et al.*, 1966). Os diâmetros das partículas foram altos, em torno de 5,5 mm, justamente pelo alto teor de matéria orgânica, que atua como elemento estabilizador da estrutura,

promovendo a formação de agregados maiores e mais estáveis (Panachuki *et al.* 2006; Júnior, Corá & Lal, 2016).

Entretanto os resíduos da pastagem são mais suscetíveis às variações climáticas, químicas e microbiológicas, se degradando numa maior velocidade, devido à baixa lignina em sua composição, no qual é o predecessor químico da humina, ácidos húmicos e outros compostos recalcitrantes (Santos & Camargo, 1999 *In* Pulrolnik *et al.* 2009). Portanto, é importante um maior volume da vegetação para justamente proteger dos efeitos ambientais sobre o solo, mesmo que os diâmetros das partículas sejam maiores, indicando estabilidade de agregado alta.

Quanto ao outro pasto analisado, denominado de pasto degradado (Figura 7b), apresentou resultados inferiores ao da mata nativa diferentemente do outro pasto. Acredita-se que esteja relacionado à falta de cobertura vegetal, que não foi o suficiente para proteger o solo dos efeitos ambientais. Uma vez que, as proporções de matéria orgânica e estoque de carbono se encontram nos valores médios e baixos conforme a classificação de Ribeiro, Guimarães & Alvarez (1999), indicando que a área ainda se encontra em estado de recuperação das atividades anteriores. O único indicador que apresentou bons resultados foi a RSP. A área de pastagem estudada por Vezzani & Mielniczuk (2011), recuperou a sua estrutura do solo e proporção de macroagregados após o período de 17 anos e, ainda assim, apresentou menores valores de estoque de carbono quando comparado às demais áreas. Indicando a eficiência do sistema radicular das gramíneas na recuperação da agregação do solo, entretanto em um período longo de tempo.

Por fim, a área de cultivo de sorgo/milho (Figura 7c) vem sendo aproveitada de forma convencional e contínua, produzindo principalmente milho, (safra e safrinha) e sorgo para alimentação animal. A região apresenta declive com solo em uma coloração clara. Segundo Prado e Centurion (2001) o cultivo intensivo do solo pode modificar a estrutura, principalmente, em sua camada superior, devido à eluviação da argila, ocasionando também uma perda de tonalidade.

Outro aspecto relacionado à tonalidade mais clara do solo é a redução dos teores de matéria orgânica. Conforme a Figura 7c, a área de sorgo e milho alcançou menores valores de estoque de carbono e matéria orgânica quando comparado à área de mata nativa.

A redução dos teores de matéria orgânica pode ter interferido nos demais resultados. Os diâmetros de partículas dos agregados foram os menores dentre todos os

sistemas de manejo. Assim como no trabalho de Lacerda *et al.* (2005), no qual o sistema de plantio convencional utilizado no experimento interferiu na agregação de partículas e como no experimento de Vezzani & Mielniczuk (2011), no qual o revolvimento intenso do solo e baixa adição de resíduos do sistema de lavoura reduziu a proporção de solo agregado, estoque de carbono e diâmetro da partícula.

Dos sistemas avaliados, esta região foi a segunda que obteve menores valores, que também pode estar relacionado ao elevado teor de umidade, apesar das amostragens terem sido feitas no mesmo período do ano sob mesmas condições ambientais, esse é o único sistema que recebe irrigações constantes. O trabalho exposto por Diógenes, *et al.* (2016), indicou que os sistemas de pasto, milho e consórcio tiveram valores inferiores a 2 Mpa, justamente por serem áreas irrigadas.

Os resultados de RSP foram inferiores aos da mata nativa, entretanto considerados moderados de acordo com o sistema de classificação de Beutler *et al.* (2001), além da ocorrência do fenômeno de pé de grade. Segundo Oliveira *et al.* (2017), o sistema radicular do milho não se desenvolve corretamente em áreas que apresentam estruturas compactadas.

Através de observações *in loco*, identificamos diversas falhas no plantio e ausência de cobertura vegetal nas entrelinhas, logo, nas partes côncavas da declividade, identificou-se o surgimento de sulcos erosivos. Segundo Almeida *et al.* (2016), áreas sob preparo convencional e pouca cobertura vegetal, apresentam processos erosivos e desagregação do solo com intensidades parecidas de regiões com solo exposto.

Os resultados obtidos nesse trabalho reforçaram informações importantes sobre as alterações dos atributos físicos e químicos relacionados aos tipos de manejo adotados, e possibilitou identificar quais áreas necessitam de uma maior atenção.

3.4. Dendrograma de similaridade das áreas estudadas

Os atributos físicos (umidade, densidade, resistência à penetração e estabilidade de agregados pelos diâmetros) e matéria orgânica do solo foram selecionados como parâmetros na análise multivariada das diferentes áreas selecionadas. Este tipo de análise tem como objetivo medir o grau de dissimilaridade das áreas através das médias obtidas em cada parâmetro, desta forma gerou-se a Figura 8, no qual quanto mais distante as amostras forem, menor será sua semelhança.

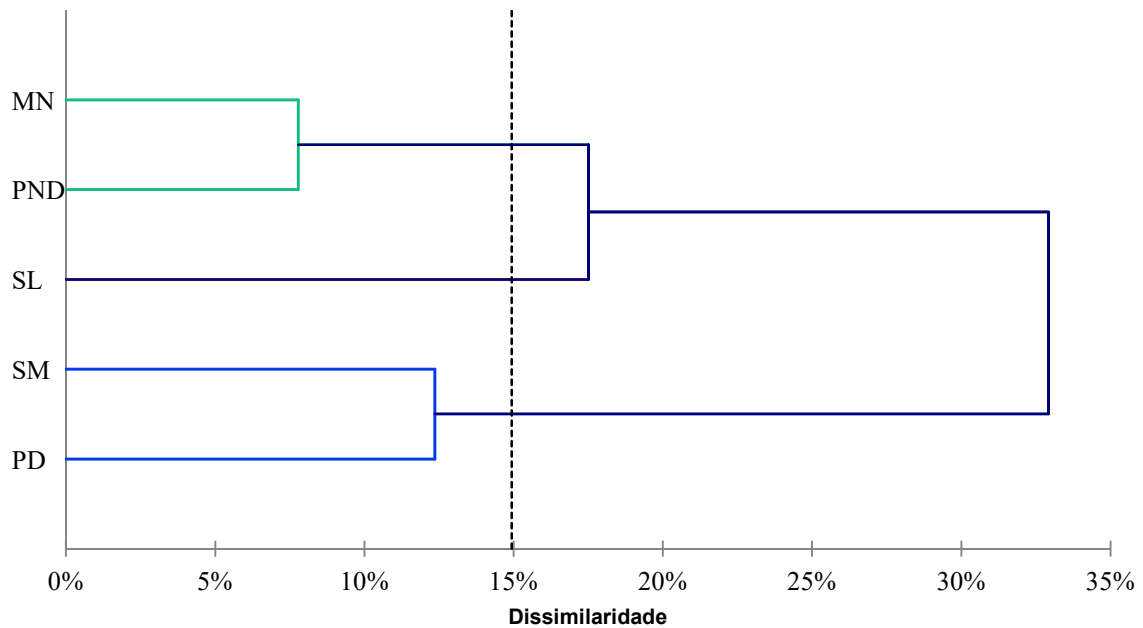


Figura 8: Dendrograma de dissimilaridade pelo método ward com distância euclidiana construído com as médias normalizadas dos atributos físicos, teor de matéria orgânica e estoque de carbono dos diferentes ecossistemas estudados.

O resultado da análise de similaridade indicou que as áreas estudadas formaram três grupos distintos de acordo com suas características. No qual a área de silvicultura se distanciou das demais áreas formando o primeiro grupo, o segundo grupo é formado pela mata nativa e pasto não degradado, e por fim o terceiro grupo é formado pelo pasto degradado e área de sorgo e milho.

Quanto às porcentagens de similaridade as áreas de Mata nativa e pasto não degradado são 92% similares (8% de dissimilaridade; Figura 8). A área de sorgo e milho é dissimilar ao pasto degradado em torno de 12,5%. Os dois grupos formados são 18% diferentes da área de silvicultura.

4. CONCLUSÃO

Os teores de matéria orgânica são maiores nas camadas de 0 a 10 cm e nos sistemas de silvicultura e pasto não degradado, isso é devido à maior cobertura de biomassa, conseqüentemente as mesmas que proporcionam maiores valores de estoque de carbono.

A área de cultivo convencional de milho e sorgo apresentou menor diâmetro médio do agregado e conseqüentemente menor estabilidade de agregados, acredita-se que o revolvimento do solo nessa área causou a ruptura da estrutura do solo, levando a exposição da matéria orgânica, que por sua vez, pode ter sofrido processos de lixiviação e oxidação, como a matéria orgânica é agente estabilizador da estrutura e principal componente para formação de agregados, logo eles se tornaram instáveis e menores pela facilidade de dissociação.

Recomenda-se o manejo adequado da área de milho e sorgo, visando a recuperação da estrutura do solo, uma vez que, os dados indicaram uma maior susceptibilidade ao surgimento de processos erosivos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNOL, A.D.; HIRAKURI, M.H. Realidade e perspectivas do Brasil na produção de alimentos e agroenergia, com ênfase na soja. Circular técnica. **Embrapa Soja** 1ª ed. n. 59. p. 1 – 8, 2008.

ALMEIDA, W. S., CARVALHO, D. F., PANACHUKI, E., VALIM, W.C., RODRIGUES, S. A.; VARELLA, C. A. AL. Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n.9, p. 1110 – 1119, 2016.

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; RE GAZZI, A. J. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.2, p. 319-326, 1996.

ANDRÉA, A.F. d'; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; GUILHERME, L.R.G. Estoques de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.179-186, fev., 2004.

ASSIS, R.; LAZARINI, G.D.; LANÇAS, K. FILHO, A.C.; Avaliação da resistência do solo à penetração em diferentes solos com a variação do teor de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, p.558-568, out./dez. 2009.

ANDREWS, S.S.; FLROA, C.B.; MITCHELL, J.P. & KARLEN, D.L. Growers' perceptions and acceptance of soil quality indices. **Geoderma**, V. 114, p.187-213, 2003.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). Methods for assessing soil quality. **Soil Science Society of America**, Madison, n. 49, p. 123-41, 1996

BALDOTTO, M.S A., VIEIRA, E. M., SOUZA, D. DE O.; BALDOTTO, L. E. B. Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. **Revista Ceres**, v.62, n.3, p. 301-309, 2015.

BEUTLER A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO & I. A.; Resistência à Penetração e Permeabilidade de Latossolo Vermelho Distrófico Típico sob Sistemas de Manejo na Região dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p. 167-177, 2001.

BONETTI, J. A. **Atributos físicos, hídricos e biológicos de solo e de planta em sistemas integrados de produção agropecuária**. 2017. 137 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2017.

BOONE, F.R.; VERMEULEN, G.D.; KROESBERGEN, B. The effect of mechanical impedance and soil aeration as affected by surface loading on the growth of peas. **Soil and Tillage Research**, v.32, p.237-251, 1994.

BELTRAME, L.F.S.; GONDIM, L.A.P. TAYLOR, J.C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.5, p.145-149, 1981.

BRADFORD, J. M. Penetrability. In: KLUTE, A. (Ed.). Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VEIGA, M. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e Argissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.131-139, 2010.

BRASIL. Normas Climatológicas (1961-1990). Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Meteorologia, Brasília.

CAMPOS, M. C. C.; SANTOS, L. A. C.; Silva, D.M.P.; MANTOVANELLI, B. C.; SOARES, M.D.R. Caracterização física e química de terras pretas arqueológicas e de solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas. **AgroAmbiente**, v. 6, n.2, p. 102-109, 2012

CANELLAS, L. P., VELLOSO, A. C. X., MARCIANO, C. R., RAMALHO, J. F. G. P., RUMJANEK, V. M., REZENDE, C. E., SANTOS, G. A. Propriedades químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n.3, p. 935- 944, 2003.

CARDOSO, E. L. **Qualidade do solo em sistemas de pastagens cultivada e nativa na sub-região da Nhecolândia, pantanal sul Mato-Grossense**. 2008. 166 f. Dissertação (Doutorado em Ciência do Solo) Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2008.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade dos agregados de latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.99-105, 1990.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotação de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n.3, v.22, p.527-538, 1998.

CERRI, C.C.; MOREIRA, C.S.; ALVES, P.A. TOLEDO, F.H.R.B.; CASTIGIONI, B.A.; RODRIGUES, G. A.A.; CERRI, D.G.; PELLEGRINO, C.E. TEIXEIRA, A.A.; CANDIANO, C.A.C.; REIS, M.R.; ALESSANDRO, S.C.; TURELLO, L.. Estoques de carbono e nitrogênio no solo devido a mudança do uso da terra em áreas de cultivo de café em Minas Gerais. *Coffee Science*, v. 12, n. 1, p. 30 - 41, jan./mar. 2017

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A. & MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.323-332, 2008.

COSTA, E.A.; GOEDERT, W.J. & DE SOUSA, D.M.G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p.1185-1191, 2006.

COSTA, A.M.; SOUZA, M.A.S.; SILVA JUNIOR, A.M.; FALQUETO, R.J.; BORGES, E.N. Influência da cobertura vegetal na densidade de três solos da cerrado. In: **Anais... II Simpósio Regional de Geografia**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. p.7716-7719, abr., 2003.

CEPEA. CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – PIB Agro CEPEA-USP/CNA Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/comunicacao/Cepea_PIB_BR_junho16.pdf> Acesso em: 09. nov.2016

CHAMEN, W.C.T.; MOXEY, A. P.; TOWERS, W.; BALANA, B. HALLET, P.D.; mitigating arable soil compaction: A review and analysis of available cost and benefit data. **Soil and Tillage Research**, Elsevier, v.146, p.10 – 25, 2015.

D'ANDRÉA A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N. GUILHERME, L.R.G..Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.179-186, 2004.

DIAS JUNIOR, M.S.; ESTANISLAU, W.T. Grau de compactação e retenção de água de Latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 23, p. 45-51, 1999.

DIÓGENES, L.C.; NÓBREGA, J. C. A.; NÓBREGA, R. S. A.; JÚNIOR, A. S. A.; SILVA, J. L.; MATIAS, S. S.R.; SANTOS, G.G. Resistência à penetração e atributos químicos em um latossolo do piauí sob monocultivos e consórcio de gramíneas irrigados. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Grandes Culturas, p. 181-195, 2016.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J. W.; Coeman, D. C.; Bezdicek, D. F.; Stewart, B. A. (ed.). Defining soil quality for sustainable environment. Madison: **Soil Science Society of America**, v. 35, p. 3 – 21, 1994.

DUFRANC, G; DECHEN, S.C.F.; FREITAS, S.S.; CAMARGO, O.A.; Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois latossolos em plantio direto no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28: p. 505-517, 2004

DRESCHER, M. S.; REINERT, D.J.; DENARDIN, J.E.; GUBIANI, P.I.; FAGANELLO, A. DRESCHER, G. L. Duração das alterações em propriedades fisicohídricas de Latossolo argiloso decorrentes da escarificação mecânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.2, p.159-168, fev. 2016

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (1997). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura - EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1999). Aptidão agrícola das terras do Brasil: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação I Antonio Ramalho Filho, Lauro Charlet Pereira. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 1999. ix, 36 p. ISSN 151 7-2627

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2013) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª ed. Brasília, **Centro Nacional de Pesquisa em Solos**. 412p.

EMBRAPA. **Determinação da agregação do solo - Metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste**. 1º ed. Dourados – MS: Comunicado Técnico 184, Embrapa Solos, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Embrapa Produção de Informação, ISSN 1679-0472. 2012.

EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. **Cartilha de Análise do solo**. Determinações, cálculos e interpretações, 2012. EPAMIG – Sul de Minas, Campus UFLA. Lavras- MG. Disponível em: <goo.gl/nc3k1L>. Acesso em: 25 jun. 2017.

ENGEL, F.L.; BERTOL, I.; RITTER, S.R.; PAZ GONZÁLEZ, A.; PAZ-FERREIRO, J.; VIDAL VÁZQUEZ, E. Soil erosion under simulated rainfall in relation to phenological stages of soybeans and tillage methods in Lages, SC, Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.103, p.216-221, 2009.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente, Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. Minas Gerais, Brasil. 2010. Mapa de solos. Escala 1:500000. CD.ROM.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. Efeitos de Sistemas de Manejo de Pastagens nas Propriedades Físicas do Solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, out./dez. 2010.

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; DUARTE, A. P.; LEONEL, C. L.; Compactação do solo e produção de cultivares de milho em Latossolo Vermelho. I – características de planta, solo e índice S. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p. 793-803, 2009.

GARDNER, W.R. Representation of soil aggregate-size distribution by a logarithmic-normal distribution. **Soil Science Society of America**, Madison, v.20, p.150-153, 1956.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R.G.M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências** - v.19, 1996. Disponível em: < <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/6168/4765> >. Acesso 23 mai. 2017.

HARRIS, R.F.; CHESTERS, G.; ALLEN, O.N. Dynamics of soil aggregation. **Advances in Agronomy**, v.18, p.107-169, 1966.

HAGHIGHI, F., GORJI, M., SHORAFI, M., 2010. A study of effects of land use changes on soil physical properties and organic matter. **Land Degradation & Development**. v.21, n.5, p.496–502, set./out., 2010.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H. & SILVA, W.M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.145–154, 1999.

INMET, 2017. Dados históricos (1987-2017), estação meteorológica de Florestal, número sinóptico 83581. Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Meteorologia. Disponível em < <http://migre.me/waArJ>> Acesso em: 28 set. 2016.

JIN, H.; HONGWEN, L.; XIAOYAN, W.; McHUGH, A.D.; WENYING, L.; HUANWEN, G.; KUHN, N.J. The adoption of annual subsoiling as conservation tillage in dryland maize and wheat cultivation in northern China. **Soil and Tillage Research**, v.94, p.493-502, 2007.

JUNIOR, G.F.S.; CORÁ, J.E.; LAL, R. Soil aggregation according to the dynamics of carbon and nitrogen in soil under different cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1652-1659, set. 2016.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C.; Aggregate Stability and Size Distribution. **American Society of Agronomy**, n.9, 2^oed, p.425– 442, 1986.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L.; SILVA, A.P. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água, **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 2, p. 45-54, 1998.

KUMAR, S.; MALLIK, R.S. & DAHIYA, I.S. Influence of different wastes upon water retention, transmission and contact characteristics of sandy soil. **Australian Journal of Soil Research**, v.23, p.131-136, 1985.

LACERDA, N. B.; ZERO, V. M.; BARILLI, J.; MORAES, M. H.; BICUDO, S. J. Efeito de sistemas de manejo na estabilidade de agregados de um Nitossolo Vermelho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, vol. 25, n. 3, p. 686-695, 2005.

LARSON, W.E. & PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. **Soil Science Society of America**, Madison. v.35, p.37-51, 1993

LIER, Q.J.V.; ALBUQUERQUE, J.A. Novo método para calcular o diâmetro médio de agregados de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.699-705, 1997.

LIMA, R. P.; LEÓN, M. J.; SILVA, A. R. Resistência mecânica à penetração sob diferentes sistemas de uso do solo. **Scientia Plena**, São Cristóvão -SE, v. 9, n.6, p.1-7, 2013.

MAINURI, Z.G.; OWINO, J.O. ;Effects of land use and management on aggregate stability and hydraulic conductivity of soils within River Njoro Watershed in Kenya ;**International Soil and Water Conservation Research**, v.1, n.2, p. 80-87, 2013.

MANDARINO, A.P.; CREMON, C. ; MAPELI, N.C.; SILVA, A. N. S.; OLIVEIRA, M. R.; SANTOS, W.P.; FREITAS, S. E.; Soil penetration resistance of corn on effect of homeopathic solutions at high pantanal lands. **Gobal Science and Technology**, Rio Verde, v.10, n.01, p.60 – 68, 2017.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Secretaria de Política Agrícola. **Plano Agrícola e Pecuário 2016-2017**. MAPA/SPA, Brasília, 2016. 46 p. ISSN 1982-4033. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivopublicacoes-plano-abc/PAP1617.pdf/view>> Acesso em: 15 mai. 2017.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M. da; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C. de; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 873-882, 2007.

MARTINE, George. A trajetória da modernização agrícola: a quem beneficia?. **Lua Nova**, São Paulo, n.23, p.7-37, Mar. 1991.

MARTINS, E. L.; CORINGA, J.E.S.; WEBWE, O.L.S.; Carbono orgânico nas frações granulométricas e substâncias húmicas de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico – LVAd sob diferentes agrossistemas. **Acta Amazonica**, v. 39, n.3 p. 655 – 660. 2009.

MATERECHERA, S.A. Influence of agricultural land use and management practices on selected soil properties of a semi-arid savanna environment in South Africa. **Journal Of Arid Environments**. v.102, p.98–103. 2014.

MATIAS, S. S. R. et al. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.3, p.331-338, 2009.

MATSUOKA, M; MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 27, p. 425 – 433, 2003.

MAZIERO, J. V. G., MIALHE, L. G., CORRÊA, I. M., YANAI, K., MENEZES, J. F. Efeito da patinagem da roda motriz de um trator agrícola na compactação do solo. **Bragantia**, v.56, n.1, p.191-197, 1997.

MELLO, N.A. **Efeito do sistema de manejo nos atributos do solo, movimentação de sedimentos e exportação de carbono orgânico numa microbacia rural sob cultura do fumo**. 2006. 248f. Dissertação (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2006.

MENTGES, M.I.; REICHERT, J. M.; ROSA, D. P.; VIEIRA, D. A.; ROSA, V, T, REINERT, D. J. Propriedades físico-hídricas do solo e demanda energética de haste escarificadora em Argissolo compactado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.45, n.3, p.315-321, mar. 2010.

MOLIN, J. P.; DIAS, C. T. S.; CARBONERA, L. Estudos com penetrometria: Novos equipamentos e amostragem correta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 16, n. 5, p. 584–590, 2012.

MORAES, J.F.L. de; NEILL, C.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C.; MELILLO, J.; LIMA, V.C.; STEUDLER, P.A. Soil carbon and nitrogen stocks following forest conversion to pasture in the Western Brazilian Amazon Basin. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p.1369-1376, 2002.

MOREIRA, J.A.A.; OLIVEIRA, I.P. GUIMARÃES. C.M. STONE, L.F. Atributos químicos e físicos de um latossolo vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.3, p. 155-161, 2005.

NAIR, P. K. R. KUMAR, B.M.; NAIR, V.D. Agroforestry as a strategy for carbono sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 172, n.1, p.10-23, 2009

NEVES, C.S.V.J.; DECHEN, A.R. Sistemas de manejo de solo em pomar de tangerina 'Ponkan' sobre limão 'Cravo' em Latossolo Roxo. **Laranja**, v.22, p.167-184, 2001.

NIERO, L.A.C.; DECHEN, S.C.F.; COELHO, R.M.; MARIA, I.C. Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um latossolo vermelho distroférico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1271-1282, 2010.

OLIVEIRA, S. P. CÂNDIDO, M. J. D.; WEBER, O.B.; XAVIER, F. A. S.; ESCOBAR, M. E. O.; OLIVEIRA, T.S.; Conversion of forest into irrigated pasture I. Changes in the chemical and biological properties of the soil. **Catena** n.137, p.508–516, 2016.

OLIVEIRA, M. P.; ROQUE, C. G.; BORGES, M. C. R. Z. OLIVEIRA, R. P.; NOGUEIRA, K. B. Efeito residual da gessagem e calagem na resistência à penetração obtida com dois penetrômetros em diferentes sistemas de manejo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 1, p. 58-64, jan./mar. 2017.

PAULO, L. C. C. V.; ALMEIDA, A. A. S.. Cattle trampling and penetration resistance of Oxisol in riparian forest. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 11, n. 5, p. 1109-1118, dez. 2016.

PEDROTTI, A.; PAULETO, E. A.; CRESTANA, S.; FERREIRA M. M. DIAS JUNIOR, M. S.; GOMES, A. S.; TURATTI, A. L. Resistência mecânica a penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 25, n. 3, p. 521-529, 2001.

PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J. TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.45, n.5, p.508-514, mai., 2010.

PIERI, C.J.M.G., Fertility of Soils: A Future for Farming in the West African Savannah. Springer-Verlag, Berlin, 347p. 1992.

PORTO, M. L.; ALVES, J.C.; DINIZ, A. A.; SOUZA, A.P.; SANTOS, D. Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no brejo paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 33, n. 4, p. 1011-1017. 2009.

PULROLNIK, K.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R. F.; BRANDANI, C.B.; Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. vol.33, n.5, p.1125-1136, 2009.

PRADO, R.M.; CENTURION, J. F.; Alterações na cor e no grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Escuro sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília-DF, v.36, n.1, jan. 2001.

PRAGANA, R. B. et al. Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 36, n. 5, p. 1591-1600, 2012.

PRIMIERY, S.; MUNIZ, A. W.; LISBOA, H.M. Dinâmica do carbono no solo em ecossistemas nativos e plantações florestais em Santa Catarina. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-9, 2017; ISSN 2179-8087.

RALISCH, R.; MIRANDA, T.M. OKUMURA, R.S.; BARBOSA, G.M.C.; GUIMARÃES, M.F.; SCOPEL, E.; BALBINO, L.C. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.4, p.381–384, 2008.

REES, H. V; MCCLELLAND, T.; HOCHMAN, Z.; CARBERRY, P.; HUNT, J.; HUTH, N.; HOLZWORTH, D. Leading farmers in South East Australia have closed the exploitable wheat yield gap: prospects for further improvement. **Field Crops Research**, v. 164, p. 1-11, 2014. DOI: 10.1016/j.fcr.2014.04.018.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERRETA, C.A.; SILVA, L.S. da; REICHERT, J.M. (Ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.5. p.49-134. 2007.

REYNOLDS, W. D. et al. Land management effects on the near-surface physical quality of a clay loam soil. **Soil and Tillage Research**, v. 96, n. 1-2, p. 316–330, 2007.

ROSOLEM, C. A.; ALMEIDA, A. C. S.; SACRAMENTO, L. V. S. Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 2, p. 259-266, 1994.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L.; Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.32, p.11-21, 2008.

SAMPAIO, M. B.; GUARINO, E. S. G. Efeitos do pastoreio de bovinos na estrutura populacional de plantas em fragmentos de floresta ombrófila mista. **Sociedade de Investigações Florestais (SIF)**, v. 31, n. 6, p. 1035-1046, 2007.

SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; SILVA, E. M.; SILVEIRA, P. M.; BECQUER, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1339-1348, 2011a.

SANTOS, G. G.; SILVA, E. M.; MARCHÃO, R. L.; SILVEIRA, P. M.; BRUAND, A.; JAMES, F.; BECQUER, T. Analysis of physical quality of soil using the water retention curve: Validity of the S-index. C. R. **Geoscience**, v.343, p.295-301, 2011b.

SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre - RS, **Gênesis**, p.227-243. 1999.

SATURNINO, S., S.; **Caracterização física e qualidade do solo em reservas ambientais na Serra do Curral, MG**. 2016. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei, Minas Gerais, 2016.

SENA, K. N. **Comportamento do carbono orgânico e de atributos químicos, físicos e microbiológicos de um solo arenoso em área de conversão pastagem – eucalipto**. 2016. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, sistema de produção) – Faculdade de Engenharia – UNESP, Ilha Solteira, 2016.

SILVA, E.C.; MEDINA, E.F.; JOLOMBA, M.R. Propriedades físicas do solo em função de diferentes manejos de pastagem. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.7, n., p.66-75, Set., 2017.

SILVA, R.R. **Qualidade do solo em função dos diferentes sistemas de manejo na região Campo das Vertentes, Bacia Alto Rio Grande-MG**. 2001. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2001.

SILVA, A.C.; TORRADO, P.V.; JUNIOR, J.S.A. Métodos de Quantificação da Matéria Orgânica do Solo. **R. Un. Alfenas**, Alfenas, 5:21-26,1999.

SILVA, P.C.; COSTA, R.A.; MARTINS, Y.A.M.; FERREIRA, P.A.; CAVALCANTE, T.J.; COSTA, A.M. Influência de diferentes cultivos sobre a agregação de nitossolo vermelho eutroférico. In: VI Jornada Acadêmica, 2012, Santa Helena de Goiás, **Anais...** Santa Helena de Goiás: Unidade Universitária de Santa Helena de Goiás, v. 6, n. 1, p.1-5, 2012.

SILVA, E. A. et al. Increasing doses of agricultural gypsum, aggregate stability and organic carbon in Cerrado Latosol under Coffee crop. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 1, p. 25 – 32, 2013.

SILVA, I. W.; UHDE, L.T.; LICCA, L.S.; CARMO, J. G.; SCHNEIDER, R. O.A.; GOERGEN, P.C.H. Tributos físicos do solo na identificação da compactação em pastagem de tifton 85 (*cynodon dactylon*) com irrigação e doses de nitrogênio. In:

Anais... Seminário de Inovação e Tecnologia, Pesquisa e Extensão da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. – Ijuí: Ed. UNIJUÍ. 2016. Disponível < goo.gl/mjTYZD > acessado 30 de maio de 2017. ISSN: 2318-2385

SILVEIRA, D. C.; MELO F. J.F. SACRAMENTO, J.A.A.S.; SILVEIRA, E.C.P. Relação umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 659-667, 2010.

SOARES, M.D.R.; CAMPOS, M.C.C.; OLIVEIRA, I.A.; CINHA, J.M.; SANTOS, L.A.C.; FONSECA, J.S.; SOUZA, Z.M..Soil physical properties in areas under different land uses systems in the Manicoré region, Amazonas State, Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**, v.59, n.1, p.9-15, 2016.

SOIL SURVEY STAFF. Soil survey manual. Washington, USDA-SCS. U.S. **Government Printing Office**, 1993. 437p.

SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 7, n. 1, p. 18-23, 2003.

SOUZA, M.; BEUTLER, Z.; NELSON, A.; MELO, V.P.; MELO, W.J. Estabilidade de agregados e resistência à penetração em Latossolos adubados por cinco anos com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.29, n.1, p.117-123, fev. 2005.

SOUZA, Z.M. de; PRADO, R. de M.; PAIXÃO, A.C.S.; CESARIN, L.G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.271-278, 2005. DOI: 10.1590/S0100-204X2005000300011.

SCOTT, A.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, 30: 507-12, 1974.

SPERA, T. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G.O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**.v.33, fev.2009.

SMITH, C.W.; JOHNSTON, M.A. & LORENTZ, S. The effect of soil compaction and soil physical properties on the mechanical resistance of South African forestry soils. **Geoderma**, 78:93-111, 1997.

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

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p.229-235, 1991.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.34, n.1, p.83-91, jan. 1999.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciado por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 22, n. 2, p. 301-309, 1998.

TORRES, J.L.R.; JUNIOR RODRIGUES, D.J.; SENE, G.A.; JAIME, D.G.; VIEIRA, D.M.S. Penetration resistance in area of pasture tifton influenced by trampling and irrigation. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 232-239, Mar. 2012

TÓTH, G.; STOLBOVOY, V.; MONTANARELLA, L. **Soil quality and sustainability evaluation**. Italy: Institute for environmental and sustainability, 52p. 2007.

UPADHYAYA, S.K., L.J. KEMBLE, N.E. COLLINS. Cone index prediction equations for Delaware soils. **American Society of Agricultural Engineers Paper**, USA, v.82, p.1452-1456, 1982.

VEZZANI, F. M. MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2011, v.35, n.1, p.213-223, jan./fev. 2011.

VILELA, L.; JUNIOR, G. B. M.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; JÚNIOR, R. G.; PULROLNIK, K.; MARCIEL, G.A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011.

VOGEL, G. F.; FEY, R. Resistência mecânica à penetração em diferentes sistemas de uso do solo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia.MS, v. 3, n. 1, p. 21–26, jan./mar. 2016.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v.37, p.29-38, 1934.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of the American Society Agronomy**, v.28, n.5 p. 337-351, mai. 1936.

ZUCCA, C., CANU, A., PREVITALI, F., Soil degradation by land use change in na agropastoral area in Sardinia (Italy). **Catena** v. 83, p. 46–55, 2010.

CAPÍTULO II

QUALIDADE VISUAL DOS SOLOS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO AGRÍCOLA NA REGIÃO CENTRAL DE MINAS GERAIS

RESUMO

As intensificações do uso do solo nas atividades agropecuárias, aliadas à ausência de práticas de conservação do solo, resultam em redução da qualidade do solo. A avaliação visual se mostra um método simples, eficiente e de baixo custo para a detecção da degradação desses ecossistemas, auxiliando o produtor no manejo sustentável. Desta forma, o objetivo desse trabalho foi realizar a avaliação visual da qualidade do solo, como indicador de sustentabilidade de diferentes sistemas de manejo agrícola. Os tratamentos utilizados foram: silvicultura, mata nativa, sorgo e milho, pasto não degradado e pasto degradado. Foram selecionados três métodos de avaliação: avaliação visual, avaliação visual da estrutura do solo e o índice de qualidade visual. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($\alpha=0,05$), este não indicando diferença estatística entre as profundidades. Os três métodos de avaliação visual requerem poucos recursos financeiros e de simples confecção e permitiram distinguir a qualidade do solo entre diferentes sistemas de manejo. As metodologias empregadas indicaram que o sorgo e o pasto degradado apresentam condições razoáveis de qualidade estrutural, entretanto, necessitam de melhorias em longo prazo. Enquanto a mata nativa, o pasto não degradado e a silvicultura obtiveram boas avaliações, pois possuem boa formação de dossel e cobertura de serapilheira, que sugeriram uma boa proteção ao solo.

Palavras-chave: Avaliação Visual da Estrutura do Solo; Avaliação Visual do Solo; Índice de qualidade visual.

ABSTRACT

The intensification of land use by agricultural activities, together with the absence of soil conservation practices, may result in a reduction of the soil quality. The visual evaluation shows a simple, efficient and low cost method for the detection of the degradation of these ecosystems, helping the producer in the sustainable management. Thus, the objective of this work was to perform the visual evaluation of soil quality, as an indicator of sustainability of four different systems of agricultural management: silviculture, sorghum and corn, preserved pasture and degraded pasture; and compare this to a native forest. Three evaluation methods were selected: Visual Evaluation of Soil Structure, Visual Soil Assessment and (Soil quality indexes. In each management systems were analysed three soil depth layers. The experimental design was completely randomized and the averages were compared by the Scott-Knott test ($\alpha = 0.05$). The results did not indicate a statistical difference between the depths. The methods employed allowed to distinguish the quality of the soil between different management systems. The methodologies employed indicated that sorghum and degraded pasture present reasonable conditions of structural quality, but they need long term improvements. While the native forest, pasture and silviculture obtained good evaluations, because they have a good canopy formation and a canopy cover, which suggested a good soil protection. The three methods of visual evaluation require little financial resources and simple confection and allowed to distinguish the quality of the soil between different management systems.

Keywords: Visual Evaluation of Soil Structure; Visual Soil Assessment; Soil quality indexes. Sustainability

1. INTRODUÇÃO

A demanda por produtos agrícolas se intensifica a cada ano e, visando atender esse aumento, muitas vezes ocorre a exploração dos recursos naturais além da sua capacidade produtiva, aliado ao uso de técnicas agrícolas que não contemplam a conservação do solo.

Neste contexto, é necessário manter a produtividade agrícola de maneira sustentável. Alguns estudos têm sido desenvolvidos na avaliação da qualidade do solo e seus atributos, submetido a diferentes processos de cultivo, a fim de definir o sistema de manejo mais adequado para o solo. Vários trabalhos compararam a qualidade dos solos tropicais sob diferentes sistemas agrícolas, podendo-se destacar Costa *et al.* (2006), Melloni *et al.* (2008), Salton *et al.* (2008), Niero *et al.* (2010), Stefanoski *et al.* (2016) e Santos *et al.* (2017), sendo que os últimos autores relacionaram a composição química do solo e sua relação com a fertilidade sob diferentes sistemas de uso e manejo. Em geral, os resultados obtidos nas pesquisas têm indicado que a qualidade do solo é superior nos sistemas mais próximos aos agroflorestais e aqueles que têm pouca mobilização do solo.

A avaliação da qualidade do solo é feita pela mensuração dos parâmetros físicos, químicos e biológicos. Sendo assim, pode-se utilizar modelos envolvendo índices de qualidade do solo (Oliveira e Bueno, 2015; Mendes, Sousa e Junior, 2015; Stefanoski *et al.* 2016), para justamente integrar os diferentes indicadores. O resultado do índice baseado na junção desses indicadores serve como auxílio na tomada de decisão para qual estratégia deve-se adotar para o manejo agrícola.

A obtenção do índice de qualidade do solo, por outro lado, necessita de conhecimentos técnicos, equipamentos laboratoriais, tempo e recursos. Como exemplo, tem-se bioindicadores mais sensíveis e capazes de detectar alterações no solo com mais antecedência do que os atributos físicos e químicos, entretanto, dependendo do critério adotado para que os dados possam ser comparados é necessário fazer um monitoramento por um longo período de tempo (Mendes, Sousa e Junior, 2015).

Diante disso, o pequeno produtor tende a adotar métodos qualitativos por indicadores visuais como AVES (Avaliação visual da estrutura do solo), AVS (Avaliação visual do solo) e o IQV (Índice de qualidade visual) que são avaliações rápidas, seguras, objetivas e de baixo custo, simples que qualquer profissional pode

exercer. Esse método examina a condição do solo e a forma com que é afetado pelas práticas de manejo, sendo também utilizados para identificar as limitações de um solo.

Portanto, essa técnica de avaliação “*in situ*” de aspectos ligados ao próprio solo, à vegetação e a fauna, é relativamente recente e útil na medida em que é capaz de diagnosticar rapidamente sem exigir uma mão de obra especializada, treinando o produtor rural em perceber alterações ambientais que indicam a necessidade de uma medida de conservação.

As suposições levantadas são baseadas em que as áreas com maior biodiversidade, porte da vegetação, fauna silvestre são capazes de fornecer maior proteção ao solo e nutrientes, logo as áreas de mata nativa e silvicultura seriam aquelas com melhores condições e à medida que a formação vegetacional é reduzida influenciará negativamente nas condições ao solo.

Desta forma, objetivou-se no presente trabalho avaliar a qualidade do solo como indicador de sustentabilidade, em diferentes sistemas de manejo, através das metodologias de avaliação visual da estrutura do solo, avaliação visual e o índice de qualidade visual.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos nas instalações da Universidade Federal de Viçosa *Campus* Florestal, região central de Minas Gerais, Brasil. Nas coordenadas geográficas SAD69 (Lat. 19°52'40"S; Long. 44°25'15"W), altitude de 748,76 m, precipitação anual média de 1434 mm e temperatura anual média de 21.8 °C (INMET, 2017). O clima predominante da região é do tipo AW - Tropical com estação seca de inverno pela classificação de *Köppen-Geiger*. Relevo regional é ondulado, local está inserido na bacia hidrográfica do Rio Paraopeba, em sua porção média, é uma região de transição entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica. A classe do solo predominante foi classificada como Argissolo Vermelho-Amarelo.

2.2. Caracterização dos locais

Foram analisados cinco sistemas de uso e manejo do solo presentes no *Campus* UFV Florestal, sendo elas: silvicultura, pasto degradado, pasto não degradado, sorgo/milho e mata nativa.

A área de Silvicultura - SL (19°53'05''S e 44°24'45''W) é composta predominantemente por eucaliptos (*Eucalyptus spp.*), plantados desuniformemente, espaçados em torno de 1,70 m entre si, apresentando aproximadamente 7 anos de idade, 20 metros de altura e 2,5m³ de madeira por árvore (Figura 1a).

A área de pasto degradado - PD (19°52'30''S e 44°24'47''W), apresenta declividade de aproximadamente 10% e sem terraços, com presença de gramíneas (*Brachiaria decumbens*), distribuídas desuniformemente na área, apresentando falhas de cobertura (Figura 1b).

Área de pasto não degradado - PND, para pastagem extensiva (19°52'41''S e 44°25'51''W). Área com declive suave e pasto bem formado (*Brachiaria decumbens*) conferindo boa cobertura do solo (Figura 1c).

Área com plantio de sorgo e milho - SM, representando o sistema convencional de plantio; localiza-se nas coordenadas 19°52'34''S e 44°25'22''W (Figura 1d) A área apresenta um histórico de sucessivos plantios de milho, safra e safrinha, por aproximadamente 10 anos, sendo o último cultivo realizado no plantio convencional de sorgo (*Sorghum bicolor*).

Área de mata nativa - MN (19°52'04''S e 44°25'50''W) apresenta-se bem conservada, densa, com sub-bosque e camada de serapilheira (Figura 1e). Classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana pelo Mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais (Scolforo & Carvalho, 2009).

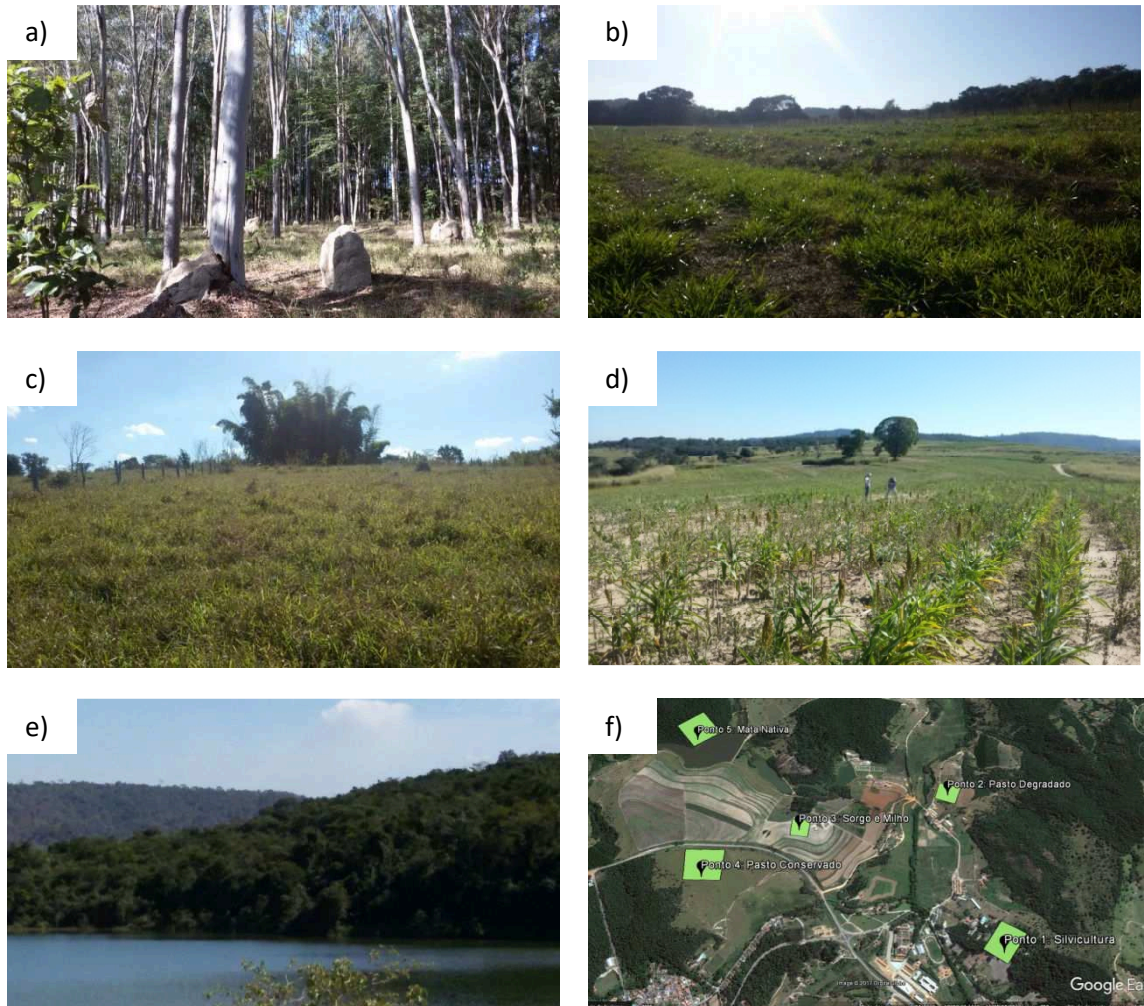


Figura 1: Vista geral das áreas estudadas (a) Silvicultura (b) Pasto degradado (c) Pasto não degradado (d) Sorgo e Milho (e) Mata Nativa (f) Disposição das áreas na UFV Florestal

2.3. Avaliação Visual da Estrutura do Solo

A avaliação visual da estrutura do solo – AVES realizada segundo o método descrito por Ball *et al.* (2007) adaptado para a coleta de amostra nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm. Foram feitas três repetições nas cinco áreas estudadas, por três avaliadores. Para tal, procedeu-se a escavação através do uso de uma enxada até a profundidade de 40 cm, retirando amostras na parede lateral da trincheira, com espessura em torno de 15 cm. Desta forma o solo compactado pelo contato com a pá é excluído da amostra. Após a remoção do solo, depositaram-se as amostras em sacos plásticos, sendo cada amostra devidamente identificada.



Figura 1: Abertura da trincheira, remoção do solo e identificação das amostras.

O solo foi manipulado com as duas mãos para identificar as camadas coesivas e torrões presentes, as fatias foram destorroadas respeitando as linhas de fratura natural dos agregados. Os agregados foram quebrados e os critérios avaliados foram à facilidade de quebra, porosidade, presença de raízes e ângulos dos torrões. As fichas de campo estão presentes no Anexo A.

A atribuição de nota foi através da comparação de fotos disponíveis em Guimarães, Ball e Tormena (2011) presentes no Anexo B, e as notas foram confirmadas com as anotações feitas através da dificuldade em extrair a fatia do solo, forma e tamanho dos agregados, raízes presentes e anaerobiose.

O escore da qualidade da estrutura, conforme Guimarães; Ball; Tormena (2011) é dividido em cinco níveis no qual o primeiro é friável e o quinto é considerado muito compactado. O valor obtido indicará a necessidade de adoção de medidas conforme a condição do uso do solo.

2.4. Avaliação Visual do Solo

A avaliação visual do solo foi realizada segundo o método descrito por Shepherd (2009) adaptado para a coleta de amostra nas profundidades 0 - 10, 10 - 20 e 20 - 40 cm. Assim como na AVES, foram realizadas três repetições nas cinco áreas estudadas com três avaliadores e procedeu-se a escavação através do uso de uma enxada até a profundidade de 40 cm, retirando amostras na parede lateral, nos intervalos descritos, com espessura em torno de 15 cm. Após a remoção do solo, a amostra foi depositada em cima de uma lona com sua identificação.

Retirou-se um bloco da amostra e o ergueu a altura de um metro da superfície do solo; em seguida o bloco foi largado dessa altura. Este processo foi repetido até 3 vezes, esperando a ruptura do bloco. Solos compactados possuem uma estrutura maciça, de baixa porosidade e pouca presença de raízes, logo ao serem arremetidos permanecem coesos e quando despedaçados tendem a formar agregados angulares (Embrapa, 2015).

Então, o restante dos agregados foi quebrado em suas linhas de fraqueza e organizados na lona de maneira que maiores agregados ficassem na parte superior. A organização dessa forma facilitaria na classificação da estrutura do solo, no qual, quanto maior a quantidade de torrões angulares e subangulares, de dimensões grandes e de difícil quebra, pior seria a sua estrutura.

Com base na experiência de quebra desses torrões e avaliação da sua estrutura, foram comparados com as descrições no manual da Embrapa (2015), com o intuito de atribuir notas de 0 a 2, no qual 2 significaria uma boa condição, 1 moderado e 0 ruim.

A classificação do índice de qualidade e os indicadores avaliados variaram de acordo com o tipo de uso e manejo do solo. As áreas de pastagem foram avaliadas pela textura, estrutura do solo, porosidade, número e cor de mosqueados, cor do solo, presença de minhocas, cheiro do solo, profundidade das raízes, formação de poças d'água na superfície e o relevo do solo. Enquanto, na área de cultivo os indicadores foram: textura, estrutura, porosidade, número de mosqueados, cor do solo, presença de minhocas, cheiro, profundidade das raízes, formação de lagoas na superfície, cobertura e formação de crostas na superfície e erosão do solo. Cada indicador possuiu um critério de avaliação próprio descrito por Shepherd (2009). As fichas de avaliação estão presentes no Anexo C e D.

Em função da importância relativa de cada indicador na avaliação da qualidade do solo, as pontuações atribuídas a cada indicador são multiplicadas por um fator de

ponderação. O somatório dos escores obtidos de todos os indicadores fornece o índice de qualidade do solo.

2.5. Índice de qualidade visual das áreas amostradas

O Índice de Qualidade Visual (IQV) consiste em um método de avaliação baseado na análise visual, no qual são atribuídas notas aos indicadores visuais adotados relacionados ao solo, por conseguinte adaptou-se a planilha de IQV (Anexo E) desenvolvida pelo Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade Federal de Lavras (Carneiro, 2000; Melloni, 2001; Melloni *et al.*, 2008; Freitas *et al.*, 2009; Alencar *et al.*, 2011).

Os indicadores visuais correspondem à presença de erosão, pedregosidade, macrofauna do solo, índice de cobertura vegetal, diversidade, porte/estratificação, vigor da vegetação, presença e estado de decomposição da serapilheira, incorporação da serapilheira no solo e fauna silvestre (Carneiro, 2000; Shepherd 2000; Melloni, 2001; Mendes *et al.* 2006; Melloni *et al.*, 2008; Freitas *et al.*, 2009).

Esses indicadores foram divididos em três fatores, no qual o fator vegetação era composto pelos indicadores de índice de cobertura vegetal, diversidade, porte e estratificação, vigor da vegetação, presença e incorporação de serapilheira ao solo. O fator solo era composto pelos indicadores de pedregosidade, presença de macrofauna no solo e presença de processos erosivos. Enquanto o fator fauna era composto pelos indicadores de quantidade de fauna silvestre.

Para cada indicador citado anteriormente, atribuiu-se um valor entre 0 a 5; quanto maior a nota, maior a presença do elemento no local. Cada local foi avaliado por três avaliadores treinados. As notas foram ponderadas de acordo com sua importância para a qualidade do solo, sendo: erosão 100 % da nota atribuída, pedregosidade 50%, fauna 50%, índice de cobertura 100%, índice de diversidade 80%, porte/estratificação 50%, vigor da vegetação 100%, quantidade de serapilheira 100%, estado de decomposição da serapilheira 100%, incorporação da serapilheira 70%, sucessão na vegetação 100%, presença de fauna silvestre 50 %.

2.6. Análise Estatística

O experimento foi conduzido através do delineamento experimental inteiramente casualizados (DIC), divididos em dois fatores: áreas e profundidades, sendo consideradas três avaliações por áreas amostradas. Os resultados foram submetidos ao teste Scott & Knott com nível de confiança a 95% ($\alpha = 0,05$), pelo software R e pacote ExpDes (Scott & Knott, 1974).

Posteriormente, as áreas foram agrupadas em um dendograma de similaridade através de uma análise multivariada (análise de cluster) dos valores médios obtidos pelas avaliações IQV, AVS e AVES pelo método de *Ward* com distância euclidiana (Melloni *et al.*, 2008) através do software estatístico XLSTAT. 2017.3.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da qualidade do solo por meio de indicadores, associada a informações sobre crescimento vegetal e aspectos ambientais, especialmente aqueles relacionados às condições físicas do solo, por meio de avaliação da estrutura e erosão, são ferramentas úteis para o conhecimento das propriedades e processos do solo, que estão sujeitas a alterações devido a operações agrícolas por maquinário, portanto para o estabelecimento de uma agricultura sustentável é necessário o monitoramento do solo por meio dessas avaliações (Reichert *et al.*, 2003; Stefanoski *et al.*, 2013).

Nesse contexto, os resultados dos três tipos de avaliação foram consistentes com a realidade de uso e ocupação do solo das áreas estudadas. As médias obtidas nos métodos avaliativos AVES e AVS indicaram que pelo teste Scott-Knott ($\alpha=0,05$) houve diferença entre os sistemas de manejo, porém não existem evidências estatísticas suficientes para indicar diferença entre as profundidades (Tabela 1 e 3).

Tabela 1: Resultados da Avaliação visual da estrutura do solo em diferentes tipos de sistema de manejo

Áreas/Prof	Avaliação visual da estrutura do solo			Média/Área
	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	
SL	2,11 aC \pm 0,10	2,00 aC \pm 0,00	2,11 aC \pm 0,10	2.07 C
PD	2,88 aB \pm 0,25	2,55 aB \pm 0,17	2,55 aB \pm 0,17	2.66 B
PND	1,77 aC \pm 0,00	2,00 aC \pm 0,00	2,00 aC \pm 0,00	1.92 C
SM	3,44 aA \pm 0,17	3,44 aA \pm 0,17	3,33 aA \pm 0,22	3.40 A
MN	1,00 aD \pm 0,00	1,00 aD \pm 0,00	1,22 aD \pm 0,14	1.07 D
Média/Prof	2.24 a	2.20 a	2.24 a	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($\alpha=0,05$), letra minúscula compara efeito da profundidade sobre a área (coluna), letras maiúsculas comparam diferentes tipos de manejo em determinadas profundidades (linha). OBS: SL = Silvicultura; MN = Mata nativa; PND= Pasto não degradado; SM = Sorgo e Milho; PD = Pasto Degradado

A pontuação obtida e apresentada na Tabela 1 pode ser interpretada conforme a Tabela 2 desenvolvida por Ball *et al.* (2007), no qual, a partir do escore obtido é possível indicar a necessidade de adoção de alguma ação para solucionar a degradação do solo. Logo as áreas de sorgo/milho (AVES = 3,4) e o pasto degradado (AVES = 2,66) se enquadram na faixa de classificação moderada (Tabela 2), significando que a estrutura física do solo apresenta indícios de perda de qualidade, e que a área pode ser recuperada através de melhorias em longo prazo.

Tabela 2: Classificação da qualidade estrutural do solo associado ao escore e aos manejos necessários para cada condição do solo

Escore	Qualidade estrutural do solo	Manejo Necessário
1 a 2	Bom	Sem mudanças necessárias
2 a 3	Moderado	Melhorias em longo prazo
3 a 5	Ruim	Melhorias em curto prazo

Fonte: Ball *et al.*; 2007 In Embrapa 2015

Exemplos de melhorias de longo prazo são técnicas vegetativas, nas quais a vegetação é a fonte de proteção do solo, como, por exemplo, a palhada fornecida por espécies forrageiras ou até rotação de culturas, que em longo prazo irão fornecer nutrientes ao solo, o protegerão da ação excessiva da erosão e aos poucos os atributos do solo irão se restaurar (Costa *et al.*, 2015).

Quanto às demais áreas, a área de silvicultura se igualou ao pasto não degradado e a área de mata nativa obteve o menor resultado, essas três áreas permaneceram na faixa de 1 a 2 (Tabela 2), logo apresentaram uma boa qualidade estrutural não demandando mudanças. A partir da classificação desenvolvida pelo Ball *et al.* (2007), os dados foram convertidos em ruim, moderado e bom e a seguir.

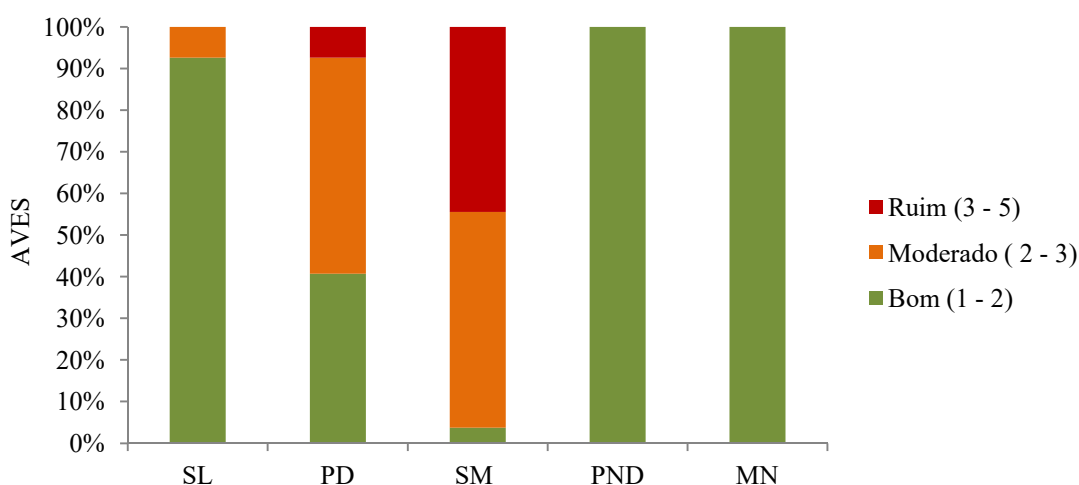


Figura 2: Percentual da Avaliação visual da estrutura do solo – AVES, classificadas de acordo com os critérios de Ball *et al.* (2007) em amostras colidas em diferentes sistemas de manejo. SL = Silvicultura; MN = Mata nativa; PND= Pasto não degradado; SM = Sorgo e Milho; PD = Pasto Degradado

As áreas de mata nativa e pasto não degradado apresentaram 100% das amostras, independentes da profundidade, classificadas em bom estado estrutural, enquanto a área de silvicultura apresentou 10% das amostras com características de qualidade estrutural moderada. Quanto ao pasto degradado, 40% estão com qualidade boa, 50% moderada e

10% ruim. A área de sorgo e milho apresentou aproximadamente 2% do solo com boa qualidade, 48% em condições ruins e 50% em condições moderadas.

Os resultados da AVES estão relacionados às condições estruturais; os indicadores estão relacionados a presença de agregados, formato das raízes do solo, coesão das partículas do solo, são as características internas do solo que podem influenciar a cobertura vegetal. Muitos destes indicadores utilizados sinalizam a compactação do solo.

Os indicadores utilizados na AVS analisam a parte externa do ambiente, como a cobertura vegetal, diversidade biológica, infiltração de água no solo, entre outras características. Ambos os ambientes, externo e interno, estão relacionados entre si. Um comprometimento na cobertura vegetal pode ser indicio de uma estrutura do solo de baixa qualidade, como uma falha na cobertura pode levar a perda de solo e empobrecimento. Logo, é esperado que os resultados das duas técnicas se complementem.

Assim como na AVES, os resultados da AVS (Tabela 3) indicaram que não houve diferença estatística entre as profundidades analisadas, mas sim pelos sistemas de uso e manejo. Sendo a área da mata nativa a que apresentou a maior média (44%), seguidos silvicultura (41%), pasto não degradado (32%), pasto degradado (30%) e sorgo/milho (25%).

Tabela 3: Avaliação visual do solo dos diferentes tipos de sistema de manejo

Áreas/Prof	Avaliação visual do solo			Média/Área
	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	
SL	42,20 aB ± 1,19	41,57 aB ± 1,08	41,74 aA ± 1,07	41.84 B
PD	31,92 aC ± 1,80	29,48 aC ± 1,43	29,08 aB ± 1,35	30.16 D
PND	33,41 aC ± 1,03	32,28 aC ± 0,98	31,45 aB ± 0,92	32.38 C
SM	25,23 aD ± 0,71	25,76 aD ± 0,77	25,08 aC ± 0,63	25.36 E
MN	45,64 aA ± 0,77	45,48 aA ± 1,23	42,35 aA ± 0,95	44.49 A
	35.68 a	34.92 a	33.94 a	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($\alpha=0,05$), letra minúscula compara efeito da profundidade sobre a área (coluna), letras maiúsculas comparam diferentes tipos de manejo em determinadas profundidades (linha). OBS: SL = Silvicultura; MN = Mata nativa; PND= Pasto não degradado; SM = Sorgo e Milho; PD = Pasto Degradado.

A análise do resultado após obtenção do score é descrita na Tabela 4, no qual indica à qualidade do solo, a partir da classificação desenvolvida pelo Shepherd (2009), que diferencia os indicadores e pesos das pontuações pelo tipo de sistema desenvolvido.

Tabela 4: Classificação e índice de qualidade do solo de acordo com o tipo de uso e manejo.

Qualidade	Índice de Qualidade do Solo	
	Solo sob Cultivo	Solo sob Pastagem
Ruim	< 20	< 20
Moderado	>20 < 37	>20 < 35
Bom	.> 37	.> 35

Fonte: Adaptado de Shepherd, 2009. In Embrapa 2015

Analisando os dados podemos concluir que a Mata Nativa (AVS = 44) e a Silvicultura (AVS = 41) apresentaram uma boa qualidade do solo e as demais áreas se enquadraram na faixa moderada. As porcentagens das classificações da qualidade do solo estão presentes na Figura 4:

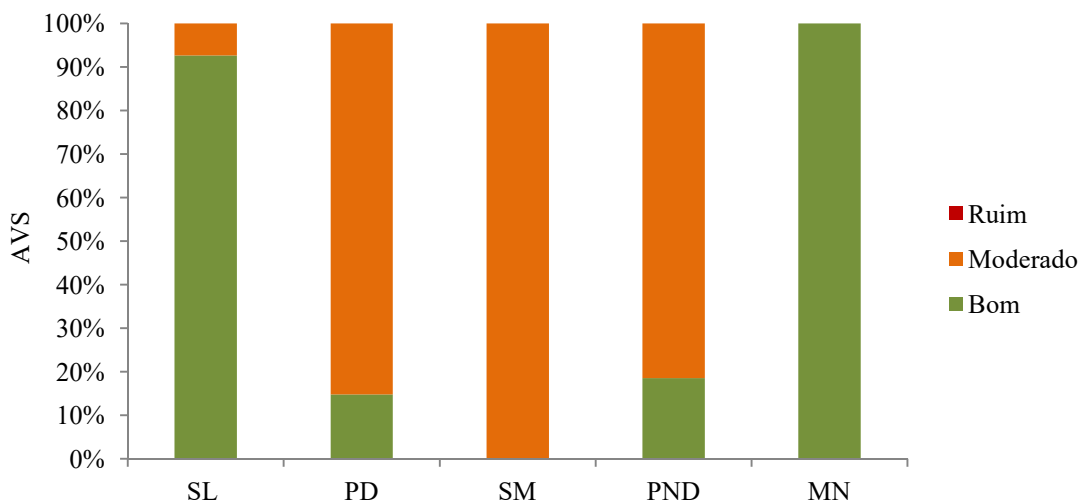


Figura 3: Percentual da Avaliação visual do solo - AVS, classificadas de acordo com os critérios de Shepherd, (2009) em amostras colidas em diferentes sistemas de manejo. SL = Silvicultura; MN = Mata nativa; PND= Pasto não degradado; SM = Sorgo e Milho; PD = Pasto Degradado

Segundo a Figura 4, a mata nativa foi o único local com 100% das amostras com índice de qualidade do solo considerado como bom. A silvicultura apresentou menos 10% do solo com qualidade moderada; os pastos em geral apresentaram cerca de 80% na faixa do solo com qualidade moderada, e o sorgo/milho apresentou 100% do solo na faixa de qualidade moderada; nenhuma das amostras foi classificada como ruim.

A mata nativa seria o local de melhor qualidade, seguido da silvicultura, devido a seus aspectos de porte e longo ciclo da cultura, que possibilitam a estratificação da vegetação e que podem conferir uma proteção ao solo parecido a de uma área de mata nativa. Segundo Cândido *et al.* (2014), eucalipto em nível, com manutenção do resíduo teve resultados próximos a mata nativa, no aspecto de menor perda de solo e água.

Diferente do resultado apresentado pelo Alencar *et al.* (2011), no qual as áreas de eucalipto tiveram uma avaliação visual inferior quando comparadas as áreas de pasto, mata e capoeira. Acredita-se que essa diferença do resultado deve-se às características intrínsecas do local e a subjetividade do avaliador. O avaliador considerou que a quantidade de fauna foi reduzida devido à alteração do habitat.

A avaliação visual (IQV) possui menos itens que a AVS, porém menos subjetivos, além de alguns indicadores diferentes, como por exemplo: presença de fauna silvestre, porte e estratificação da vegetação e diversidade vegetal. Seus resultados estão presentes na Figura 5, na qual constam as médias das notas atribuídas aos aspectos de fauna, solo, vegetação e o índice de qualidade visual com o somatório de todos os aspectos ponderados segundo Carneiro (2000) e Melloni (2001).

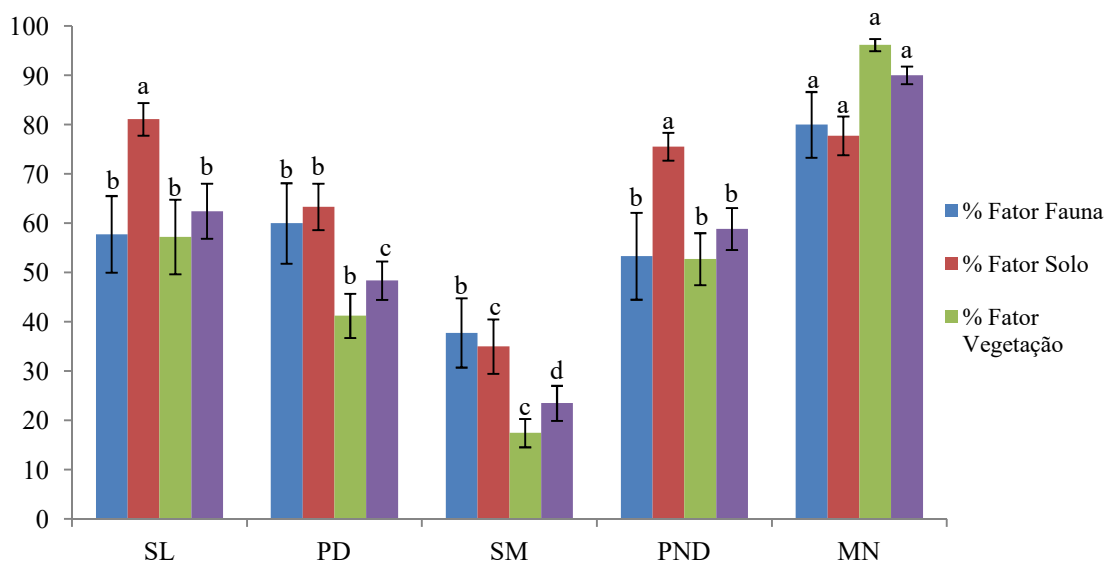


Figura 4: Percentual do índice de Qualidade Visual em diferentes sistemas de manejo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($\alpha=0,05$). SL = Silvicultura; MN = Mata nativa; PND = Pasto não degradado; SM= Sorgo e Milho; PD = Pasto Degradado. Percentual das médias e seu erro padrão

A área de mata nativa apresentou melhor resultado (IQV = 90%), indicando uma excelente qualidade do solo. O segundo melhor resultado de qualidade visual foram as áreas de silvicultura e pasto não degradado, que se igualaram estatisticamente com as médias de 62% e 58% respectivamente. O pasto degradado obteve o valor de 48% e, por fim, a área de sorgo/milho com 23% de qualidade do solo.

Ainda segundo a Figura 5, as avaliações foram divididas em três fatores, sendo eles: a vegetação, o solo e a fauna. Quando discriminados, é possível identificar qual aspecto foi determinante na redução da qualidade e se houve uma conjuntura de fatores,

como é o caso da área de sorgo/milho, no qual todos os fatores apresentaram uma menor nota de avaliação quando comparadas com as demais áreas, logo o IQV nessa região foi reduzido devido justamente à conjuntura de fatores.

O aspecto determinante para redução do IQV na área de pasto degradado foi o fator vegetação. Nesse fator foi analisado o índice de cobertura vegetal, diversidade, porte e estratificação, vigor da vegetação, presença e incorporação de serapilheira ao solo. Através de observação *in loco*, os avaliadores constataram que havia falhas na vegetação, portanto houve uma redução de nota no critério de índice de cobertura vegetal. Por ser área de pastagem, a vegetação é de pequeno porte e não havia a presença de estratificação, justamente por ser composta por uma única espécie, logo a diversidade no local foi baixa.

A *Brachiaria ssp.* presente no pasto é uma espécie exótica e invasora, logo é altamente competitiva pelos recursos ambientais e capaz de excluir as demais espécies, modificando assim o ambiente (Barbosa *et al.*, 2017).

Quanto à área de pastagem conservada, o IQV foi maior devido ao fator solo, no qual é avaliada a presença de erosão, pedregosidade e macrofauna do solo. Nesta região, a cobertura vegetal era densa, não havendo a ocorrência de solo exposto ou indícios de erosão, além da ocorrência de macrofauna. Assim como no trabalho de Santos *et al.* (2011), no qual o pasto extensivo apresentou uma melhor qualidade física do solo entre os sistemas de uso da terra.

O diagrama da Figura 6 tem como objetivo comparar a qualidade do solo entre os diferentes sistemas de uso e manejo, assim como os tipos de métodos avaliativos. De um modo geral, os três métodos avaliativos entraram em um consenso, observado pelo padrão da figura; todos os três métodos indicaram a mesma escala de degradação ambiental. As comparações realizadas pelo diagrama indicam que houve uma perda na qualidade do solo em todos os sistemas, em comparação a área de mata nativa, independentemente do método avaliativo. O IQV e AVES apresentaram resultados similares, e a AVS diferiu apenas na classificação do pasto não degradado, que o considerou com qualidade inferior a silvicultura.

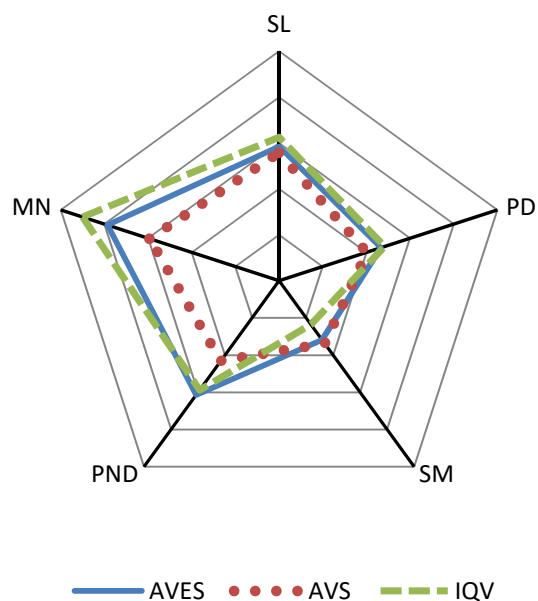


Figura 5: Diagrama radial comparando a qualidade do solo entre diferentes sistemas de manejos comparados com os tipos de avaliação. OBS: SL = Silvicultura; MN = Mata nativa; PND = Pasto não degradado; SM= Sorgo e Milho; PD = Pasto Degradado; Avaliação Visual da Estrutura do Solo = AVES; Avaliação Visual AVS; Índice de Qualidade Visual = IQV.

O experimento conduzido Silva *et al.* (2011), no qual se propôs avaliar as perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo indicou que o sistema de plantio florestal de eucalipto foi capaz de conferir uma maior proteção ao solo contra erosão hídrica e perdas de solo do que as pastagens. O que não desqualifica o papel das pastagens na proteção do solo. O capim (*Andropogon gayanus*) pode chegar a reduzir as perdas de água em solo em até 99,36%, devido ao seu efeito dissipador da energia cinética da chuva (Sousa *et al.*, 2016). O pasto vem sendo amplamente utilizado como item na rotação de cultivos, os sistemas de integração lavoura pecuária, tem se mostrado menos intensivos no uso dos insumos e mais sustentáveis quando comparado ao cultivo convencional.

O pasto não degradado analisado nesse experimento apresentou uma camada de vegetação densa e homogênea, e a camada superficial do solo apresentou alto grau de coesão devido ao efeito do sistema radicular das gramíneas, o que dificultou a extração do bloco de amostra, os agregados quando rompidos em seus pontos de fraqueza geraram um acúmulo de agregados de pequenos tamanhos ocupados por grande volume de raízes. A primeira camada do solo nessa área era bastante rica em matéria orgânica e sabe-se que o aumento da matéria orgânica no solo é um fator responsável pelo aumento da agregação do mesmo (Junior, Corá & Lal, 2016).

Essas características descritas anteriormente podem reduzir a suscetibilidade do solo à erosão. Segundo Almeida *et al.* (2016), as pastagens quando adequadamente manejadas, proporcionam elevada cobertura ao solo, favorecem maior agregação de suas partículas e, conseqüentemente, reduzem a suscetibilidade do solo ao processo erosivo. Por outro lado o pasto mal conduzido, aquele que não levou em consideração as práticas vegetativas, edáficas e mecânicas, torna-se uma das maiores causas de degradação de terras agrícolas.

Dentre as áreas analisadas, aquela com maiores características que sinalizam a degradação ambiental, apontada pelos três métodos avaliativos, foi a área de sorgo/milho. As amostras recolhidas nessas regiões apresentavam agregados de maiores tamanhos, difíceis de romper em seus pontos de fraqueza, principalmente, na camada de 10-20 cm de profundidade. Essas características foram presenciadas também por Giarola *et al.* (2009) em uma área de pasto, os autores relacionaram aos efeitos da compactação do solo por pisoteio de animal. No presente projeto, relacionam-se essas características ao estresse mecânico.

Historicamente, essa área vem sendo cultivada convencionalmente e ininterruptamente, com baixa diversidade de espécies agrícolas. Segundo Santos *et al.* (2016), um agrossistema biodiverso, como o sistema agroflorestal, é capaz de reduzir os impactos da agricultura sobre as características do solo em 62%. Outra questão está relacionada ao índice de cobertura do solo. A área de sorgo/milho apresentava uma quantidade considerável de falhas no plantio, a camada superficial das entre linhas estavam com solo exposto. Segundo Almeida *et al.* (2016), em áreas sob preparo convencional e baixa cobertura vegetal da superfície do solo, a desagregação do solo e o processo erosivo ocorrem com a mesma intensidade que em áreas com solo exposto.

O dendrograma (Figura 7) agrupou as áreas de acordo com seu grau de similaridade, através da análise multivariada dos três tipos de avaliação visual, pela distância euclidiana no conjunto de dados das amostras estudadas. Observa-se que a mata nativa forma um grupo dissimilar aos demais, assim como o sorgo/milho. Ou seja, as características de ambos são diferentes dos demais; este tipo de análise não informa qual área apresenta melhores condições, apenas o grau de diferença.

Quando se relaciona os dados da Figura 6 e 7, podemos inferir que a área de mata nativa se distingue das demais por apresentar condições ambientais ideais e o sorgo/milho se destituiu dos demais por apresentar as características de qualidade do

solo inferior aos demais. O terceiro grupo é formado pelos dois pastos e a área de silvicultura.

O pasto não degradado e a silvicultura são aproximadamente 97,5% similares (2,5% dissimilares; Figura 7) e ambos são 5% dissimilares do pasto não degradado. A área de sorgo e milho é 20% diferente do grupo formado pelos pastos e silvicultura.

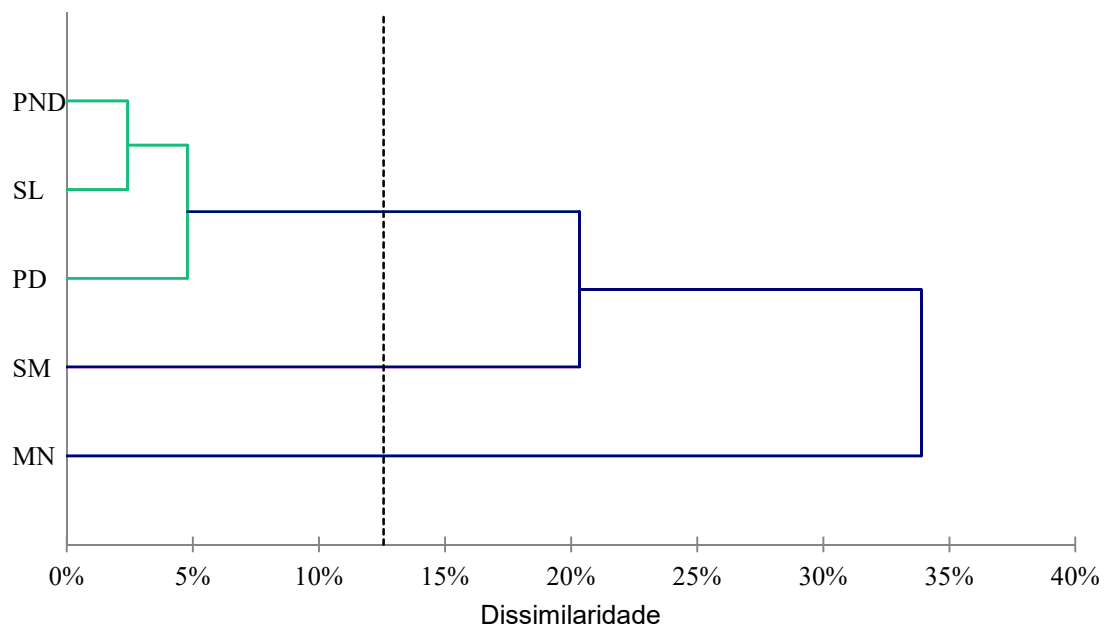


Figura 6: Dendrograma de dissimilaridade pelo método de *Ward* com distância euclidiana construído com as médias normalizadas dos métodos de avaliação visual sobre as áreas estudadas. OBS: SL = Silvicultura; MN = Mata nativa; PND = Pasto não degradado; SM= Sorgo e Milho; PD = Pasto Degradado;

4. CONCLUSÕES

Todos os métodos de avaliação visual utilizados se apresentaram como métodos que requerem poucos recursos financeiros e de simples confecção, e permitiram distinguir a qualidade do solo entre diferentes sistemas de manejo, assim como seus critérios foram capazes de sugerir a sustentabilidade da área.

Os resultados indicaram que dentre os sistemas de manejo, aqueles que estão em condições de qualidade do solo consideradas como moderada, foram o sorgo/milho e o pasto degradado, significando que existem características naquela região que informam que há perdas de nutrientes e solo, sua condição estrutural é ainda aceitável, entretanto necessitam de melhorias em longo prazo, caso contrário irá ocorrer a perda de produtividade da área.

A mata nativa e a silvicultura apresentaram boas avaliações, uma vez que possuem uma maior biodiversidade, com vegetação estratificada e cobertura de serapilheira, conferindo uma maior biomassa capaz de fornecer proteção ao solo de intempéries ambientais.

A qualidade do solo foi avaliada em profundidades diferentes pelos métodos AVS e AVES, entretanto não há evidências estatísticas suficientes que comprovem a diferença entre as profundidades analisadas.

O reconhecimento e a distinção da qualidade visual entre os sistemas de manejo podem proporcionar novas perspectivas de planejamento nas áreas avaliadas, dada à dependência direta da agricultura em relação aos atributos do solo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, W.S.; CARVALHO, D.F.; PANACHUKI, E.; VALIM, W.C.RODRIGUES, S.A. VARELLA, C.A.; Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1110-1119, set. 2016.

BALL, B. C.; BATEY, T.; MUNKHOLM, L. J. Field assessment of soil structural. Quality: a development of the Peerlkamp test. **Soil Use and Management**, v. 23, p. 329–337, 2007.

BARBOSA, M.M.; REIS, J. D.; GIUNTI, O. D.; SILVA, A. V. Sustainability indicators in two distinct areas, in Caldas/MG, through the mesmis methodology. **Holos Environment**, v.17, n.1, p.1-14, mai/nov, 2017.

CÂNDIDO, B.M.; SILVA, M.L.N.; CURI, N. BATISTA, P.V.G. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na bacia do rio Paraná, no leste do Mato Grosso do Sul, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p. 1565-1575, 2014.

CARNEIRO, M. A. C. **Características bioquímicas do solo em duas cronossequências de reabilitação em áreas de mineração de bauxita**. 2000. 166 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2000.

COSTA, E.A.; GOEDERT, W.J.; SOUZA, D.M.G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1185-1191, jul. 2006.

COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K.S.M.; YOKOBATAKE, L.; FERREIRA, J.P.; PARIZ, C. M.; BONINI, C.S.B.; LONGHINI, V.Z. Atributos do solo e Acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v. 39. p.852-863, mai/out, 2015.

CHRISTIANINI, A. V. Fecundidade, dispersão e predação de sementes de *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude, uma palmeira invasora da Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v. 29, n. 4, 2006

GIAROLA, N.F.B; TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; BALL, B.; Método de avaliação visual da qualidade da estrutura aplicado a Latossolo Vermelho Distroférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p.2531 – 2534. 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2015) Avaliação Visual para o Monitoramento da Qualidade Estrutural do Solo: VESS e VSA. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p.39, 2015. ISSN 1516-8840; 390.

GUIMARÃES, R. M. L.; BALL, B. C.; TORMENA, C. A. Improvements in the visual evaluation of soil structure. **Soil Use and Management**, v. 27, n. 3, p. 395-403, 2011.

INMET, 2017. Dados históricos (1987-2017), estação meteorológica de Florestal, número sinóptico 83581. Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Meteorologia, Brasília. Disponível em < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais> > Acesso em: 28 set. 2016.

JUNIOR, G.F.S.; CORÁ, J.E.; LAL, R. Soil aggregation according to the dynamics of carbon and nitrogen in soil under different cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.51, n.9, p. 1652-1659, set. 2016

PENNING, L. H.; LIMA, C. L. R. de.; TUCHTENHAGEN, I. K.; SILVA, M. de. F. M. M. da.; PILLON, C. N.; NUNES, M. C. M. Avaliação visual para o monitoramento da qualidade estrutural do solo: VESS e VSA. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, RS, 2015 ISSN 1516-8840.

OLIVEIRA, Daniella T. C.; BUENO, Guilherme T. Avaliação da qualidade química do solo de um sistema agroecológico por indicadores de sustentabilidade: Estudo de caso no Assentamento Pastorinhas, Brumadinho, Minas Gerais. **Cadernos de Agroecologia**. v. 10, n. 3, 2015.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N.; VIEIRA, F. B. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2461-2470, 2008.

MENDES, I. C.; SOUSA, D.M.G.; JUNIOR, F.B.R. Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 32, n. 1/2, p. 185-203 jan./ago.2015.

NIERO, L.A.C.; DECHEN, S.C.F.; COELHO, R.M.; MARIA, I.C.; Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um latossolo vermelho distroférico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1271-1282, 2010.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L.; Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.11-21, 2008.

SANTOS, O. F.; SOUZA, H. M.; OLIVEIRA, M. P.; CALDAS M. B.; ROQUE C. G. Propriedades químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 1, p. 36–42, 2017.

SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; SILVA, E. M.; SILVEIRA, P. M.; BECQUER, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1339-1348, 2011.

SANTOS, W., Silva, F., Souza, M., Conceição, A. (2016). Comparativo de impactos ambientais entre manejo de culturas: sistema agroflorestal e monoculturas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, mai. 2016.

SILVA, M. A.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; AVANZI, F.P.L.; LEITE, F.P. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do Vale do Rio Doce, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 765-776, 2011.

SOUSA, M.M.M.; PALÁCIO, H.A.Q.; FILHO, J.C.R.; NETO, A.J.R.; MOURA, M.M.S.; Influência da cobertura vegetal nas perdas de água e solo em parcelas de erosão no semiárido brasileiro. **Revista Geonorte**, Edição Especial 5, v.7, n.26, p.160-171, 2016.

SHEPHERD, T. G. **Visual Soil Assessment**: Volume 1. Field Guide for Pastoral Grazing and Cropping on Flat to Rolling Country. 2^a ed. Palmerston North: Horizons Regional Council, 119 p. 2009.

STEFANOSKI, D.C; FIGUEIREDO, C.C.; SANTOS, G.G.S; MARCHÃO, R.L.Selecting soil quality indicators for different soil management systems in the Brazilian Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1643-1651, set. 2016.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. 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.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O solo possui inúmeras funções ecossistêmicas e a alteração de sua qualidade pode gerar um processo em cadeia, causando diversos impactos ambientais. Ele interfere diretamente na qualidade da água, um solo contaminado pode causar a contaminação da água e vice versa, um solo com uma estrutura comprometida, pode transportar substâncias para os cursos d'água, causando o assoreamento deles, ou acelerando processos de eutrofização, principalmente quando os solutos presentes na enxurrada são compostos por matéria orgânica ou fósforo. Desta forma, o solo se empobrece pela ação do escoamento superficial e aos poucos pode dar origem a processos erosivos.

Uma das principais funções do solo é o suporte à vida, ao provisionamento de recursos e regulação de culturas, os presentes microrganismos contribuem para a manutenção da matéria e transferência de energia em ambientes terrestres. O acúmulo de matéria orgânica no solo, fonte para desenvolvimento das plantas e outros seres vivos, contribuí para o sequestro de carbono, favorecendo indiretamente a redução do aquecimento global.

Diante do exposto, quando o agricultor opta em práticas agroecológicas, pode garantir a qualidade do solo, aumentando sua produtividade e garantindo uma maior segurança alimentar e principalmente causando menos impactos ao equilíbrio e a preservação ambiental.

O conhecimento das propriedades físicas do solo pode auxiliar na adoção do melhor manejo, bem como pode contribuir no entendimento do comportamento do solo e das plantas. Os resultados presentes nesse projeto reforçam que as alterações desses atributos interferem na qualidade do solo e estão diretamente relacionados à forma de cultivo, além de que a avaliação visual tem se apresentado como uma ferramenta eficiente, visto que obteve resultados comprovados por algumas análises laboratoriais.

A análise visual pode identificar que a área de sorgo/milho apresentava condições estruturais do solo medianas e as análises laboratoriais indicaram que o solo naquela região está compactado, com baixo teor de matéria orgânica, tornando o solo mais propenso aos processos erosivos, uma vez que obteve um baixo valor na análise de estabilidade de agregados e menor diâmetro de partícula. Solos com essas

características, quando estão expostos às intempéries ambientais, tentem a infiltrar pouca água, ocasionando maiores volumes de escoamento superficial, logo causam o surgimento de processos erosivos e boa parte dos impactos ambientais mencionados anteriormente.

Diante do exposto, recomenda-se a conscientização dos produtores para que optem por práticas agrícolas menos agressivas à estrutura do solo, como, por exemplo, o plantio direto ou escalonamento de rotação de cultura com um menor tempo, uma vez que a rotação seja feita apenas após a perda da produtividade, o período de recuperação do solo é alto, como exemplificado na área de estudo, denominado pasto degradado, no qual suas propriedades ainda não se restabeleceram após seu uso anterior.

Portanto, para que a conscientização dos produtores seja alcançada, é necessária a criação de políticas agrícolas direcionadas aos pequenos e grandes produtores de forma que eles possam acompanhar fazendas modelo e receber treinamentos de acordo com suas necessidades. Importante que saibam que respeitar a capacidade produtiva do solo e uma forma de reduzir os passivos ambientais.



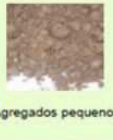


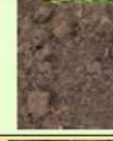







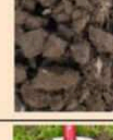


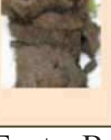



ANEXO A – Ficha de campo para Avaliação Visual da Estrutura do Solo

Avaliação AVES (Avaliação Visual da Estrutura do Solo)

Confirmação do escore				
Amostra:				
Profundidade da amostra:				
Escore dado a partir da figura do método:				
Dificuldade em extrair o bloco:	Fácil	Moderadamente fácil	Moderadamente difícil	Difícil
Tamanho dos agregados	Grandes (torrões)	Médios	Pequenos	
Forma dos agregados	Granulares	Subangulares	Angulares	
Porosidade	Altamente poroso	Poroso	Pouco porosos	Sem porosidade visível
Raízes	Agrupadas	Espessas	Deformadas	Normais
Anaerobiose	Presente	Não presente		
Escore final				
Observação:	<p>Se o bloco extraído apresentar mais de uma camada (camadas visivelmente diferentes), é possível dividi-los e dar diferentes escores. Nesse caso, para o escore final multiplica-se o escore de cada camada pela sua espessura e divide o produto pela espessura total do bloco.</p> <p>Por exemplo: um bloco com 25cm de espessura possui a primeira camada de 10cm com solo solto e poroso com escore 1, já a camada inferior de 15cm é mais compactado é dado o escore 3, logo $((1 \times 10) / 25) + ((3 \times 15) / 25) = 2,2$</p>			

Fonte: Ball *et al.*, 2007

ANEXO B – Guia fotográfico para Avaliação visual da estrutura do solo

Qualidade Estrutural	Tamanho e aparência dos agregados	Porosidade visível e raízes	Aparência depois do manuseio: vários solos	Aparência depois do manuseio: mesmo solo diferentes manejos	Característica distintiva	Aparência e descrição de agregados naturais ou fragmento reduzido de ~ 1,5 cm de diâmetro
Qe1 Friável Agregados quebram facilmente com os dedos	Maioria < 6 mm após a quebra	Alta porosidade Raízes por todo solo			 Agregados pequenos	 A ação de quebrar o bloco é suficiente para revelá-los. Agregados grandes são compostos por agregados menores, presos pelas raízes.
Qe2 Intacto Agregados quebram facilmente com uma mão	Uma mistura de agregados porosos e redondos entre 2 mm – 7 cm Sem presença de torrões	Maioria dos agregados são porosos Raízes por todo solo			 Agregados altamente porosos	 Agregados quando obtidos são redondos, muito frágeis, despedaçam muito facilmente e são altamente porosos.
Qe3 Firme Maioria dos agregados quebram com uma mão	Uma mistura de agregados porosos entre 2mm -10 cm; menos de 30% são <1 cm. Alguns torrões angulares não porosos podem estar presentes	Macroporos e fissuras presentes Porosidade e raízes: ambas dentro dos agregados			 Agregados com baixa porosidade	 Fragmentos de agregados são razoavelmente fáceis de serem obtidos. Apresentam poucos poros e são arredondados. Raízes geralmente crescem através dos agregados.
Qe4 Compacto Quebrar agregados com uma mão requer esforço considerável	Maioria > 10 cm e são sub-angulares não porosos; possibilidade de horizontalização; menos que 30% são <7 cm	Poucos macroporos e fissuras Raízes agrupadas em macroporos e ao redor dos agregados			 Macroporos bem distintos	 Fragmentos de agregados são fáceis de serem obtidos quando o solo está úmido, em forma de cubo muito angulosos e pontudos e apresentam fissuras internamente.
Qe5 Muito compacto Difícil quebra	Maioria são maiores que > 10 cm, muito poucos < 7 cm, angular e não poroso	Porosidade muito baixa. Macroporos podem estar presentes. Pode conter zonas anaeróbicas Poucas raízes e restritas a fissuras			 Cor azul-acinzentada	 Fragmentos de agregados são fáceis de serem obtidos quando o solo está úmido, no entanto, considerável força é necessária. Geralmente não apresentam poros ou fissuras.

Fonte: Ball *et al.* (2007)

**ANEXO C – Ficha de campo para Avaliação Visual do Solo para áreas de
pastagem e campos**

**Avaliação AVS
PASTAGEM E CAMPOS**

Cartão de escores			
Indicadores visuais para avaliar a qualidade do solo			
Indicadores do solo			
Proprietário		Uso do solo	
Localização da área		GPS	
Profundidade do bloco		Profundidade do horizonte A	
Tipo de solo		Classificação do solo	
Classe de drenagem		Data	
Condição de umidade			
Indicadores visuais da qualidade do solo	Escore Visual 0= pobre 1= moderada 2= boa	Fator de ponderação	Ranking
Textura do solo		X3	
Estrutura do solo		X3	
Porosidade do solo		X3	
Número e cor de mosqueados		X2	
Cor do solo		X2	
Minhocas (número)		X2	
Cheiro do solo		X3	
Profundidade efetiva das raízes (cm)		X3	
Formação de poças na superfície		X3	
Relevo do solo		X1	
Qualidade do solo (soma do ranking)			
Avaliação da qualidade do solo			
Avaliação		Índice de qualidade do solo para campos ou pastagem	
Pobre		< 20	
Moderado		20 – 35	
Bom		>35	

Fonte: Shepherd, 2009

ANEXO D – Ficha de campo para Avaliação do Solo para áreas de cultivo

Avaliação AVS ÁREA CULTIVADA

Cartão de escores			
Indicadores visuais para avaliar a qualidade do solo			
Indicadores do solo			
Proprietário		Uso do solo	
Localização da área		GPS	
Profundidade do bloco		Profundidade do horizonte A	
Tipo de solo		Classificação do solo	
Classe de drenagem		Data	
Condição de umidade			
Indicadores visuais da qualidade do solo	Escore Visual 0= pobre 1= moderada 2= boa	Fator de ponderação	Ranking
Textura do solo		X3	
Estrutura do solo		X3	
Porosidade do solo		X3	
Número e cor de mosqueados		X2	
Cor do solo		X2	
Minhocas (número)		X3	
Cheiro do solo		X2	
Profundidade efetiva das raízes (cm)		X3	
Formação de lagoas na superfície		X3	
Cobertura e formação de crosta na superfície		X2 X3	
Erosão do solo		X1	
Qualidade do solo (soma do ranking)			
Avaliação da qualidade do solo			
Avaliação		Índice de qualidade do solo para solos cultivados	
Pobre		< 20	
Moderado		20 – 37	
Bom		>37	

Fonte: Shepherd, 2009

ANEXO E – Ficha de campo para avaliação do índice de Qualidade do Solo

Planilha de Avaliação Visual do Solo						
Índice de qualidade visual (IQV)						
Local:	Avaliador:					Data:
Indicadores:	Avaliação					
	Péssimo	Ruim	Regular	Médio	Bom	Excelente
	0	1	2	3	4	5
Fator Solo						
Presença de erosão						
Pedregosidade						
Macrofauna do solo						
Fator Vegetação						
Índice de cobertura vegetal						
Diversidade vegetal						
Porte/estratificação						
Vigor da vegetação						
Presença e estado de decomposição da serapilheira						
Incorporação da serapilheira no solo						
Fator fauna						
Quantidade de fauna silvestre						

Fonte: Carneiro, 2000