

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

**DENSIDADE E POROSIDADE DE UM LATOSSOLO VERMELHO
SOB SISTEMA DE USO**

Autor: Alex de Amorim Mazuy
Orientador: Prof. Me. Eurico Lucas de Sousa Neto

"Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Zootecnia, apresentado ao Departamento de Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso Campus Universitário de Pontes e Lacerda, como parte das exigências para obtenção do título de BACHAREL EM ZOOTECNIA”.

PONTES E LACERDA
DEZEMBRO/2011

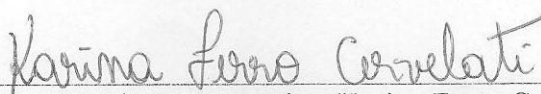
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

**DENSIDADE E POROSIDADE DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB
SISTEMAS DE USO**

Autor: Alex de Amorim Mazuy



Orientador: Prof. Me. Eurico Lucas de Sousa Neto



Membro: Zootecnista Karina Ferro Cervelati



Membro: Profa. Ma. Raquel Joana Trautmann Machado

PONTES E LACERDA
DEZEMBRO/2011

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por me guiar pelos caminhos mais certos;

À Nossa Senhora pela força, sabedoria, coragem e proteção;

Aos meus amados pais e irmãos. Pois, não medem esforços para me incentivar e dar apoio nesta caminhada;

À minhas amada avó, dona Durvalina;

À meus tios, tias, primos e cunhado;

À Universidade do Estado de Mato Grosso, ao Departamento de Zootecnia, ao senhor Irineu Chicaroli a, por tornar possível a realização deste trabalho;

Ao meu orientador, Prof. Ms. Eurico Lucas De Sousa Neto, apoio e pela confiança em mim depositada durante o período de convívio e principalmente pela participação na minha formação acadêmica, orientando e auxiliando no desenvolvimento do meu conhecimento científico e profissional;

À Prof^a. Dr^a. Jocilaine Garcia e ao Prof. Me. Marcelo Silveira Meirelles Pinheiro, pela atenção e contribuição na minha formação acadêmica;

Aos docentes do Curso de Zootecnia pelos valiosos ensinamentos que contribuíram para a minha formação acadêmica;

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, os bibliotecários, as zeladoras, os vigias e ao responsável pelo laboratório de análises de solo, Luis Messias, pelo apoio e força;

Aos amigos, Camilo Calazans, Gustavo Fonseca (Chico), Bruno Babilonia (Gazela), Reyller (Sarua), Luiz Fernando, Bruno Samartino, Mario Vilela, José Luiz Forim e Tarcisio Franco pelo convívio, amizade, alegria, paciência, companheirismo e confiança;

Aos meus colegas de turma e de faculdade pelo convívio;

*“Você será abençoado na cidade e abençoado também no campo;
Será abençoado o fruto do seu ventre, o fruto do seu solo, o fruto de seus animais, a
cria de suas vacas e a prole de suas ovelhas.
Javé abrirá para você o tesouro do céu, dando no tempo certo a chuva para a terra e
abençoando todo trabalho que você realizar”.*

Deuteronômio 28- 1:4...12

RESUMO

A causa de degradação do solo deve-se ao uso da área por longos anos sem manejo adequado, sendo a degradação física do solo um dos últimos estágios deste processo. O presente trabalho teve por objetivo avaliar os atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso. O estudo foi realizado no município de Pontes e Lacerda, MT em um Latossolo Vermelho (LV), os tratamentos utilizados constituíram-se de três sistemas de uso: vegetação nativa, área cultivada com soja (*Glycine Max* (L.) Merr.) no verão e milho safrinha (*Zea mays*) cultivados em sistema de plantio direto durante quatro anos e uma área de pastagem cultivada com *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu* à 8 anos. Foram coletadas em sete diferentes pontos dentro de cada sistema de uso amostras com estrutura indeformada nas camadas de 0,0-0,05 m e 0,05-0,10 m, para determinação da densidade do solo, porosidade total, macroporosidade. A utilização do solo com pastagem ou lavoura, de forma adequada, não alterou a densidade do solo e a macroporosidade. O não revolvimento do solo e a alternância de cultura no sistema sob exploração de lavoura, proporcionou um incremento na microporosidade na camada de 0,05-0,10m.

Palavras- chave: compactação do solo, manejo do solo

ABSTRACT

The cause of soil degradation due to the use of the are for many years without proper management, and soil physical degradation of the last stages of this process. This study aimed to evaluate the physical attributes of an Oxisol under different land use systems. The study was conducted in the municipality of Pontes e Lacerda, MT on an Oxisol, the tramentos used consisted of three systems of use, native vegetation, planted with soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in summer and winter maize (*Zea mays*) grown in no-till system for four years and an area of pasture with *Brachiaria brizantha* to 8 years. Were collected at seven different points within each system using samples with undisturbed layers of 0.0-0.05 m and from 0.05 to 0.10 m, to determine the density, porosity, macroporosity. The land use with grazing or farming appropriately did not change the bulk density and macroporosity. Failure to soil tillage and crop rotation system under exploitation of farming, brought about an increase in microporosity layer from 0.05 to 0.010 m.

Keywords: soi compactation, soil tillage

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Composição do solo	12
2.2 Propriedades físicas do solo.....	14
2.2.1 Densidade do Solo	14
2.2.2 Porosidade	16
2.3 Degradação do Solo	18
2.4 Recuperação do Solo	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5 CONCLUSÕES.....	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

No Brasil a causa de degradação do solo deve-se ao uso da área por longos anos sem manejo adequado. A degradação das propriedades físicas do solo é um dos principais processos responsáveis pela perda da qualidade estrutural e aumento da erosão hídrica. Algumas práticas de manejo do solo e das culturas provocam alterações nas referidas propriedades, principalmente na sua estrutura, podendo tais alterações ser permanentes ou temporárias.

O preparo do solo e o pisoteio animal influenciam as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, podendo afetar o sistema radicular e a produção das culturas. A compactação do solo é um processo, no qual há um aumento da densidade do solo, resistência à penetração de raízes e redução da porosidade total, da macroporosidade, da permeabilidade e da infiltração de água, resultantes de cargas aplicadas na superfície do solo (MULHER et al., 2001).

Em áreas de pastagens manejadas de forma ineficiente, normalmente sem rotação e com excesso de animais, é comum a presença de camadas compactadas pelo pisoteio dos animais (SOUZA et al., 2008).

A degradação do solo pode ser causada pelo uso indiscriminado de máquinas e implementos agrícolas de uma forma constante. Segundo Mantovani (1987) o uso intensivo de máquinas e implementos na agricultura moderna pode modificar as propriedades do solo, em relação às aquelas de seu estado natural.

O sistema de preparo convencional, em geral, promove um intenso revolvimento do solo na camada superficial, o que pode favorecer a decomposição da matéria orgânica, ocasionando considerável efeito prejudicial na qualidade estrutural do solo. A presença de camadas compactadas em subsuperfície, nos sistemas de preparo convencional, reflete uma degradação estrutural, com aumento da densidade do solo e reduções do tamanho médio dos agregados, volume e tamanho dos macroporos, taxa final de infiltração de água e desenvolvimento radicular das plantas (SILVA e MIELNICZUK, 1997).

Além das conseqüências para a má conservação dos solos, a compactação e a baixa infiltração de água no solo tornam as plantas mais suscetíveis a déficits hídricos e com limitada capacidade de absorver nutrientes em camadas sub-superficiais (ROSOLEM et al., 1994).

Atributos físicos do solo favoráveis ao crescimento do sistema radicular são necessários para a obtenção e manutenção de elevadas produtividades. Os solos devem possuir suficiente espaço poroso para o movimento de água e gases e resistência favorável à penetração das raízes.

De acordo com Bertol et al (1998) o manejo dos animais sobre as pastagens implica modificações nas propriedades físicas do solo, a médio e longo prazos principalmente da camada de 3 a 6 cm o que pode culminar com a diminuição da produção de massa da parte aérea das pastagens.

A degradação do solo causada pela perda de condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal pode reduzir sua capacidade produtiva (ALBUQUERQUE et al., 1995). Sistemas de manejo adequados de solo sob rotação de culturas devem amenizar esses problemas e agir no sentido de restaurar a estrutura do solo. Para avaliação da estrutura do solo, os atributos densidade de solo, porosidade total, macro e microporosidade ainda são indicadores utilizados (REICHERT et al., 2003).

A comparação da estrutura física do solo sob vegetação nativa, sem a intervenção antrópica, com solos utilizados para exploração agropecuária é de grande importância, pois segundo Silva e Ribeiro (1992) determinado sistemas de uso e manejo do solo serão tão mais conservacionistas conforme mais se aproxime das condições originais.

O objetivo desse trabalho foi avaliar os atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente para um manejo mais eficaz sobre as áreas agrícolas, é necessário o conhecimento da variabilidade espacial dos atributos do solo e das culturas, no espaço e no tempo (GREGO e VIEIRA 2005). Corá et al. (2004) relata que manejo do solo propicia alterações na propriedades físicas natural do solo, principalmente nas camadas superficiais, assim, o conhecimento da variabilidade espacial dos atributos físicos do solo ao longo do tempo contribui para a aplicação de manejo adequado ao solo, possibilitando conhecer o comportamento dos atributos do solo influenciados pelo manejo do solo e, propiciando a determinação de zonas que necessitem de manejo diferenciado.

A fertilidade do solo tem sido o principal fator levado em conta para obtenção de elevadas produtividades das forrageiras. No entanto, compactação dos solos cria um ambiente físico desfavorável ao crescimento das plantas e pode impor severas restrições à produtividade e longevidade das forrageiras, mesmo em condições ideais de fertilidade (IMHOFF et al., 2000).

De acordo Leão et al. (2004), em solos compactados, com a diminuição dos macroporos, dificulta o desenvolvimento radicular das plantas, responsáveis pela absorção de água e nutrientes, de modo que um menor volume de solo é explorado pelas raízes e, conseqüentemente, menor absorção de água e nutrientes.

Segundo Silva et al. (2000) o crescimento de raízes e o desenvolvimento e a produção das culturas são influenciados pelo nível de compactação do solo, dependendo do sistema de manejo utilizado. O sistema de preparo convencional do solo tem ocasionado compactação sub-superficial devido a mobilização e descompactação mecânica da camada mobilizada, ao mesmo tempo em que a carga aplicada apresenta efeito acumulativo em sub-superfície ao longo dos anos.

A porosidade está relacionada com o manejo do solo, tais como: práticas de mecanização, tipo de cultura plantada, tipo de solo, biologia e macroestrutura do solo, assim como para outras características físicas, a mecanização influencia as propriedades relacionadas com o fluxo de água no solo. Uma vez alteradas a porosidade e a densidade do solo, as propriedades associadas à condutividade hidráulica também variam (BAGARELLO, 1997).

De forma inadequada vem sendo utilizadas as pastagens voltadas à criação de bovinos, em relação a sua capacidade de suporte e as características do solo. É importante observa que

o nível crítico de pastagem, equivalente a pressão de pastejo crítica, acima do qual as propriedades físicas podem se tornarem inadequadas. Assim há busca de melhorar a oferta de forragem, possibilitando maximizar o ganho por animal e por área e manter o solo e pastagem de forma ideal. (BERTOL et al., 2000; MACEDO et al., 2000).

Segundo Nunes (2003) a estrutura do solo é um dos mais importantes indicadores para o crescimento de plantas e pode ser avaliada por meio da densidade do solo, macro e microporosidade, estabilidade de agregados, resistência à penetração. De acordo com Centurion et al. (2007) o ideal seria o uso e o manejo do solo que estabelecem uma associação entre essas propriedades do solo, de modo que possibilitasse cada vez mais melhorar condições para o crescimento e desenvolvimento de plantas .

O uso intensivo do solo e o preparo em condições desfavoráveis alteram os fatores de crescimento das culturas, provocando a destruição da estrutura, o escoamento superficial, a diminuição da matéria orgânica diminuindo assim a fertilidade do solo, o que pode culminar com condições restritivas ao crescimento de plantas (MAGUALHÃES e CUNHA, 2007).

Os solos para exploração agrícola devem possuir suficiente espaço poroso para o movimento de água e gases e resistência favorável à penetração das raízes. Sendo assim necessários atributos físicos do solo favoráveis ao crescimento radicular para obter elevadas produtividades e assim manter-la. A compactação causada pelo uso inadequado do solo causa a redução da produtividade e longevidade das culturas. (SANTANA, 2009).

2.1 Composição do solo

Os solos minerais são constituídos por uma mistura de partículas sólidas de natureza mineral e orgânica, ar e água, formando um sistema trifásico, sólido, gasoso e líquido. As partículas da fase sólida variam grandemente em tamanho, forma e composição química e a sua combinação nas várias configurações possíveis forma a chamada matriz do solo. (BRADY, 1989).

Considerando o solo como um corpo natural organizado, portanto ocupando dado espaço, a recíproca da matriz do solo forma a porosidade dos solos. Outro fator que interfere diretamente na porosidade dos solos refere-se à maneira com que as partículas sólidas se arranjam na formação dos solos (CURI et al., 1993).

Duas propriedades físicas, hierarquicamente mais importantes, referem-se à textura do solo, que é definida pela distribuição de tamanho de partículas, e a estrutura do solo definida pelo arranjo das partículas em agregados (CAMPOS et al., 1995). A porosidade do solo, por sua vez, é responsável por um conjunto de fenômenos e desenvolve uma série de mecanismos de importância na física de solos, tais como retenção e fluxo de água e ar, e, se analisada conjuntamente com a matriz do solo, gera um grupo de outras propriedades físicas do solo associadas às relações de massa e volume das fases do sistema solo (IMHOFF et al., 2001).

Os fatores pertinentes ao solo que afetam o desenvolvimento de plantas podem ser divididos em fatores químicos, como nutrientes e elementos tóxicos e, fatores físicos, como resistência mecânica à penetração, disponibilidade hídrica e aeração (ROSOLEM et al., 1994). Nesse sentido Letey (1985) aponta a disponibilidade de água e oxigênio, a temperatura e a resistência mecânica à penetração de raízes como fatores físicos diretamente relacionados com o desenvolvimento da cultura, os quais somados à disponibilidade química determinam o potencial produtivo das culturas. Todavia as práticas de manejo devem contemplar um equilíbrio entre ambos os fatores para que não haja uma diminuição da sustentabilidade e declínio da produtividade (CAMARGO e ALLEONI, 1997).

A compactação causada pelo tráfego de máquinas em operações de preparo de solo e transporte e pelo pisoteio animal, influencia as propriedades e funções físicas, químicas e biológicas do solo, sendo uma das importantes causas da degradação de solos agrícolas no mundo (IMHOFF et al., 2001; STRECK et al., 2004).

Em geral, pequenas compactações são benéficas por aumentar a área de contato solo/raiz, proporcionando um suprimento adequado de água e nutrientes para a parte aérea das plantas (CAMARGO e ALLEONI, 1997). No entanto, alterações expressivas nos atributos físicos do solo podem limitar a adsorção, e ou, absorção de nutrientes, a infiltração e a redistribuição de água, as trocas gasosas e o desenvolvimento do sistema radicular (BEUTLER et al., 2005).

Segundo Kondo e Dias Junior (1999) a compactação pode ser influenciada pelo pH, capacidade de troca de cátion (CTC), espessura de partículas de argila, matéria orgânica, óxidos de ferro e hidróxidos livres de alumínio, além da textura e tensão da água no solo.

2.2 Propriedades físicas do solo.

As propriedades físicas dos solos como porosidade, densidade e resistência à penetração, são uteis para permitir a avaliação do estado de conservação do solo (NOBRE 2008). Segundo Fernandes e Souza (2001) a avaliação desses atributos são de grande importância, já que as características físicas e químicas do solo são diretamente afetadas pelo manejo que o solo é submetido.

Segundo Imhoff et al. (2001) a densidade do solo, a macroporosidade e a relação macroporos e microporos são atributos físicos muito utilizados como indicadores do estado de estruturação do solo, De acordo com Campos et al., (1995) além de influenciar o crescimento e desenvolvimento de plantas, influi diretamente nas condições de adensamento, compactação, encostamento, infiltração de água e assim deixando o solo mais suscetível a erosão.

Outra propriedade físico-mecânica do solo, alterada pelo sistema de manejo, é a resistência mecânica à penetração que está estreitamente associada à densidade do solo e, para o mesmo teor de água, quanto maior a densidade do solo maior será a resistência mecânica a penetração (REINERT e REICHERT, et al, 2006).

As características físicas do solo normalmente são ignoradas pelos produtores, mas para desenvolver uma agricultura sustentável e rentável será necessário o conhecimento e o monitoramento desses parâmetros (NUNES, 2007).

2.2.1 Densidade do Solo

Expressa a relação entre a quantidade de massa de solo seco por unidade de volume do solo. No volume do solo é incluído o volume de sólidos e o de poros do solo. Entretanto, havendo modificação do espaço poroso haverá alteração da densidade do solo. O uso principal da densidade do solo é como indicador da compactação, assim como medir alterações da estrutura e porosidade do solo (CURI et al., 1993). De acordo com Camargo e Alleoni (1997) densidade é diretamente relacionada com a estrutura do solo, assim pode se relatar que a densidade com certa restrição é a medida mais quantitativa direta da compactação do solo.

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 adensamento dos solos. A densidade do solo é uma propriedade variável e depende da estrutura e compactação do solo (COSTA et al. 2003).

Torres e Saraiva (1999) observaram valores de densidade de 1,0 e 1,45 Mg m⁻³ para solos argilosos e 1,25 e 1,70 Mg m⁻³ para solos arenosos, respectivamente, em áreas com mata e compactadas .. O valor da densidade 1,55 Mg m⁻³ é considerado crítico para solos franco-argilosos a argilosos, por Camargo e Alleoni (1997).

Queiroz-Voltan et al. (2000), constatou que valores de densidade do solo abaixo de 1,5 kg dm⁻³, não afetaram o desenvolvimento das cultivares de soja em seu experimento, porém REICHERT et al. (2003) consideram 1,55 Mg dm⁻³ como o valor de densidade do solo crítica para o bom crescimento do sistema radicular

Um dos principais fatores que afetam a densidade do solo é a granulometria (Tabela1)

Tabela 1: Relação entre granulometria e densidade do solo restritiva ao desenvolvimento de plantas.

Autor	Granulometria g Kg⁻¹	Densidade Mg m⁻³	Restrição
De Maria et al. (1999).	750 argila 200 silte 50 areia	1,21	Redução do crescimento radicular de soja
Streck et al. (2004).	89 argila 297 silte 614 areia	1,79	Redução do crescimento radicular e rendimento do feijoeiro
Beutler et al. (2004).	271 argila 42 silte 687 areia	1,63	Redução do crescimento radicular e rendimento do arroz.
Collares et al. (2005).	607 argila 176 silte 217 areia	1,49-1,53	Redução do crescimento radicular e rendimento do feijoeiro

Segundo Costa et al. (2003) a densidade do solo 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 a eluviação de argila, dentre outros.

A determinação da densidade do solo é relativamente simples e baseia-se na coleta de uma amostra de solos de volume conhecido e com estrutura preservada com técnicas diversas,

incluindo coleta de solo em cilindros, torrão ou feito diretamente no campo por escavação. Em todos se necessita medir o volume da amostra e quantificar quanto de solo seco tem-se no volume coletado (REINERT e REICHERT, 2006).

2.2.2 Porosidade

O espaço do solo não ocupado por sólidos e ocupado pela água e ar compõem o espaço poroso, definido como sendo a proporção entre o volume de poros e o volume total de um solo. É inversamente proporcional à densidade do solo e de importância direta para o crescimento de raízes e movimento de ar, água e solutos no solo. (CURI et al., 1993)

A porosidade é um dos atributos físicos importantes a ser considerados na avaliação da qualidade da estrutura do solo é inversamente proporcional à densidade solo. Além de estar relacionada a processo físico do solo também esta relacionada à retenção de água, drenagem, difusão de nutrientes e crescimentos de microorganismo e raízes, que é relacionado com os espaços ocupados por gases e líquidos que a distribuição desses espaços é dividido em macro e microporos entre os agregados (NOBRE., 2008).

Segundo Curi et al., (1993) todos os solos possuem poros porém são variáveis de acordo com o material de origem e grau de intemperização. De acordo com os mesmo autores, poros são toda porção do solo que não é ocupado por parte sólidas, sendo a porosidade total dividida pela microposidade que é responsável pela retenção de água e a macroporosidade é responsável pela drenagem e aeração do solo.

A textura e a estrutura dos solos explicam em grande parte o tipo, tamanho, quantidade e continuidade dos poros. Os tipos de poros estão associados à sua forma, que por sua vez tem relação direta com sua origem. O tipo de poros mais característico são os de origem biológica, que são arredondados e formados por morte e decomposição de raízes ou como resultado da atividade de animais ou insetos do solo, como minhocas, térmitas, etc. Outro tipo de poros apresenta forma irregular e de fenda formados por vários processos, tipo umedecimento e secagem, pressão, etc. (CURI et al., 1993).

De acordo com Jesus (2006) os macroporos são bom indicadores das condições físicas do solo, após serem saturados em água, mas não a retém, são esvaziados pela ação da gravidade, a funcionalidade desses poros fica evidente quando se considera que os microporos são os responsáveis pela retenção e armazenamento da água no solo e os macroporos

responsáveis pela aeração e pela maior contribuição na infiltração de água no solo, sendo importantes para o crescimento de raízes. Segundo Albuquerque et al. (1995) o tráfego de máquinas e o pisoteio animal na camada superficial tende a proporcionar redução na porosidade.

Valores críticos de macroporosidade estão abaixo de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Valores inferiores a $0,10$ a $0,12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ são freqüentemente utilizados para indicar condições limitantes à sanidade das plantas e a aeração do solo, considerando que os macroporos são a rota primária para movimento da água no solo, a redução dos mesmos pode restringir a transmissão da água e nutrientes até a zona radicular (CURI et al., 1993).

Poros arredondados tendem a ser mais contínuos e de direção predominante normal a superfície, ao contrário das fendas no solo. A classificação mais usual da porosidade refere-se à sua distribuição de tamanho. A mais usual é a classificação da porosidade em duas classes: micro e macroporosidade. A microporosidade é uma classe de tamanho de poros que, após ser saturada em água, a retém contra a gravidade. Os macroporos, ao contrário, após serem saturados em água não a retém, ou são esvaziados pela ação da gravidade. A funcionalidade desses poros fica evidente quando se considera que os microporos são os responsáveis pela retenção e armazenamento da água no solo e os macroporos responsáveis pela aeração e pela maior contribuição na infiltração de água no solo. A determinação da porosidade total (Pt) em laboratório é feita, principalmente, de dois modos: 1) saturando-se uma amostra de solo e medindo-se o volume de água contido e; 2) por cálculo conhecendo-se a densidade do solo e a densidade de partícula (Figura 1) (REINERT e REICHERT, 2006).

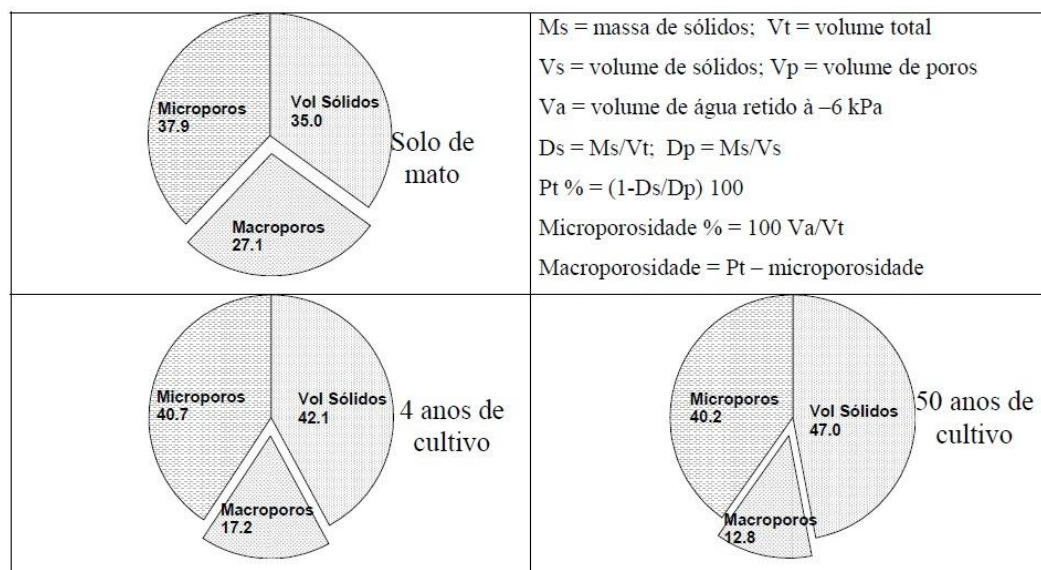


Figura 1: Modelo esquemático da determinação da porosidade do solo. Fonte: Adaptado de Reinert e Reichert (2006)

2.3 Degradação do Solo

Com a modernização da agricultura, o peso de máquinas e equipamentos e a intensidade de uso do solo têm aumentado, resultando em significativas alterações nas suas propriedades físicas (STRECK et al., 2004). Essas alterações referem-se ao decréscimo da porosidade e da permeabilidade e ao aumento da compactação em relação às condições originais do solo (TAVARES FILHO et al., 2001).

Segundo Oliveira (2002) a principal causa da compactação em solos agrícolas é o tráfego de máquinas em operações de preparo do solo, semeadura, tratos culturais e colheita, acrescentam que não somente a pressão estática causa compactação, mas também forças dinâmicas provocadas pela vibração do trator arrastando implementos e pelo patinamento.

Segundo Camargo e Alleoni (1997) o rearranjo das partículas primárias e de agregados por implementos de tração e cultivo, principalmente a compressão causada por tráfego de veículos, processa-se em duas fases, que ocorrem separadamente: a primeira consiste no preparo do solo, onde grande parte da energia é consumida para destruir agregados e a segunda onde o tráfego posterior de máquinas e implementos empurra as partículas umas contra as outras gerando um arranjo compacto, sendo quanto maior a pulverização do solo maior será o potencial compactador.

Dias Júnior e Pierce (1996) fazendo um estudo em solos da Amazônia, verificaram que as maiores deformações do solo ocorrem logo após a primeira passagem de máquina, sendo o efeito das passagens subsequentes reduzidos.

As características das rodas ou esteiras e as da superfície do solo determinam a pressão que a máquina exercerá. Quando há uma redução na pressão de inflação dos pneus, há uma redução de flexão e um aumento no contato pneu-solo, conseqüentemente redução da pressão sobre o mesmo (LOPES, 2000).

Em áreas sob exploração pecuária, a compactação do solo pode estar associada às altas pressões exercidas pelos animais. Segundo Imhoff et al., (2001) cada espécie animal exerce pressões diferenciadas sobre o solo, o que de acordo com Marchão et al. (2007) se deve a conformação do casco e a massa corporal do animal.

De acordo com Sarmiento et al. (2008), o efeito do pisoteio dos animais sobre o solo aumenta quando o pastejo é realizado em solos com umidade elevada e com baixa cobertura vegetal o que evidencia a importância do controle das taxas de lotação animal quanto à

quantidade de pastagem produzida e à cobertura vegetal, para mitigar o efeito do pisoteio sobre a qualidade física dos solos.

Bovinos da raça Jersey podem exercer no solo pressões de 0,2 MPa enquanto ovinos e caprinos exercem pressões em torno de 0,08 e 0,06 MPa respectivamente (IMHOFF et al., 2001).

No entanto estudos realizados por VZZOTTO et al. (2000) evidenciaram que o pisoteio de bovinos somente compacta o solo na camada superficial (0,00-0,05 m), não sendo perceptíveis nas demais camadas, por sua vez, LANZANOVA et al. (2007) utilizando carga animal média de 775 kg ha⁻¹ de peso vivo e resíduo mínimo de 1500 kg ha⁻¹ de matéria seca composta de aveia (*Avena strigosa schred*) mais azevém (*Lolium multiflorum*) não encontrou compactação do solo, tendo atribuído à massa de forragem o efeito atenuante do choque da pata bovina no solo.

Outro fator que pode determinar a intensidade da compactação do solo em virtude do pisoteio animal, é a frequência de pastejo, estudos realizados por LANZANOVA et al. (2007) em um Argissolo Vermelho-Amarelo no Rio Grande do Sul, apontaram uma maior compactação do solo à medida que a frequência de pastejo foi diminuída.

Os sistemas que integram em uma mesma área as atividades de pecuária, lavoura e silvicultura são apontadas como responsáveis por contribuir para a formação de sistemas sustentáveis, Paciullo et al. (2010) avaliando sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta não encontrou diferença na densidade do solo nas áreas sombreadas (teoricamente de maior acúmulo de animais em virtude do conforto térmico) em relação às áreas não sombreadas.

A compactação é normalmente causada pelo tráfego de máquinas por ocasião da semeadura, tratos culturais, colheita e transporte e pelo pisoteio de animais em áreas de pastejo, o tráfego intenso de animais, especialmente em solos argilosos úmidos (GAGGERO, 1998), resulta compactação que seria a perda da estabilidade estrutural e ao declínio de matéria orgânica, promovendo assim a redução da macroporosidade, aumento da densidade do solo e redução da infiltração de água. (GIAROLA et al., 2007).

Existem diversos atributos físicos que podem ser utilizados para se avaliar a qualidade física do solo (Quadro 1)

Quadro 1: Indicadores físicos do solo, relacionados ao desenvolvimento e produção de plantas, usados para avaliar a qualidade dos solos.

Indicador	Época de Avaliação	Qualidade estrutural		
		Pobre	Média	Boa
Indicadores Físicos				
1.Compactação Superficial	Boa umidade do solo	Solo resistente; aparência laminar; difícil de penetrar objeto pontiagudo	Alguma resistência a objetos pontiagudos	Solo friável
2 Boa estrutura	Boa umidade do solo	Aspecto maciço	Superfícies de fraqueza clara	Granular
3.Aeração	Crescimento de plantas	Poucos poros visíveis e drenagem limitada	Alguns bioporos	Solo aberto e bioporos comuns
4. Profundidade efetiva	Qualquer	Subsolo exposto	Evidências de perda horizonte A	Horizonte A profundo
5 Infiltração	Após a chuva	Água escoar ou permanece na superfície	Água penetra	Sem escoamento ou empoçamento
6 Drenagem	Crescimento de plantas	Solo úmido por longo Tempo	Algum Empoçamento	Água se move rapidamente
7. Retenção de água	Crescimento de plantas	Estresse após poucos Dias	Plantas “sentem” Seca	Estresse somente em seca extrema
8. Cobertura superficial	Qualquer	Exposto	Alguma cobertura, <30%	100% cobertura

Fonte : Adaptado de Reichert et al. (2003).

2.4 Recuperação do Solo

Sistemas de manejo com menor revolvimento do solo e que proporcionam acúmulo de resíduos na superfície, em áreas anteriormente degradadas pelo preparo inadequado, estão possibilitando a recuperação das características físicas do solo (CASTRO FILHO et al., 1998). Segundo Souza (2000) o emprego do sistema de semeadura direta têm demonstrado diminuição da erosão e aumento da taxa de infiltração de água no solo, do diâmetro dos agregados e da atividade microbiana.

Segundo Bertol et al. (1997) o sistema plantio direto é uma técnica em no controle da erosão do solo considerada eficiente quando compara com o sistema convencional, mas alguns resultados em estudos indicam uma compactação maior no sistema de plantio direto,

provocada pelo efeito cumulativo do tráfego de máquinas e acomodação natural das partículas sólidas, sobretudo na camada superficial. (KLEIN e BOLLER, 1995). Muzilli (2006) relata que é possível prevenir o problema da compactação nesse sistema com base na rotação de culturas com plantas de cobertura que possuam características de rusticidade e sistema radicular vigoroso. Segundo Genro Júnior et al. (2009) para preservação a qualidade do solo, é aconselhável o uso da rotação de culturas, a qual diminui a densidade e aumenta a porosidade, a condutividade hidráulica saturada e a estabilidade de agregados do solo, os autores observaram menor densidade do solo e maior porosidade total nos sistemas de rotação de culturas, comparados com os das sucessões o que pode promover o aumento da produtividade das culturas.

A sucessão de culturas acumula grande quantidade de resíduos com elevado conteúdo de carbono orgânico (COSTA et al., 2008). Esses benefícios refletem nas propriedades físicas do solo proporcionadas pelo enriquecimento do material orgânico na camada superficial nos solos manejado com sistema plantio direto, os quais são refletidos na resistência à compactação, segundo estudos de Braida et al. (2008) a adição da palha à superfície do solo ajuda no amortecimento da tensão gerada pelo tráfego.

Além da rotação de culturas outra forma de melhorar as propriedades físicas do solo é o uso de resíduos orgânicos como adubação, elevando o teor de matéria orgânica e melhorando a fertilidade e as características físicas do solo. Gomes et al. (2005) estudando adubação orgânica em um Argissolo Vermelho Amarelo encontrou aumento nos níveis de carbono orgânico do solo, enquanto a adubação mineral reduziu o tamanho médio dos agregados

Segundo Costa et al. (2011), a adubação orgânica pode reduzir a erosão e à compactação, diminuir a densidade do solo e a resistência do solo à penetração de acordo com os autores a melhoria nas propriedades físicas em decorrência da utilização de adubos orgânicos se deve a elevação do conteúdo de carbono orgânico e a atividade microbiana.

Mesmo considerando que para a maioria das culturas, o crescimento das raízes é drasticamente reduzido, um estudo realizado por Materechera et al. (1991) apontou que a alongação de raízes de dicotiledôneas foi maior que de monocotiledôneas. Assim raízes de certas plantas conseguem penetrar mais facilmente em camadas compactadas que outras; facilitando o crescimento das culturas seguintes (CASTRO e LOMBARDI NETO, 1992).

Dessa forma sistemas de rotação de cultura envolvendo espécies com sistemas radiculares vigorosos e profundos, como o do guandu, crotalárias, aveia preta, tremoço, nabo

forrageiro, milho e milheto auxiliam na redução da compactação do solo (TORRES e SARAIVA 1999).

Ao contrário do que acontecem com o uso de subsoladores as plantas “descompactadoras” proporcionam um rompimento mais uniforme da camada compactada, além de contribuírem para a melhoria do estado de agregação do solo, pois quando há a morte dessas raízes são criados bioporos, que podem aumentar o movimento de água e a difusão de gases e por conseqüência melhores condições para as culturas subseqüentes (CASTRO e LOMBARDI NETO, 1992).

Trabalho realizado por Tormena e Roloff (1996) apontou diminuição da densidade do solo e da resistência mecânica a penetração quando foram utilizadas em rotação de cultura crotalária e tremoço.

Outras formas de promover a descompactação do solo são através de métodos mecânicos com a utilização de escarificadores ou subsoladores. (TORRES e SARAIVA 1999)

Escarificar para Cubilla et al. (2002) significa romper o solo na camada arável até no máximo 25 a 30 cm de profundidade. Segundo Torres e Saraiva (1999) a utilização do escarificador permite que uma camada compactada seja rompida, sem afetar muito o nivelamento do terreno, o que possibilita a posterior semeadura sem a necessidade do uso da grade niveladora.

A subsolagem é uma prática de cultivo em profundidade que se tornou comum em algumas regiões do país, analogamente ao escarificador ele serve para tornar soltas as camadas compactadas, sem, entretanto causar a inversão das camadas de solo, sendo recomendada apenas quando houver uma camada compactada em profundidade não atingida por outros implementos (GADANHA JR. et al., 1991); cerca de 80 cm (BALESTREIRE, 1990).

A correta utilização do subsolador pressupõe conhecimentos suficientes sobre as características do solo trabalhado, tais como, compactação existente, teor de água, cobertura do solo assim como textura e estrutura (BALESTREIRE, 1990). Nesse sentido Silva (2002) afirma que uma forma de aperfeiçoar a operação de subsolagem é realizá-la apenas nos locais e profundidades necessárias para a ruptura das camadas compactadas do solo e que isso pode ser feito dispondo-se de estudos que identifiquem a variabilidade espacial das camadas compactadas do solo, bem como de curvas de volume de solo a ser mobilizado em função da resistência mecânica à penetração considerada crítica.

Em estudo realizado por SENE et. al. (1985) a subsolagem promoveu incremento menor que 10% na produção de milho em solos arenosos com agregado de tamanho médio superior a 6 mm.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Nossa Senhora Aparecida localizada no município de Pontes e Lacerda, sudoeste do estado de Mato Grosso ($15^{\circ}13'16''$ S e $59^{\circ}20'18''$ O). O clima da região segundo Ferreira (2001) é tropical quente e sub-úmido, com precipitação pluvial média anual de 1.500 mm e temperatura média superior a 24° C. O solo utilizado foi classificado como um Latossolo Vermelho (LV), segundo Embrapa (2006).

Os tratamentos utilizados constituíram-se de três sistemas de uso; vegetação nativa, área cultivada com soja (*Glycine Max* (L.) Merr.) no verão e milho safrinha (*Zea mays*) cultivados em sistema de plantio direto durante quatro anos e uma área de pastagem cultivada com *Brachiaria brizantha* cv Marandú à 8 anos (Figura 2).



Figura 2. Ilustração dos sistemas de uso estudados. a) Vegetação Nativa b) Lavoura c) Pastagem

Foram coletadas em sete diferentes pontos dentro de cada sistema de uso amostras com estrutura indeformada nas camadas de 0,0-0,05m e 0,05-0,10 m.

Nas amostras indeformadas foram determinados os valores de densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade de acordo com Embrapa (1997), utilizando o valor de densidade de partículas de $2,65 \text{ kg dm}^{-3}$.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (3 sistemas de uso X 2 camadas) com sete repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Scot Knot a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores não apresentaram diferença estatística significativas entre os sistemas de uso e camadas em relação à densidade do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios de densidade do solo de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de usos.

Tratamento	Densidade do solo	
	Mg dm ⁻³	
	Camada 0,00-0,05 m	Camada 0,05 -0,10 m
Vegetação Nativa	1,40 Aa	1,48 Aa
Lavoura	1,32 Aa	1,28 Aa
Pastagem	1,34 Aa	1,39 Aa

Médias acompanhadas da mesma letra maiúscula entre sistemas de uso e minúscula entre camadas não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 0,05 de probabilidade.

Possivelmente os resultados obtidos referente à densidade solo entre os sistemas em uso em relação com a vegetação nativa devem-se pelo fato de que a propriedade realiza um manejo de pastagem correto sem superpastejo nas pastagens, mantendo uma altura de pastejo que proporciona uma excelente cobertura do solo. Para Flores et al. (2007) os resultado obtidos , não houve alterações na densidade do solo quando o pastejo era submetido a alturas variando de 10 a 40 cm, e Petean et al (2009) em seu estudo constatou que para manter a qualidade física na profundidade de 0-15 cm, sob pastejo da aveia e azevém no inverno, a altura de pastejo deve ser mantida, no mínimo, a 21cm. Bertol et al (2000) constataram que a densidade do solo diminuiu com o aumento de forragem, principalmente nas camadas 0-5 cm, sendo assim podemos constatar que a densidade do solo não foi alterada por haver uma boa cobertura de forragem no solo, não deixando assim que a pisoteio animal cause-se algum dano ao solo com o uso de pastagens, mantendo assim a densidade do solo com a que foi obtido próximo ao que foi obtido no resultado da vegetação nativa.

O resultado encontrado na lavoura com sistema de plantio direto pode-se devido este sistema ter revolvimento mínimo do solo. De acordo com Bertol et al. (1997) e Souza (2000) o uso do sistema de plantio direto têm demonstrado diminuição da erosão considerando assim eficiente forma de controle de erosão. Segundo Marcolan e Anghinoni (2006) relatam que o uso do sistema de plantio direto por um período de quatro anos após o revolvimento foi suficiente para o retorno dos atributos físicos do solo à condição original, uma vez que eles

não se diferenciaram dos do sistema plantio direto de 8 e 12 anos. E concordando com Rosa Filho et al. (2009) que a variabilidade dos valores da maioria dos atributos físicos de solo no plantio direto é baixa, possivelmente é porque este sistema que favorece a homogeneização do ambiente, a densidade do solo em plantio direto a propriedade foi próximo ao da vegetação nativa, o que deve possivelmente pelo uso de rotação de culturas(solo e milho). Tormena e Roloff (1996) que em seu estudo que ocorreu diminuição da densidade do solo quando foram utilizadas rotação de cultura..

No trabalho também foi observado o valores médios de porosidade total (Tabela 3), macroporosidade (Tabela 4) e microporosidade (Tabela 5). Em relação à porosidade total e macroporosidade não foram observado diferenças significativas, mas em relação a microporosidade a lavoura obteve um valor superior aos diferentes sistemas.

Tabela 3. Valores médios de porosidade total de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de usos.

Tratamento	Porosidade Total	
	$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$	
	Camada 0,00-0,05 m	Camada 0,05 -0,10 m
Vegetação Nativa	0,47 Aa	0,43 Aa
Lavoura	0,50 Aa	0,51 Aa
Pastagem	0,49 Aa	0,47 Aa

Médias acompanhadas da mesma letra maiúscula entre sistemas de uso e minúscula entre camadas não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 0,05 de probabilidade.

Os resultado obtidos no trabalho em relação a porosidade total e a macroporosidade não foi obtido diferença com a vegetação nativa , podemos dizer assim que com o uso do sistema de plantio direto e pastagens com boa cobertura de forragem proporciona que alguns atributos físicos do solo ficaria semelhante a se tivessem com vegetação nativa. Segundo Spera et al. (2009) relatam que a porosidade total, microporosidade e macroporosidade sofreram alterações devido o sistema de produção de grãos com pastagens a que o solo foi submetido, entretanto essas alterações não atingiram níveis que indiquem degradação do solo e que o pisoteio pelo gado alterou os atributos físicos de solo, mas não em intensidade suficiente para degradar o solo e Siqueira et. al (2009) em seu trabalho constatou após vinte anos de manejo sob o sistema de semeadura direta, não se observam valores críticos de densidade e porosidade do solo prejudiciais ao desenvolvimento das culturas e influenciou

favoravelmente a variabilidade espacial dos atributos físicos do solo estudados após vinte anos de manejo.

Tabela 4. Valores médios de macroporosidade de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de usos.

Tratamento	Macroporosidade	
	$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$	
	Camada 0,00-0,05 m	Camada 0,05 -0,10 m
Vegetação Nativa	0,20 Aa	0,19 Aa
Lavoura	0,20 Aa	0,19 Aa
Pastagem	0,17 Aa	0,21 Aa

Médias acompanhadas da mesma letra maiúscula entre sistemas de uso e minúscula entre camadas não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 0,05 de probabilidade.

Tabela 5. Valores médios de microporosidade de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de usos.

Tratamento	Microporosidade	
	$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$	
	Camada 0,00-0,05 m	Camada 0,05 -0,10 m
Vegetação Nativa	0,27 Aa	0,24 Ba
Lavoura	0,30 Aa	0,32 Aa
Pastagem	0,32 Aa	0,26 Ba

Médias acompanhadas da mesma letra maiúscula entre sistemas de uso e minúscula entre camadas não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 0,05 de probabilidade.

Já Lanzasova et al. (2007) observo com que os sistemas de pastejo testados proporcionaram compactação de solo nas camadas de 0–0,15 e 0–0,20 m, quando avaliadas pela macro-porosidade do solo e porosidade total do solo, respectivamente. A avaliação de resistência do solo à penetração evidenciou compactação de solo na camada de 0–0,20 m. Mas Bertol et al. (1997) relataram que o aumento da pressão de pastejo diminui a porosidade na camada superficial do solo, enquanto que o manejo controlado das pastagens altera a relação entre microporos e porosidade total na superfície do solo, melhorando a qualidade do solo, podemos assim dizer que o resultado obtido no trabalho reflete pelo o fato do bom manejo da propriedade tanto com a utilização do sistema de plantio direto quando ao manejo de suas pastagem com carga de lotação e altura de pastejo ideal.

5 CONCLUSÕES

A utilização do solo com pastagem ou lavoura, de forma adequada, não alterou a densidade do solo e a macroporosidade.

O não revolvimento do solo e a alternância de cultura no sistema sob exploração de lavoura, proporcionou um incremento na microporosidade na camada de 0,05-0,010m.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.A. et al; Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.19, n.1, p.115-119, 1995.

BAGARELLO, V. Influence of well preparation on field-saturated hydraulic conductivity measured with the Guelph permeameter. *Geoderma*, v. 80 p169-180, 1997

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 136p.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.409-418, 1997.

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.5, p. 779-786, 1998.

BERTOL, I. et al.; Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem capim-elefante-anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1047-1054, 2000.

BEUTLER, A.N. et al. Compactação do solo e intervalo hídrico ótimo na produtividade de arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39 p.575-580, 2004.

BEUTLER, A.N. et al. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produtividade de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29 p.843-849, 2005.

BRADY, N. C. **Natureza das propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos, 1989. 898p.

BRAIDA, J. A. et al. Elasticidade do solo em função da umidade e do teor de carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 477-485, 2008.

CAMARGO, O. A. & ALLEONI, L. R. F., **Compactação do solo e desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132p.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J. & NICOLODI, R. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.19 p.121-125, 1995

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, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22 p.527-538, 1998.

CASTRO, O. M. & LOMBARDI NETO, F. **Manejo e conservação de solos em citros**. Cordeirópolis: Laranja, 1992. 305p.

CENTURION, J.F. et al. Influência do cultivo da cana -de- açúcar e da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de latossolos vermelhos. **Revista brasileira de Ciência do solo**, v. 31, p. 199-209, 2007.

COLLARES, G. L **Compactação em Latossolos e Argissolo e relação com parâmetros de solo e de plantas**.2005. 106 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

CORA, J.E. et al., Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.1013-1021, 2004.

COSTA M. S. S. de M et al., Atributos físicos do solo e produtividade do milho sob sistemas de manejo e adubações **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**. v.15 n.8 Campina Grande,2011

COSTA, A.M.et al.,Influência da cobertura vegetal na densidade de três solos da cerrado. In: Anais. **II Simpósio Regional de Geografia**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia MG. 2003.

COSTA, F. S. et al. Estoque de carbono orgânico e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 323-332, 2008

CUBILLA, M. et al., Plantas de cobertura do solo: uma alternativa para aliviar a compactação em sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.71 p.29-32, 2002.

CURI, N. et al. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.90, 1993.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; DIAS, H. S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.3, p.703-709, 1999.

DIAS JÚNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 20:175-182, 1996.

EMBRAPA, **Manual de métodos de análises de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). 2. Ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. Ed.2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FERNADES, H. C.; SOUZA, A. P. Compactação dos solos florestais. Uma questão de estudo. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 25, n.3 p. 387-392, 2001.

FERREIRA, J.C.V., 2001. **Mato Grosso e seus municípios**. Cuiabá: Secretaria de Estado de Educação/Ed. Buriti.

FLORES, J. P. C. et al., Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa v. 31 n.4, 2007.

GADANHA JÚNIOR, C. D. et al.; **Máquinas e implementos agrícolas do Brasil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas tecnológicas de Estado de São Paulo, 1991. 468p.

GAGGERO, M.R. **Alterações das propriedades físicas e mecânicas do solo sob sistemas de preparo e pastejo**. (Tese de Mestrado) Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 125p, 1998.

GENRO JÚNIOR, S. A. et al., Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. **Ciência Rural**, v.39, p.65-73, 2009.

GIAROLA, N. F. B.; TORMENTA, C. A.; DUTRA, A. C. Degradação física de um Latossolo Vermelho utilizado para produção intensiva de forragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n. 5, p. 863-873, 2007

GOMES, J.A. et al. Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho- Amarelo. **Acta Sci. Agron.**, 27:3:521-529, 2005.

GREGO, C.R.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.169- 177, 2005.

IMHOFF, S.; et al. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.25 p.11-18, 2001.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P. & TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa . Agropecuária. Brasileira .**, v. 35 p.1493-1500, 2000.

IMHOFF, S. et al. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 25:11-18, 2001.

JESUS, C. P. **Atributos físicos do solo e produtividade da soja após um ano de integração lavoura- pecuária em área sob plantio direto.** 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Centro de Ciência Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2006.

KLEIN, V. A.; BOLLER, W. Avaliação de diferentes manejos de solo e métodos de semeadura em áreas sob sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v.25, p.395-398, 1995.

KONDO, M. K.; DIAS JÚNIOR, M. S. Efeito do manejo e da umidade no comportamento compressivo de três Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23 p.497-506, 1999.

LANZANOVA, M. E. et al., Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31 p.1131-1140, 2007.

LEÃO, T. P. et al. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 415-423, 2004.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, 1:277-294. 1985.

LOPES A. **Desempenho de um trator agrícola em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento em um solo argiloso.** 133p. Tese (doutorado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 2000.

MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ZIMMER, A. H. **Degradação e alternativa de recuperação e renovação de pastagens.** Comunicado técnico, Campo Grande. EMBRAPA, n. 62, novembro 2000 4p.

MAGUALHÃES, V. L; CUNHA, J. E. da. Uso e degradação do solo no fundo de vale da Sanga Creoula. Marechal Cândido Rondon- PR. **Geografia.** v. 16, n. 2, jul./dez.2007.

MANTOVANI, E. C. Máquinas e implementos agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 1, p. 56-63, 1987.

MARCHÃO, R. L. et al. , Qualidade física de um Latossolo vermelho sob sistemas de integração lavoura - pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42:873-882, 2007.

MARCOLAN A. L., ANGHINONI, I. Atributos físicos de um argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**Viçosa v.30,no.1 ,2006.

MATERECHERA, S. A.; DEXTER, A. R. & ALTSON, A. M. Penetration of very strong soils by seedlings roots of dierent plant species. **Plant Soil**, 135:31-41, 1991.

MULLER, M.M.L. et al. Degradação de pastagens na Região Amazônica:propriedade físicas do solo em crescimento de raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n.11, p 1409-1418,2001.

NOBRE, N. A. O. **Avaliação dos atributos físicos do solo em ter sistemas de uso e seus impactos na bacia hidrográfica do Rio Carapá em Colider-MT**, 2008. Dissertação (mestrado em Ciências Ambientais) Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, 2008.

NUNES, S. P. **O campo político da agricultura familiar e a idéia de “Projeto Alternativo de Desenvolvimento”**. 2007, 152p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007

OLIVEIRA, G. C. **Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo por 20 anos no cerrado.** Lavras, Tese (Doutorado) Universidade Federal de Lavras, 2002. 78p.

PACIULLO, D. S. C. et al. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. **Scientia Agrícola**, 67:598-603, 2010.

PEREIRA, A. A. et al. Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, p. 1397- 1412, 2007.

PETEAN L. P. et al. Altura de pastejo de aveia e azevém e qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférrico sob integração lavoura-pecuária **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, p.1009-1016, 2009

QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S.S.S.; MIRANDA, M.A.C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.929-938, 2000.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência & Ambiente**, v.27, p.29-48, 2003.

REINERT, D.J. et al, **Qualidade física do solo** Universidade federal de Santa Maria, Centro de ciências rurais-2006 23p.

REINERT, D.J; REICHERT, J.M. Propriedades física do solos. Santa Maria: Universidade Federal Santa Maria, 2006.180p.

ROSA FILHO, G. et al. Variabilidade da produtividade da soja em função de atributos físicos de um latossolo vermelho distroférrico sob plantio direto **Revista Brasileira de Ciência do Solo** Viçosa ,v.33 n.2,2009.

ROSOLEM, C. A. et al. Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p.491- 497, 1994.

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

SANTANA, S. C. **Indicadores físicos da qualidade de solos no monitoramento de pastagens degradadas na região sul do Tocantins**, 2009. 76p. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal), Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2009.

SARMENTO, P. et.al. Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximu* Jacq.cv. IPR-86 Milnênio, sob lotação rotacionada e adubo com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 32, p183-193, 2008.

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

SILVA, G. da. **Métodos auxiliares para diagnóstico da necessidade de subsolagem de solos agrícolas**. 2002. 137 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

SILVA, I.F. da; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.313-319, 1997.

SILVA, M.S.L., RIBEIRO, M.R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de tabuleiro no estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v 16:397-402, 1992.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira Ciencia Solo**, 24:191-199, 2000a.

SIQUEIRA, G. M.; VIEIRA, R. S., DECEN, S. C. F. Variabilidade espacial da densidade e da porosidade de um Latossolo Vermelho Eutroférico sob semeadura direta por vinte anos. **Bragantia** Campinas v.68 n.3, 2009.

SOUZA et al. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, p.589-596, 2008.

SPERA, S. T. et al. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa v.33 n.1, 2009.

STRECK, C.A.;et al. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, 34:755-760, 2004.

TAVARES FILHO, J.et al.. Resistência à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.25 p.725-730, 2001.

TORMENA C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20 p.333-339 1996.

TORRES, E.& SARAIVA, O. F. **Camada compactadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas coma soja**. Londrina: Embrapa Soja, 58 p.,1999.

VZZOTTO, V.R.; MARCHEZAN, E. & SEGABINAZZI, T. Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. **Ciência Rural**, 30:965-969, 2000.