



MARIA ROBERTA BRANDÃO

**AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB CULTIVO DE
EUCALIPTO E PASTAGEM NO SUL DE MINAS GERAIS.**

**INCONFIDENTES
2010**

MARIA ROBERTA BRANDÃO

**AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB CULTIVO DE
EUCALIPTO E PASTAGEM NO SUL DE MINAS GERAIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Gestão Ambiental, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, MG como parte das exigências para obtenção do título de Tecnóloga em Gestão Ambiental.

Orientador: D.Sc. Luiz Carlos Dias Rocha

Co-orientador: D.Sc. Ademir José Pereira

INCONFIDENTES

2010

MARIA ROBERTA BRANDÃO

**AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB CULTIVO DE
EUCALIPTO E PASTAGEM NO SUL DE MINAS GERAIS.**

DATA DE APROVAÇÃO: 07 de junho 2010.

ORIENTADOR: D.Sc. Luiz Carlos Dias Rocha
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes

MEMBRO1: D.Sc. Ademir José Pereira
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes

MEMBRO 2: M.Sc. Oswaldo Francisco Bueno
IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes

INCONFIDENTES

2010

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais José Roberto e Laura, em especial a minha mãe por todo amor, companheirismo e a incondicional força e apoio na busca de meus objetivos. Dedico também ao meu irmão Adilson pelos puxões de orelha e ao meu marido Marcelo pelo amor, paciência e companheirismo e a minha filha, pois é por ela que encontro forças para lutar cada dia mais.

Dedico também aos meus Tios Antonio e Célia, e a todos que de alguma forma contribuíram para esse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por tudo que sou pelo dom da vida e por colocar no meu caminho pessoas tão especiais.

A minha filha que fez com que percebesse que a vida só tem valor quando passamos a vê-la de forma especial, que cada dia é único e maravilhoso quando amamos e sentimos amada, e mesmo quando não sabia ela já estava comigo durante este trabalho.

Ao meu marido Marcelo pelo amor, companheirismo, paciência e gostaria de lhe dizer que cada dia que passa o amo mais e mais.

Aos meus pais, Laura e José Roberto, pela compreensão, apoio e por acreditarem em mim.

Aos meus irmãos Léo e Adilson, pelo carinho e apoio e também puxões de orelha.

A minha avó Zilda, tios Antonio e Célia e primas Rosana e Suzana, por todo carinho, apoio e ajuda que me forneceram ao longo desses anos.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Inconfidentes e seus funcionários que de forma direta ou indireta ajudaram na realização deste trabalho.

Ao meu Orientador Prof. Luiz Carlos por toda compreensão, paciência, dedicação e atenção para que pudesse concluir este trabalho.

Ao meu Co-orientador Prof. Ademir pelo apoio, e pela idéia deste trabalho.

A amiga Adriana pelo companheirismo, amizade e paciência.

Aos meus amigos especiais, que sempre estiveram do meu lado, Marília, Dani, Breno, Milson, Bonette e Getúlio, pois gostaria de lhes dizer que o tempo pode até apagar tudo, mas verdadeiras amizades ele não apaga.

A Fabiana e Mayron, que sempre estavam comigo nos trabalhos de aula.

Ao amigo Michender que ajudou nas análises.

A amiga Laís que esteve comigo em todas as horas, durante essa fase.

A todos os colegas de classe que de alguma forma ajudaram.

A todos os professores do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, que sempre com dedicação e companheirismo ensinaram nossos conhecimentos e proporcionaram bons momentos.

Por fim a todos que deram apoio e ajudaram nesta fase da vida.

Obrigada!

EPÍGRAFE

“As conseqüências de um domínio ‘irracional’ sobre a Natureza podem ser ameaçadoras à própria sobrevivência do homem, que somente através da ciência pode encontrar formas de elas se manifestarem de forma suportável”.

(GRAZIANO NETO)

“Gotas de água de chuva
Alegre arco-íris
Sobre a plantação
Gotas de água da chuva
Tão triste, são lágrimas
Na inundação...”

(GUILHERME ARANTES)

SUMÁRIO

RESUMO.....	I
ABSTRACT	II
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. OBJETIVO GERAL.....	2
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
3.1. Física do solo	3
3.1.1 Estrutura do solo.....	3
3.1.2 Densidade de partícula e densidade do solo	4
3.1.3 Porosidade total.....	5
3.1.4 Textura do solo.....	6
3.1.5 Resistência a penetração	6
3.2. Degradação do solo	7
3.3. Degradação do solo em pastagens.....	8
3.4. Degradação do solo sob cultivo de eucalipto.....	10
3.5. Manejo e preparo <i>versus</i> qualidade do solo.....	11
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
4.1 Caracterização da área	13
4.1.2 Área 1: eucalipto novo.....	13
4.1.3 Área 2: pastagem 1	13
4.1.4 Área 3: eucalipto velho.....	14
4.1.5 Área 4: pastagem 2	14
4.2 Parâmetros avaliados.....	14
4.2.1 Densidade do solo	14
4.2.2 Densidade de partícula.....	15
4.2.3 Porosidade total.....	15
4.2.4 Resistência a penetração	15
4.3 Análises estatísticas.....	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
6. CONCLUSÃO	21
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	22

RESUMO

Para um bom crescimento e desenvolvimento das culturas e preservação dos recursos florestais, um fator de extrema importância é qualidade física do solo, que influencia na umidade, arranjo das partículas, permeabilidade, todas as condições favoráveis para o crescimento das plantas. A física do solo está diretamente relacionada ao comportamento como o solo é tratado e explorado, é também suporte para as plantas, um solo mal estruturado não consegue produzir e se manter em boa qualidade. Devido a estas condições, a pesquisa visou avaliar e estudar algumas propriedades do solo, como densidade de partícula, densidade do solo, e resistência à penetração. O trabalho foi desenvolvido na fazenda experimental do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, em áreas ocupadas com eucalipto e pastagem. O resultado do trabalho evidenciou que a área com eucalipto velho, mesmo tendo invasão de gado, apresentou menor valor de densidade do solo, foi o único que apresentou diferença estatística, quanto à resistência não apresentou sinais de compactação. Já as demais áreas apresentaram resultados semelhantes, inclusive o eucalipto novo. Para as avaliações de porosidade total e densidade de partícula não foi possível verificar diferença significativa.

ABSTRACT

For good crop growth and development, conservation of forest resources, an extremely important factor is the physical quality of soil, which influence on the moisture, arrangement of particles, permeability, all favorable conditions for plant growth. The soil physical behavior is directly related to how the soil is treated and exploited, it is also support for the plants, a poorly structured soil cannot produce and keep self in good quality. Due to these conditions the research aimed to evaluate and study some properties of soil such as particle density, bulk density, porosity and resistance to penetration. The study was conducted at the Experimental Farm of the Southern Mines IC - Campus Inconfidentes in areas planted with eucalyptus and pasture. The result of this study showed that the area under old eucalyptus, even though the invasion of cattle, had the lowest bulk density, it was the only one who showed a statistical difference in the resistance showed no signs of compression. As the other areas showed similar results, even the new eucalyptus. For the evaluations of porosity and particle density unable to verify significant differences.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos a ação antrópica vem causando grande preocupação no ser humano em relação à preservação do meio ambiente e a sustentabilidade dos recursos naturais. O uso incorreto do solo contribui para a diminuição do potencial produtivo do mesmo, afetando suas características físicas, químicas e biológicas, proporcionando uma queda gradual do rendimento de todo e qualquer segmento que vise à produção, seja ela de pequena ou larga escala.

Nos tempos atuais, as questões ambientais têm sido abordadas com maior frequência, o que demonstra a preocupação dos seres humanos com a qualidade do meio em que vivem, além da busca pela manutenção do tripé da sustentabilidade, se faz necessário a realização de estudos os quais caracterizam as alterações ocorridas nas características físicas do solo, visto que este é a base para a existência de vida no nosso planeta (NASCIMENTO & BRANCO, 2000).

É através da estrutura física do solo, que o cultivo agrícola, a utilização de campos para pastagens e plantação de florestas pode realizar-se, no entanto o manejo incorreto do solo pode vir a causar sua degradação, tornando essa mesma estrutura muitas vezes imprópria para uso.

Dentre as suas utilizações, as áreas que são destinadas para pastagens e florestas de eucalipto são consideradas como sendo as de maior impacto para o solo, uma por causar a compactação através do pisoteio do gado, impossibilitando a infiltração e percolação hídrica no solo, a outra por ter como mito a secagem da água no local onde foi plantada (VITAL, 2007).

As qualidades físicas do solo, embora não sejam fatores nutricionais para o crescimento das plantas, causam influência direta sobre a mesma, através da retenção de água, drenagem, composição e arranjo das partículas.

O aumento da densidade do solo devido à compactação em áreas de pastagens resulta na diminuição dos macroporos tornando-o mais propício à erosão. A estrutura ou o arranjo das partículas do solo influencia na capacidade de infiltração de água da chuva, e na capacidade de arraste das partículas, sendo assim solos com boa estrutura apresentam alta porcentagem de poros e alta permeabilidade (PEQUENO et al., 2007).

Alguns estudos relatam que as florestas de eucalipto têm contribuído para melhoria da qualidade do solo, devido à formação de serrapilheira depositada sobre ele, o que promove maior teor de umidade e proteção contra o impacto direto das gotas de chuva,

evitando o salpicamento das partículas e seu arraste, sem formar bancos de solo nas zonas mais baixas do terreno, evitando também assoreamento de rios e lagos (MEDEIROS, 2007).

No caso das pastagens, o bom resultado da sua estrutura física depende diretamente do manuseio do gado, do manejo adequado que o solo receberá e da quantidade de animais lotado para o pastejo.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito das diferentes culturas de eucalipto e pastagens, para assim poder quantificar a qualidade física do solo nessas áreas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi estudar e determinar o efeito de culturas de eucalipto com diferentes idades e pastagem sobre as propriedades físicas do solo.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar a densidade do solo por meio do método do anel volumétrico.
- Avaliar a densidade de partícula pelo método do balão volumétrico.
- Avaliar a resistência à penetração do solo com uso do penetrômetro.
- Determinar a porosidade total do solo nos diferentes ambientes.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Física do solo

As principais propriedades físicas do solo (textura, estrutura, densidade, porosidade, permeabilidade, fluxo de água, ar e calor) são responsáveis pelos mecanismos de atenuação física de poluentes, como filtração e lixiviação, possibilitando ainda condições para que os processos de atenuação química e biológica possam ocorrer (CETESB, 2010).

A física do solo é um ramo da Ciência do Solo que trata das propriedades físicas do solo, estando relacionada então à mecânica do solo. Pode também ser definida como sendo o estudo das características e propriedades físicas do solo, podendo elas ser alteradas com o uso e manejo do solo (FERREIRA et al., 2003).

As propriedades físicas do solo influenciam diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas, como a temperatura, o potencial matricial da água no solo (disponibilidade de água), a aeração e a resistência do solo à penetração. As condições físicas do solo às plantas variam rapidamente de acordo com a forte inter-relação que existe entre elas (GRANATSTEIN & BEZDICEK, 1992).

3.1.1 Estrutura do solo

Dentre as propriedades físicas do solo, a estrutura é uma propriedade sensível ao manejo e pode ser analisada segundo variáveis relacionadas à sua forma e ou a sua estabilidade. Mas com o aumento da intensidade de cultivo e o manejo incorreto do solo pode apresentar alteração no tamanho dos agregados do solo, aumento da densidade do solo, redução da porosidade total e aumento da resistência do solo à penetração (ANJOS et al., 1994).

A estrutura do solo é o modo como as partículas do solo se arranjam, influenciando na capacidade de infiltração e de absorção da água da chuva, e na capacidade de arraste das partículas do solo, assim, solos com estrutura micro agregada ou granular, como os latossolos, apresentam alta porcentagem de poros e alta permeabilidade, favorecendo a infiltração da água e minimizando o efeito erosivo (GUERRA et al., 1999).

A estrutura do solo sendo alterada pela compactação causa um aumento da densidade do solo associado à redução da porosidade, da continuidade dos poros e da permeabilidade. Tornando então, o solo mais resistente à penetração das raízes, as quais têm

seu crescimento e desenvolvimento diminuído. A compactação está associada sob grande influência do uso e manejo do solo (ANJOS et al., 1994).

3.1.2 Densidade de partícula e densidade do solo

A densidade de partícula (D_p) é uma propriedade física bastante estável porque depende exclusivamente da composição da fração sólida do solo, a densidade de partículas será dependente tanto da proporção entre matéria orgânica e parte mineral, quanto da constituição mineralógica do solo (FERREIRA et al., 2003).

A densidade do solo (D_s) é uma das propriedades físicas mais utilizadas na quantificação da qualidade física do solo, a qual é mais afetada nos primeiros 150 mm de profundidade (GREENWOOD & MCKENZIE, 2001).

Segundo FIGUEIREDO et al. (2008) a densidade do solo é uma característica física que expressa a relação entre a massa e o volume do solo, portanto, está diretamente relacionada com o volume dos poros e a resistência à penetração das raízes.

A densidade do solo é um importante atributo físico dos solos, por fornecer indicações a respeito do estado de sua conservação, sobretudo em sua influência em propriedades como infiltração e retenção de água no solo, desenvolvimento de raízes, trocas gasosas e suscetibilidade desse solo aos processos erosivos e também sendo largamente utilizada na avaliação da compactação e/ou adensamento dos solos. A densidade do solo é uma propriedade variável e depende da estrutura e compactação do solo (PEQUENO et al., 2007).

A densidade tende a aumentar com a profundidade o que se deve a fatores tais como: teor reduzido de matéria orgânica, menor agregação, menor penetração de raízes, maior compactação ocasionada pelo peso das camadas subjacentes, diminuição da porosidade total devido à eluviação de argila, dentre outros (COSTA et al., 2003)

O efeito da compactação causa o aumento da densidade do solo que resulta na diminuição dos macroporos; em função disso, o solo torna-se mais erodível. As propriedades químicas, biológicas e mineralógicas do solo influem no estado de agregação entre as partículas, aumentando ou diminuindo a resistência do solo à erosão (FERREIRA et al., 2003).

A densidade do solo é uma propriedade física que reflete o arranjo das partículas do solo, que por sua vez define as características do sistema poroso. A densidade do

solo depende da estrutura do solo, umidade, da compactação, manejo do solo, etc (FERREIRA et al., 2003).

Esse sistema poroso é representado por cavidades de diferentes tamanhos e formas, influenciando na aeração, condução e retenção de água, resistência à penetração e à ramificação das raízes no solo e, conseqüentemente, no aproveitamento de água e nutrientes disponíveis (BAMBERG et al., 2008).

3.1.3 Porosidade total

A porosidade total (PT) representa a porção do solo em volume não ocupada por sólidos, onde se encontra o ar do solo, por onde a água circula (FERREIRA et al., 2003).

De maneira geral, costuma-se fazer a distinção dos poros do solo pelos seus diâmetros em: macroporos, responsáveis pela aeração e drenagem do excesso de água no perfil; e microporos, responsáveis pela retenção e armazenamento da água que pode ser disponibilizada para as plantas (BAMBERG et al., 2008).

Uma vez alteradas a porosidade e a densidade do solo, as propriedades de condutividade hidráulica do solo também variam. Solos que apresentam maior estabilidade de agregados possuem, em geral, maior qualidade estrutural, expressa pela qualidade do espaço poroso (porosidade total e macroporosidade) (FIGUEIREDO et al., 2008).

Os espaços porosos do solo são representados por cavidades de diferentes tamanhos e formas, determinados pelo arranjo das partículas sólidas, influenciando a aeração, condução e retenção de água, resistência à penetração e à ramificação das raízes no solo e, conseqüentemente, no aproveitamento de água e nutrientes disponíveis (BAMBERG et al., 2008).

Técnicas de manejo que incrementem a porosidade por meio da redução da densidade do solo poderiam ser eficientemente utilizadas para manter a resistência à penetração em níveis não impeditivos às plantas (BLAINSKI et al., 2008).

O aumento da densidade do solo pela compactação implica na redução da porosidade total que proporciona uma queda na taxa de infiltração de água do solo (SILVA et al., 2005).

3.1.4 Textura do solo

A textura do solo constitui-se numa das características físicas mais estáveis e representa a distribuição quantitativa das partículas do solo quanto ao tamanho. A grande estabilidade faz com que a textura seja considerada elemento de grande importância na descrição, identificação e classificação do solo. As três frações texturais do solo são: areia, silte e argila (FERREIRA et al., 2003).

A textura ou granulometria refere-se à proporção de argila, silte e areia do solo. A argila dentre essas frações é a que possui maior superfície específica, apresenta alta capacidade de troca de cátion (CTC) e adsorção de fósforo. A fração argila representa a maior parte da fase sólida e é constituída de uma gama variada de minerais (PRADO, 2005).

FERREIRA et al., (2003) caracteriza as frações texturais do solo como:

- *A fração areia é solta, com grãos simples, não plástica, não pode ser deformada, não pegajosa, predomina poros grandes na massa, capacidade de troca de cátions (CTC) praticamente ausente, com frações granulométricas de 0,25 – 0,10 mm de diâmetro.*
- *A fração silte sendo sedosa ao tato, apresenta ligeira coesão quando seca, poros de tamanho intermediário, capacidade de troca iônica baixa, e frações granulométricas de 0,05 – 0,002 mm de diâmetro.*
- *E a fração argila sendo plástica e pegajosa quando úmida, dura e muito coesa quando seca, alta capacidade de troca de cátions, poros muitos pequenos, forma agregados com outras partículas. Sendo essa a fração que mais influencia no comportamento físico do solo, com frações granulométricas menores que 0,002 mm de diâmetro.*

3.1.5 Resistência à penetração

A resistência do solo à penetração é um dos atributos físicos do solo que influenciam diretamente no crescimento radicular e na parte aérea das plantas, sendo que esta característica é a que melhor representa as condições para o desenvolvimento radicular (FURLANI et al., 2003).

A deformação e a suscetibilidade do solo à compactação estão relacionadas com o estado inicial de compactação e com a quantidade de água no solo. Resultados apresentados

por diversos autores indicam que existe um conteúdo de água ótimo para ocorrer a compactação (SILVA et al., 2000).

A resistência do solo à penetração aumenta com a compactação do solo, sendo restritiva ao crescimento radicular acima de certos valores que variam de 1,5 a 4,0 MPa, pode-se dizer que resistências à penetração em torno de 3,5 a 6,5 MPa, aparentemente, são as mais corretas para considerar que um solo está com possíveis problemas de impedimento mecânico (SILVA et al., 2004).

Os problemas com compactação começam a chamar atenção para o aumento no custo de produção por unidade de área e diminuição do potencial produtivo do solo. A correção da compactação exige máquinas com potências elevadas, equipamentos específicos como subsoladores ou escarificadores, e também bom conhecimento técnico, para avaliação da melhor hora para proceder as operações (CARVALHO FILHO et al., 2005).

A compactação é um processo dinâmico e gradual em que a porosidade e a permeabilidade são reduzidas, a resistência é aumentada e muitas outras características estruturais do solo são afetadas devido ao pisoteio animal e tráfego intenso de máquinas e equipamentos (SILVA et al., 2000).

Dependendo da espécie e das condições ambientais, são observadas reduções de até 75% da produtividade, como no feijoeiro quando submetido à compactação. Para o trigo, relatos apontam para reduções de 9 a 20% na produtividade. Para as culturas da soja e do milho, em geral, se trabalha com o conceito de que valores de resistência superiores a 2.000 KPa geram perdas no rendimento. Resistências de 2.350 KPa já chegaram a provocar 86% de redução no comprimento radicular da cultura da soja (FURLANI et al., 2003).

3.2. Degradação do solo

A utilização do solo para a exploração agrícola sem considerar sua capacidade de uso, ou através do manejo incorreto, proporciona a degradação do solo, reduzindo sua capacidade produtiva, tornando o mesmo suscetível à erosão hídrica, que por sua vez acelera o processo de degradação. O fator climático mais importante na erosão hídrica é a precipitação que é um dos principais fatores de degradação dos solos agrícolas (ROCHA et al., 2006).

O agravamento da degradação do solo se deve às reduções da macroporosidade e densidade do solo, onde esses efeitos podem comprometer a respiração das raízes das plantas (MORAES et al., 1999).

A cobertura do solo assume um papel importante para minimizar a degradação do solo, no controle à erosão provocada pela chuva, além de aumentar a quantidade de água interceptada, a vegetação também amortece a energia do impacto das gotas de chuva reduzindo a desagregação dos agregados, a obstrução dos poros, o selamento superficial e diminui o escoamento devido à rugosidade (SILVA et al., 2005).

Nos últimos anos a expansão agrícola veio crescendo dia a dia, acarretando o desgaste do solo. A partir disso, começaram a ser estudados efeitos para minimizarem esse problema no ambiente, sendo a compactação um item abordado com frequência. O termo compactação do solo refere-se à compressão do solo não saturado onde existe um aumento da densidade do solo em consequência da redução de volume (PEQUENO et al., 2007).

3.3. Degradação do solo em pastagens

A degradação das pastagens é um dos maiores problemas da pecuária do Brasil na atualidade. Estima-se que 80% dos 50 a 60 milhões de hectares de pastagens cultivadas do Brasil Central, encontra-se em algum estágio de degradação. Este problema afeta diretamente a sustentabilidade da pecuária. A produção animal em uma pastagem degradada pode ser seis vezes menor a de uma pastagem recuperada ou em bom estado de manutenção (MACEDO et al., 2006).

Nas últimas décadas as alterações dos atributos que ocasionam a degradação dos solos têm sido detectadas de forma intensa em áreas agrícolas, em razão de diversos processos que levam as alterações das características físicas, químicas e biológicas, afetando o potencial produtivo do solo e a sustentabilidade do sistema, entre essas práticas é apontado, o revolvimento excessivo do solo em áreas agrícolas, as práticas inadequadas e o superpastejo (AZEVEDO & SVERZUT, 2003).

Os solos ocupados por pastagens são inferiores quando comparados àqueles usados pela agricultura. Estes solos apresentam problemas de fertilidade natural, acidez, topografia, pedregosidade ou limitações de drenagem. Os solos de melhor qualidade são ocupados pelas lavouras anuais que possui em grande valor industrial. Sendo assim, é de esperar que as áreas destinadas à exploração dos bovinos de corte apresentem problemas de produtividade e de sustentabilidade de produção (NASCIMENTO & BRANCO, 2000)

A pressão do casco dos animais sobre o solo pode comprometer a qualidade física na camada superficial, em razão do aumento da densidade do solo e da redução da porosidade. A densidade e a porosidade do solo são as propriedades físicas mais amplamente utilizadas na

quantificação da qualidade física do solo, em pastagem sob pastejo, a qual é mais afetada nos primeiros 150 mm de profundidade (GREENWOOD & MCKENZIE, 2001).

O pisoteio do gado causa compactação, aumento da densidade, da microporosidade e da resistência do solo à penetração e da redução do espaço poroso total, da macroporosidade e dos valores das propriedades hidráulicas, propiciando menor capacidade de infiltração da água no solo e aumento da susceptibilidade à erosão (AZEVEDO & SVERZUT, 2003).

A redução da produtividade das pastagens tem sido relacionada ao manejo inadequado da fertilidade do solo, das espécies forrageiras exploradas e da taxa de lotação animal, que podem comprometer a qualidade física do solo (FIDALSKI et al., 2008).

Em pastagens de baixa produtividade com o aumento da taxa de lotação animal, acaba por comprometer a qualidade física do solo, pois resulta em maior carga de animais sobre o solo (SILVA et al., 2003), independentemente do sistema de produção, se é pastejo rotacionado, contínuo ou integração lavoura-pecuária (FIDALSKI et al., 2008).

O efeito do pisoteio dos animais sobre o solo é potencializado, quando o pastejo é realizado em solos com umidade elevada e com baixa cobertura vegetal, o que vale ressaltar a importância do controle das taxas de lotação animal, em relação à quantidade de pastagem produzida e à manutenção de cobertura vegetal adequada sobre determinado solo, a fim de mitigar o efeito do pisoteio sobre a qualidade física dos solos (SILVA et al., 2003).

Dentre os processos responsáveis pela degradação em nível mundial, o superpastejo lidera a lista, constituindo 34,5% da área mundial degradada. Na América do Sul DIAS & GRIFFITH (1998) citaram o superpastejo como sendo responsável por 27,9% do total das áreas degradadas. Somente no Brasil Central, é estimado que 80% da área ocupada pela pecuária apresentam pastagem com algum nível de degradação (AZEVEDO & SVERZUT, 2003).

Uma das maneiras mais eficientes de atender às necessidades de um modelo de produção e reduzir os impactos negativos ao ambiente, diminuir custos de produção além de manter condições de processo produtivo ao longo do tempo é um bom manejo de pastagens. No entanto, a falta de compreensão dos fatores ecológicos envolvidos nas interações solo-planta-animal e o manejo inadequado da pastagem são determinantes do seu rendimento e da sua qualidade nutricional, o que pode ocasionar uma redução do seu potencial produtivo (MENDES et al., 2001).

Um dos principais objetivos dos sistemas de manejo de pastagem deve ser sempre a tentativa de conciliar a produção de forragem e a de utilização da forragem, o que implica

em um profundo conhecimento não somente da produção vegetal, mas dos processos mecânicos envolvidos na relação planta-animal e nos princípios de sustentabilidade (PERIN et al., 2003).

3.4. Degradação do solo sob cultivo de eucalipto

O eucalipto é uma espécie de folhosas originária de Austrália e foi introduzido em Portugal há mais de cem anos com o intuito de promover a drenagem dos solos pantanosos, visto então tratar-se de uma espécie com elevada capacidade de absorção de água. Uma cultura que adapta-se praticamente a todos os tipos de solo, mesmo os mais pobres, mas com produtividade maior em solos com abundância de água. Em condições favoráveis podem atingir até 45 e 60 m da altura e produzir mais de 30 m³ de lenho por hectare e por ano (PORTELA, 1993).

Existe hoje grande preocupação com relação à questão, que para uma melhor produção de madeira é necessário o conhecimento da compactação do solo e da sua relação com o sistema de exploração florestal, sendo estes dados importantes para o manejo adequado das condições físicas do solo (TOWNSEND et al., 2000).

As plantações florestais de eucalipto têm estado no meio de grandes controvérsias e continuam a despertar acalorados debates quanto a seus impactos no meio ambiente. De modo geral, criticam-se os efeitos sobre o solo (empobrecimento e erosão), a água (impacto sobre a umidade do solo, os aquíferos e lençóis freáticos) e a baixa biodiversidade observada em monoculturas (VITAL, 2007).

Segundo AZEVEDO & SVERZUT (2003) a quantidade de água que chega ao solo e a quantidade de resíduos no solo depende da espécie plantada no local. A quantidade de água que chega ao solo depende de características fisiológicas das folhas (tamanho, inclinação), como também a quantidade de resíduos do solo depende da queda natural das folhas e galhos secos.

A partir de um ou dois anos de idade do eucalipto, caem muitas folhas e galhos finos e, a partir de três a quatro anos, começa a cair também a casca, chamada serrapilheira AZEVEDO & SVERZUT (2003). Estabelece-se, então, o processo de decomposição, liberação e absorção de nutrientes, num completo ciclo biológico.

Na hora do corte, parte da biomassa produzida é retirada da floresta, mas esse impacto é minimizado porque no momento em que raízes, folhas e a casca da árvore são deixadas sobre o solo. A deposição da serrapilheira devolve ao solo grande parte dos

nutrientes contidos na árvore. Estima-se que, para cada tonelada de madeira gerada, seja produzido, como resíduo, 0,3 a 0,35 toneladas de serrapilheira (AZEVEDO & SVERZUT, 2003).

A remoção dos nutrientes do solo em plantações de eucalipto depende das técnicas de manejo das plantações e dos métodos de colheita. O consumo de nutrientes por árvores de eucalipto não é maior do que o consumo de outras culturas agrícolas (PALMBERG, 2002).

Do ponto de vista físico-químico, o solo brasileiro fica muito mais empobrecido com o plantio de culturas de ciclo curto, como a soja, o café e o milho, pois utilizam com mais frequência os nutrientes do solo. Quanto às florestas de produção são os sistemas que mais se aproximam das florestas nativas, principalmente, devido às suas características de longos períodos de rotação que poupam o solo da contínua exposição e remoção e favorece a lenta ciclagem de nutrientes que permanecem no sistema, protegidos da lixiviação, volatilização, precipitação, etc (MEDEIROS, 2007).

Apenas em regiões de pouca chuva, o eucalipto poderia acarretar ressecamento do solo. Ou seja, os impactos sobre lençóis freáticos, pequenos cursos d'água e bacias hidrográficas dependem da região em que se insere a plantação e também da distância entre as plantações e a bacia hidrográfica e da profundidade do lençol freático (VITAL, 2007).

3.5. Manejo e preparo *versus* qualidade do solo

O tipo de preparo e manejo do solo afeta a infiltração, pois interferem nas suas propriedades e nas condições de suas superfícies, por meio de práticas agrícolas como o cultivo e a irrigação. O uso incorreto do solo pode acarretar compactação, remoção da camada superficial do solo, assoreamento dos cursos de água e destruição de margens de rios, reservatórios e córregos. Isto ocorre devido à destruição dos agregados do solo, tornando as partículas menores e mais dispersas (FERREIRA et al., 2003).

O preparo intensivo reduz o valor do diâmetro dos agregados por efeito mecânico ou pela rápida perda da matéria orgânica do solo e dos restos culturais. Que além de causar dano ambiental, reduz o potencial produtivo do solo, causa prejuízo econômico e compromete também a cultura, principalmente pela redução na taxa de infiltração de água, na porosidade e na quantidade de água disponível (TOWNSEND et al., 2000).

Quando se prepara o solo, a capacidade de infiltração tende a aumentar em razão da quebra de estrutura da camada superficial. No entanto, se as condições de preparo e manejo

forem inadequadas, sua capacidade de infiltração poderá tornar-se menor a de um solo sem preparo, principalmente se a cobertura vegetal for removida. E se formado o encrostamento superficial, a taxa de infiltração de água no solo é consideravelmente reduzida (PRUSKI et al., 2003).

As forças mecânicas originadas da pressão causada pelas rodas das máquinas agrícolas e pela própria ação de implementos sobre o solo, em condições de umidade do solo é o principal responsável pela compactação (MENDES et al., 2001).

Os sistemas de uso e manejo devem manter a capacidade do solo exercer as funções físicas para o crescimento e ancoragem das raízes, bem como favorecer o suprimento de água, nutrientes e O² às plantas. Alguns fatores como a perda de solo por erosão, a redução da matéria orgânica e a compactação acarretam a degradação física do solo, e como consequência perda de uma ou mais destas funções (BLAINSKI et al., 2008).

A importância do uso e manejo correto do solo que previnem e mitiguem os efeitos negativos das operações mecanizadas nos sistemas de produção agrícola mantendo adequada e estável distribuição dos tamanhos dos poros, que reflete em uma boa qualidade estrutural para o pleno crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas, com conservação dos recursos naturais solo e água, no ambiente onde se pratica agricultura intensiva (FIGUEIREDO et al., 2008).

Solos fisicamente degradados podem ser recuperados com o cultivo de espécies com diferentes sistemas aéreos e radiculares, proporcionando material orgânico de qualidade e composição variada. O efeito do cultivo inadequado por longo tempo, em solos que apresentam alta declividade, favorece a degradação do solo. Espécies arbóreas, com sistemas radiculares agressivos e abundantes e que proporcionam cobertura do solo pela serrapilheira, permitem o aumento dos macroporos (AZEVEDO & SVERZUT, 2003).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área

O estudo foi realizado no ano de 2009, no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Sul de Minas Gerais - Campus Inconfidentes, MG, cujas coordenadas geográficas de latitude: 22° 18' 786" S e longitude: 46° 19' 885" W, no período de agosto a setembro de 2009.

As áreas escolhidas para o estudo foram duas áreas com cultivo de eucalipto e duas áreas de pastagens, ambas localizadas em relevo de declividade média, aproximadamente 35°, sendo que o eucalipto novo é próximo da pastagem 1, e o eucalipto velho próximo da pastagem 2.

Todas as áreas apresentam solo da classe Cambissolo de textura arenosa. Os solos apresentam similaridade em relação aos atributos físicos e químicos. O clima da região é tropical de altitude e apresenta temperatura média anual de 18° C.

As amostras foram coletadas no mês de agosto, onde as áreas já apresentavam solo seco, por ter havido um espaço de tempo entre o dia da amostragem e a última precipitação.

As áreas as quais foram feitas as amostras demonstram as seguintes características:

4.1.2 Área 1: eucalipto novo

Nesta área se encontra uma plantação de eucalipto da espécie *Eucalyptus urophylla*, com espaçamento de 3 x 2 metros, com idade aproximada de três anos e meio, o solo dessa área foi a que apresentou maior quantidade de rochas na sua estrutura física em relação às outras áreas em estudo.

4.1.3 Área 2: pastagem 1

Esta área se encontra próxima do eucalipto novo, onde é tido como pastagem com idade superior a 75 anos, o tipo de gramínea nela existente é *Brachiaria brizantha*. Tanto nesta pastagem como na pastagem 2 predomina a criação de bovino de corte, com lotação média de 10 cabeças/ha.

4.1.4 Área 3: eucalipto velho

O eucalipto existente na área é da espécie *Eucalyptus grandis*, essa cultura tem em média 40 anos, o plantio foi realizado sem espaçamento definido. Neste fragmento de eucalipto já foram feitos alguns cortes rasos, para uso da madeira, por ser uma área que não estava totalmente cercado ocorria a invasão de gado.

4.1.5 Área 4: pastagem 2

Essa área de pastagem se encontra ao lado do eucalipto velho, tendo como gramínea predominante *Brachiaria brizantha*, e tem como período cronológico o mesmo descrito na área 2, superior a 75 anos, onde também predomina a criação de gado de corte, com lotação média de 10 cabeças/ha.

Em cada área foram retiradas amostras para a realização das análises de densidade de solo, densidade de partícula e resistência a penetração, realizadas pelos métodos do anel volumétrico, balão volumétrico e penetrômetro, respectivamente.

As metodologias para determinação desses parâmetros de classificação do solo encontram-se descritas no subitem seguinte:

4.2 Parâmetros avaliados

4.2.1 Densidade do solo

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (Uhland), conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (1997).

Foram coletadas seis amostras aleatoriamente indeformadas em um anel volumétrico de volume conhecido ($75,5281\text{cm}^3$) na profundidade de 7-10 cm de cada área, esse anel possui uma das bordas cortantes, após cravada no solo foi retirado o excesso de solo, em seguida essas amostras foram pesadas em balança analítica e levadas para estufa a 100°C , para determinar a massa seca (Ms), após 36h na estufa as mostras foram retiradas e pesadas novamente para a obtenção da massa úmida, em seguida foi possível determinar a densidade do solo utilizando a expressão: $D_s = M_s / V = \text{g cm}^3$, sendo:

Ms= Peso seco

V= Volume do anel

O volume do anel foi possível determinar pela equação $V = \pi r^2 * h = \text{cm}^3$

4.2.2 Densidade de partícula

A densidade de partícula foi determinada pelo método do balão volumétrico, conforme metodologia pré estabelecida pela EMBRAPA (1997).

Foram coletadas amostras com estrutura deformada, na camada de 7 a 10 cm, com a utilização do anel e levada para a estufa a 100° C, para proceder a análise.

Para se obter o valor da Dp foi pesada 20g de terra fina seca em estufa (TFSE) e transferida para o balão, em seguida acrescentado mais ou menos 15 ml de álcool etílico e agitado por cerca de 1 minuto, sendo necessário deixar em repouso para completar o balão com álcool. Em seguida, fez-se a leitura do álcool na bureta, para determinar o volume de TFSE e a densidade de partícula pela expressão:

$$D_p = 20 / L = \text{g cm}^3, \text{ sendo:}$$

$$L = \text{nível de álcool na bureta.}$$

4.2.3 Porosidade total

O método usado para a determinação da porosidade total se baseia no volume total ocupado por uma massa de solo pode ser dividido em vários espaços. A densidade do solo é consideravelmente mais baixa que a densidade de partícula, sendo assim, somente parte do volume total do solo é ocupado pelas partículas sólidas, o volume restante é ocupado por material mais leve, neste caso o ar.

A porosidade total (PT) foi calculada utilizando-se os valores da densidade do solo (Ds) e da densidade de partículas (Dp), através da equação proposta por VOMOCIL (1965).

O cálculo da porosidade total envolve a conversão de dados de densidade para volume, através da seguinte expressão:

$$PT(\%) = [1 - (D_s/D_p)] \times 100 = \text{g cm}^3$$

4.2.4 Resistência à penetração

A resistência à penetração foi determinada pelo método do penetrômetro de impacto, onde a classificação final seguiu a tabela da USDA (1993), o penetrômetro permite determinar a resistência do solo à penetração de uma haste após o recebimento do impacto, que é provocado por uma broca de ferro. Ao receber o impacto provocado pela ação da haste

do penetrômetro ele é penetrado no solo, e ao atingir zonas compactadas é necessário um maior número de impactos.

Considerando o primeiro impacto, onde o número de impactos variou de 1 a 4 por leitura é possível determinar a profundidade compactada.

Os dados da leitura foram obtidos em impactos por centímetro e convertidos em Kgf e posteriormente transformados em mega pascal (MPa), por meio da fórmula descrita por STOLF (1990).

4.3. Análise estatística

Os dados obtidos referentes à densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total foram submetidos à análise de variância em um modelo inteiramente ao acaso. Foram utilizadas seis repetições e empregou-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2001). O teste de Scott e Knott, a 5% de significância (SCOTT & KNOTT, 1974) foi usado para comparar as médias dos tratamentos, nos casos em que o teste F foi significativo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 exhibe os resultados dos cálculos da densidade do solo e densidade de partículas das áreas estudadas. Nos dados obtidos para densidade do solo, foi possível notar a diferença entre as áreas no que diz respeito às alterações físicas. A área ocupada com eucalipto velho foi a única que apresentou densidade menor ($1,26 \text{ g cm}^3$), diferindo-se estatisticamente das demais áreas. A área ocupada com eucalipto novo apresentou comportamento semelhante ao observado para as áreas ocupadas com pastagens. A área de eucalipto novo, foi por muitos anos ocupada com pastagens, e por apresentar solo rochoso, talvez por isso apresentou comportamento similar.

Segundo MESQUITA (2004) os dados da densidade do solo, podem ter de valores altos, quando facilitado o processo de compactação como, por exemplo, quantidade maior de animais que aquela determinada área suportaria de pisoteio sem sofrer impactos ambientais muito agressivos ou baixos quando incorporado matéria orgânica.

Os resultados obtidos da porosidade total variam entre 44,71% e 52,79%, sendo que a área de eucalipto velho foi a que apresentou o maior valor de porosidade total, corroborando com os valores da densidade do solo que apresentou menor densidade do solo (Tabela 1).

Não foram verificadas diferenças significativas nos valores da porosidade total nas diferentes áreas estudadas. Os menores valores observados entre as áreas de pastagem e eucalipto novo podemos dizer que são decorrentes do aumento da densidade do solo nas mesmas áreas descritas (SILVA et al., 2005).

O valor inferior das áreas ocupadas com pastagens comparadas com a área ocupada com eucalipto velho evidenciou que o uso do solo sob pastagem propiciou a diminuição da porosidade total, conforme resultados encontrados por FIDALSKI et al. (2008).

TABELA 1. Valores médios de densidade do solo e densidade de partículas (g cm^{-3}) para as áreas estudadas. IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes, 2009.

Área amostrada	Densidade do solo (g cm^{-3})	Densidade de partículas (g cm^{-3})	Porosidade total (%)
Eucalipto novo	1,43 a	2,62 a	49,79 a
Pastagem 1	1,44 a	2,61 a	44,71 a
Eucalipto Velho	1,26 b	2,66 a	52,82 a
Pastagem 2	1,47 a	2,65 a	45,32 a
CV (%)	13,16	11,01	14,24

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-knott a 5% de significância.

As áreas de pastagens apresentaram valores maiores, isso significa que sua estrutura física está em processo de aumento da sua compactação, próximo ao valor limite descrito por FERREIRA (2003), que relata que esses dados podem variar de $0,9 \text{ g cm}^3$ a $1,5 \text{ g cm}^3$, o que demonstra que a área necessita de um repouso, sem o trânsito de animais nela e um manejo conservacionista adequado, para melhorar essa característica hoje encontrada.

Estes valores também provêm da impermeabilidade do solo, visto que a camada superficial se encontra em processo de selamento.

Os valores referentes à densidade de partícula não apresentaram diferenças significativas. Segundo FERREIRA et al. (2003) este é um comportamento comum para este parâmetro de solo, que é considerado estável e sua mudança tem padrão de variação lento.

Esses dados mostram que os solos pertencentes às áreas de pastagens e fragmentos de eucaliptos, ainda estão em fase de intemperismo, pois nas plantações de eucaliptos existe volume considerado de matéria orgânica, o que deveriam contribuir para valores reduzidos da densidade de partícula quando comparado com a área de pastagem, que apresenta menor massa vegetativa na cobertura do solo (PERIN et al., 2003).

Os dados referentes à resistência a penetração encontram-se apresentados na Figura 2. Não foram observadas alterações e/ou características de solos compactados nas camadas superficiais do solo (0 a 10 cm), confirmando os resultados obtidos na avaliação da densidade do solo nesta profundidade. Entretanto, nas camadas mais profundas, pode-se notar que para as áreas de Eucalipto novo, pastagem 1 e pastagem 2 foram constatados camadas compactadas variando de 12 a 40 cm de profundidade (Figura 1).

Na área ocupada com Eucalipto novo a camada compactada encontra-se situada a partir de 16 cm de profundidade e estende-se até os 40cm, com pico entre 20 e 30 cm. Nas áreas de pastagens, verificou-se maiores valores de resistência, que chegaram próximos a 0,63 MPa. Na área ocupada com Eucalipto velho, não foi observado camadas compactadas no perfil do solo (Figura 1).

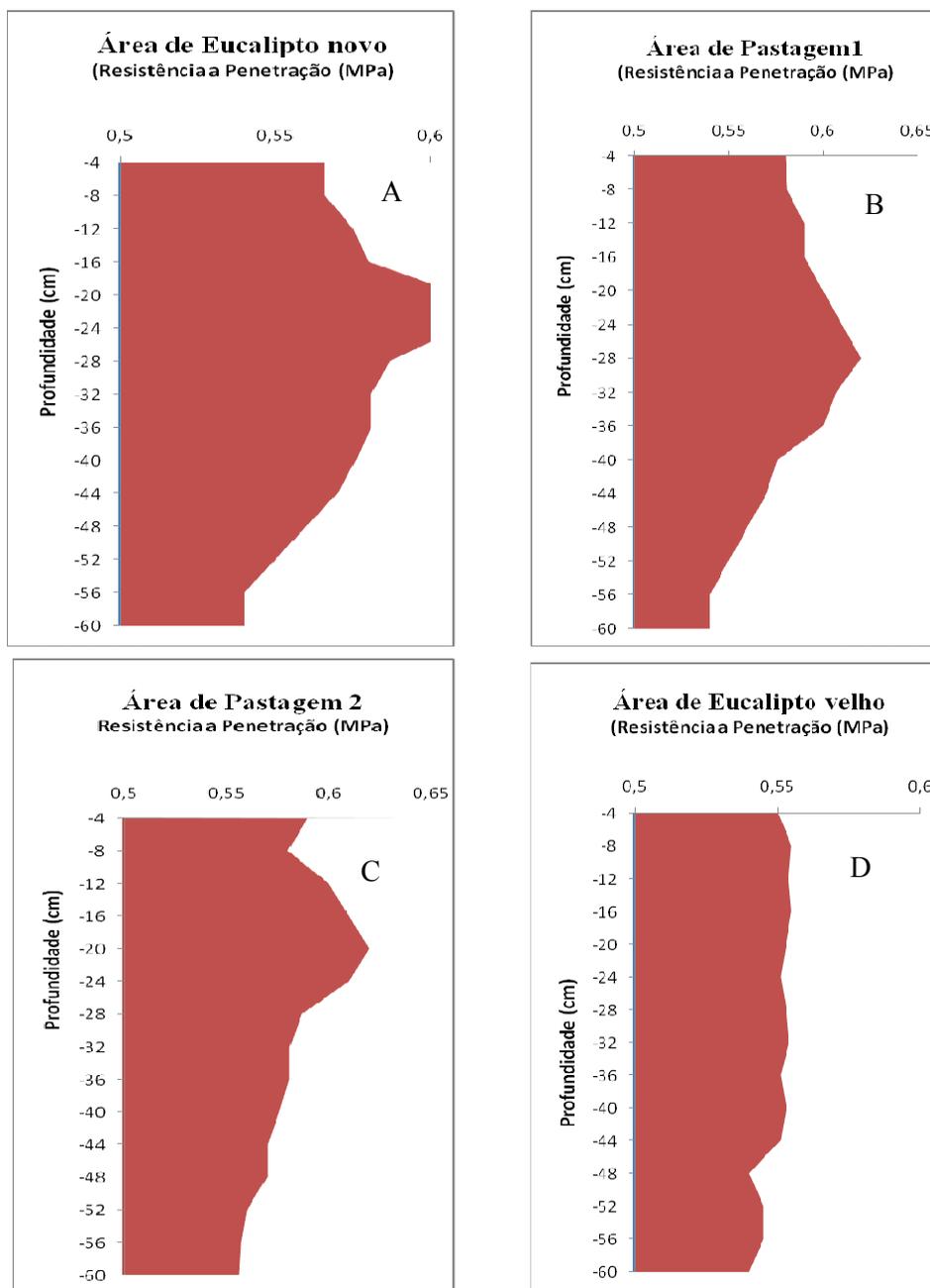


FIGURA 1. Curvas características de resistência à penetração para solos sob diferentes usos. A. Eucalipto novo; B. Pastagem 1; C. Pastagem 2; D. Eucalipto velho.

Os valores encontrados no presente estudo assemelham-se aos detectados por OLIVEIRA et al. (2010) que, em áreas de pastagens verificaram que a resistência à penetração não apresentou camadas compactadas na superfície do solo de (7 a 10 cm), mas quando aprofundou-se nas camadas de 30 a 40 cm verificou-se um pico de camada compactada nas áreas cultivadas.

O pastejo animal contribui para a elevação da compactação do solo. Quanto mais intenso, maiores são os prejuízos e a degradação das propriedades físicas se pronuncia de forma significativa. Segundo MORAES & LUSTOSA (1997), a deterioração das condições físicas do solo sob pastagem é atribuída ao pisoteio do gado, que causa sua compactação, causando um aumento na densidade e uma redução do espaço poroso, aumento assim a resistência à penetração.

Apesar dos valores observados de resistência a penetração significativos, segundo TAYLOR & BRAR (1991) as limitações ao crescimento radicular ocorrem normalmente com valores de resistência do solo à penetração superiores a 2 MPa.

Ao realizar este trabalho, estudando e avaliando as alterações das propriedades físicas do solo além dos resultados comprovarem as modificações de sua estrutura, devido ao uso excessivo ou manejo incorreto, podemos afirmar que, mesmo um solo pobre com algumas técnicas e práticas de manejo ele pode ser recuperado, e assim visando sua manutenção e sustentabilidade.

6. CONCLUSÕES

Na avaliação da densidade do solo a área que apresentou menor densidade foi a área ocupada com eucalipto velho.

A densidade de partícula não apresentou diferença, mesmo quando os fragmentos de eucaliptos apresentam uma maior porcentagem de matéria orgânica, já que essa propriedade é considerável de variação lenta.

A porosidade total apresentou maior valor na área de eucalipto, confirmando o resultado da análise da densidade do solo.

A área com eucalipto velho não apresentou sinais de compactação. Já as demais áreas apresentaram sinais de resistência variando entre as camadas de 12 a 40 cm de profundidade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, J.T.; UBERTI, A.A.A.; VIZZOTO, V.J.; LEITE, G.B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.18, p.139-145, 1994.

AZEVEDO E.C.; SVERZUT C.B. **Alterações dos atributos físicos e químicos do solo sob pastagem no sudoeste do estado de mato grosso**. Parte da tese de doutorado. Mato Grosso, 2003.

BAMBERG, A.L.; TIMM, L.C.; PAULETTO, E.A.; ISLABÃO, G.O.; PANZIERA, W.; ROSA, T.R. Porosidade do solo em dez sistemas familiares de produção de Morango de Turuçu-RS. CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17., **Anais...** p.1-5. Pelotas, 2008.

BLAINSKI É.; TORMENA C.A.; FIDALSKI J.; GUIMARÃES R.M.L. **Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2008, 983p.

CARVALHO FILHO, A.; SILVEIRA, M.E.G.; SILVA, R.P.; CORTEZ, J.W.; CARVALHO, L.C.C. **Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um latossolo vermelho acriférrico cultivado com milho**. Fundação Educacional de Ituverava (FAFRAM). P 9. 2005.

CETESB. Portal do Governo do Estado de São Paulo. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2010.

COSTA F.P.M.; NISHIYAMA L. Utilização do permeâmetro guelph e penetrômetro de impacto em estudos de uso e ocupação dos solos em bacias hidrográficas. Instituto de Geografia. **Revista Caminhos da Geografia**, v.8, n.24, p.131-143. 2007.

DIAS, L.E.; GRIFFITH, J.J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: Sociedade

Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, p.1-7, 1998.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1997, 212p..

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: UFSCar, 2000. p.255-258.

FERREIRA, M.M.; DIAS-JÚNIOR, M.S.; MESQUITA, M.G.B.F.; ALVES, E.A.B. **Física do solo**. Textos Acadêmicos. Lavras: Editora UFLA, 79 p, 2003.

FIDALSKI J.; TORMENA C.A.; CECATO U.; BARBERO L.M.; LUGÃO S.M.B.; COSTA M.A.T. Qualidade física do solo em pastagem adubada e sob pastejo contínuo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v 43, n 11, p 1583-1590, 2008.

FIGUEIREDO C.C.; RAMOS M.L.G.; TOSTES R. Propriedades físicas e matéria orgânica de um latossolo vermelho sob sistemas de manejo e cerrado nativo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v 24, n 3, p 24-30, 2008.

FURLANI, C.E.A.; GAMERO, C.A.; LEVIEN, R.; LOPES, A. Resistência do solo à penetração em preparo convencional, escarificação e semeadura direta em diferentes manejos da cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.579-587, set./dez. 2003.

GRANATSTEIN, D. ; BEZDICEK, D.F. The need for a soil quality index: Local and regional perspectives. v.7, p.12-16, 1992.

GREENWOOD, K.L.; MCKENZIE, B.M. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1231-1250, 2001

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 340 p, 1999.

MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ZIMMER, A. H. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens.** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 4p. (Comunicado Técnico, 62), 2000.

MEDEIROS L. **O eucalipto, felizmente existe.** Jornal SIF edição especial, 2007.

MENDES, A.C.S.; LIMA, J.A.; SAMPAIO, F.A.R. Caracterização física de um argissolo vermelho amarelo distrófico sob pastejo contínuo no estado de Rondônia. **Revista Caminhos da Geografia.** v.8, n.24, p.131-143, 2001.

MESQUITA, M.G.B.F.; MORAES, S.O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Revista Ciência Rural,** v.34, p.963-969, 2004

MORAES, A.; LUSTOSA, S. B. C. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS. MARINGÁ, 1997. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, p.129-149, 1997.

MORAES, M.F.; OLIVEIRA, G.C.; KLIEMANN, H.J.; SEVERIANO, E.C.; SARMENTO, P.H.L.; NASCIMENTO, M.O. **Densidade e porosidade do solo como diagnóstico do estado de degradação de solos sob pastagens na região dos cerrados.** Universidade Federal de Goiás. 1999.

NASCIMENTO J. D.; BRANCO R. H. **Degradação de pastagens. Diminuição da produtividade com o tempo. Conceito de sustentabilidade.** Centro de Ciências Agrárias, Viçosa. 2000.

OLIVEIRA, R.T.; ROCHA, L.C.D.; ROCHA, I.G.; FIORILLO, C.A.L. Caracterização física dos solos sob diferentes usos. **Revista Agrogeoambiental,** Inconfidentes, v.02, n.01, p.01-08, 2010.

PALMBERG, C. “**Annotated bibliography on environmental, social and economic impacts of eucalypts**”. Compilation from English, French and Spanish publications between 1995-1999, set. 2002.

PEQUENO P. L. de L.; MOTTA G.; BROGIO M. P.; SHLINDWEIN J. A.; CUSTÓDIO, F. **A Avaliação da densidade do solo e porosidade total em diferentes formas de uso e manejo do solo em Rolim de Moura, Rondônia**. Fundação Universidade Federal de Rondônia. 2007.

PERIN, R.; LINHARES, G.M.; MARTINS, G. C. **Avaliação das características químicas e físicas do solo e da produção de uma pastagem de várzea submetida a um sistema de pastejo rotacionado no estado do Amazonas**. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), 2003.

PORTELA, J. L. **Floresta e Indústria da Fileira Florestal**. Lisboa (Portugal), Caixa Geral de Depósitos (CGD), 112 p, 1993.

PRADO H. **Saiba mais sobre a textura do solo**. Pedologia Fácil. 2005.

PRUSKI, FF, BRANDÃO, VS, SILVA, DD. **Escoamento superficial**. Viçosa, UFV. 88p. 2003.

ROCHA M.; ELTZ F. L. F.; HICKMANN C.; GIRARDELLO R. C. **Perdas de solo e água em sistemas de culturas em plantio direto**, Universidade Santa Maria, 2006.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. A cluster analyses method for grouping means in the analyses of variance. **Biometrics**, Oxford, v.30, p.502-512, 1974.

SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; CORSI, M. Evaluation of soil compaction in na irrigated short-duration grazing system. **Soil and Tillage Research**, v.70, p.83-90, 2003.

SILVA, R.B.; DIAS JÚNIOR, M.S.; SANTOS, F.L.; FRANZ, C.A.B. Resistência ao cisalhamento de um Latossolo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.1, p.165- 173, 2004.

SILVA, R.R.; SILVA, M.L.N.; FERREIRA, M.M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob Sistemas de manejo na bacia do alto do rio grande MG. Rio Grande. **Revista Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v.29, n.4, p.719-730, 2005.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.2, p.239-249, 2000.

STOLF, R. Fórmulas de transformação de dados de penetrômetro de impacto em força/unidade de área. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Piracicaba. **Anais...** Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, v.2, p.823-37, 1990.

TAYLOR, H. M.; BRAR, G. S. Effect of soil compaction on root development. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.19, p.111-119, 1991.

TOWNSEND C.R.; TEIXEIRA, C.F.A.; DAMÉ, R.C.F.; TERRA, V.S.S.; FRAGA, D.S.; ARAÚJO, R.; COSTA N.L.; MENDES A.M. **Resistência à penetração do solo sob pastagens degradadas na Amazônia Ocidental, submetidos a diferentes métodos físicos e químicos de preparo e a introdução de Teca (*Tectona grandis*)**, 2000.

USDA, **Soil survey manual**. Washington, DC, USA, Soil Survey Division Staff, (Handbook, 18). 1993. 437p.

VITAL M.H.F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**, v.14, n.28, p.235-276. Rio de Janeiro, 2007.

VOMOCIL, J. A. Porosity. In: BLACK, C. A. (ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 299-314.