

LIDYANE PRADO RODRIGUES



EFEITO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO POR MÁQUINAS PESADAS

Trabalho apresentado para
obtenção do título de especialista
em Gestão Florestal, Setor de
Ciências Agrárias, Universidade
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Charles
Carneiro

**CURITIBA
2014**

Dedico este trabalho à Deus, minha família e amigos, por serem essenciais e por não medirem esforços para compartilhar momentos importantes em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, o que seria de mim sem a fé que eu tenho nele.

A minha família, em especial meus pais, meus irmãos pela grande dedicação e carinho.

Aos meus colegas e amigos que sempre me apoiam na minha caminhada.

Ao Prof. Dr. Charles Carneiro pelas orientações e paciência, apesar da distância.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE QUADRO	viii
RESUMO	ix
1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO GERAL	12
2.1 Objetivos Específicos	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 Solos	13
3.1.2 Propriedades Físicas do Solo	14
3.1.3 Textura do solo (Distribuição do tamanho de partículas).....	14
3.1.4 Classificação textural do solo	15
3.2 ESTRUTURA DO SOLO	16
3.2.1 Tipo de agregados do solo.....	16
3.2.2 Porosidade do solo e permeabilidade do solo	16
3.2.3 Profundidade do solo	17
3.3 FUNDAMENTOS DA COMPACTAÇÃO	18
3.3.1 Configuração do material.....	18
3.3.1 Teor de umidade.....	19
3.4 CAUSAS DA COMPACTAÇÃO.....	20
3.4.1 Tráfego de Máquinas	20
3.4.1.1 Pressão de rodas e esteiras	22
3.4.1 Pisoteio de animais	23
3.4.2 Impacto da gota da chuva.....	23
3.5 EFEITOS DA COMPACTAÇÃO DO SOLO	24
3.5.1 Resistência à penetração da água	25
3.5.2 Influência da temperatura do solo	25

3.5.3	Influência na aeração	26
3.6	EFEITO DA PREPARAÇÃO E TIPO DE SOLO	27
3.6.1	Qualidade física do solo	27
3.6.2	Grau de Compactação do solo	28
3.6.3	Tipos de equipamentos (máquinas) mais utilizados na agricultura	30
3.6.3.1	Trator e colhedora de pneu	31
3.6.3.2	Trator e colhedora de esteira	31
4	METODOLOGIA	32
4.1	TIPO DE ESTUDO	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1	IDENTIFICAÇÃO DA CAMADA COMPACTADA	33
5.2	ATRIBUTOS FÍSICOS DE SOLOS FLORESTAIS COMPACTADO.....	34
5.2.1	Densidade, porosidade e resistência do solo	34
5.3	IMPLICAÇÕES DO TRANSPORTE DE MAQUINÁRIO PESADO SOBRE A DINÂMICA DO SOLO	35
5.3.1	Processos erosivos	35
5.3.2	Poluição do solo	36
5.4	CONSEQUÊNCIAS DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NO SISTEMA PRODUTIVO	37
5.5	SUGESTÕES DE MANEJO DE SOLOS PARA REDUÇÃO DE COMPACTAÇÃO	38
5.5.1	Medidas preventivas para evitar a compactação	39
5.5.1.1	Alternância do uso de implementos	40
5.5.1.2	Controle de tráfego de máquinas	41
5.5.1.3	Rotação de culturas	41
5.6	RECUPERAÇÃO DE ÁREAS COMPACTADAS	42
6	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	45

LISTA DE TABELA

Tabela 01. Percentual de Argila nas classes texturais	16
--	-----------

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Principais classes texturais do solo	15
Figura 02. Porosidade x Permeabilidade	17
Figura 03. Configuração do Material	19
Figura 04. Teor de Umidade	19
Figura 05. Diferentes níveis de compactação. A – Tratores de Esteira. B – Trator de Pneu	21
Figura 06. Fases do processo de compactação. O impacto da gota de chuva sobre o solo desnudo (A) causa a fragmentação e formação de pequenas partículas (B) que bloqueia os poros e formam uma superfície selada (C). A água que escorre carrega partículas de solo que são depositadas nas partes baixas onde a velocidade da água é reduzida (D)	24
Figura 07. Representação esquemática das relações entre o conteúdo de água e outros atributos do solo que afetam diretamente o crescimento das plantas	25
Figura 08. Efeito do grau de temperatura no desenvolvimento das plantas...	26
Figura 09. Solo degradado x Solo orgânico	28
Figura 10. Relação entre grau de compactação e rendimento relativo (a) e macroporosidade (b) para diferentes teores de argila	29
Figura 11. Comparação de rastros de rodas em preparo convencional e sob tráfego controlado em área de plantio direto	30
Figura 12. Funções de pontuação conforme a natureza do indicador de qualidade do solo	35
Figura 13. Processo de erosão do solo	36
Figura 14. Sistema radicular da soja em solo compactado na região norte do Paraná	38
Figura 15. Plantio Direto (utilização de palha para proteção do solo)	41
Figura 16. Rotação de Culturas	42

LISTA DE QUADRO

Tabela 02. Tipos de solo mais comuns	39
---	-----------

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da compactação do solo por máquinas pesadas, bem como, a proposição de ações para minimização do problema que possam alavancar a produção agrícola. O estudo foi conduzido através de revisões bibliográficas que incluem artigos originais, artigos de revisão e editoriais que abordam o processo de compactação do solo que afetam diretamente e negativamente o desenvolvimento das culturas. Atualmente com o avanço das tecnologias e a necessidade de produção agrícola em grande escala obteve-se um avanço das modificações da estrutura do solo tornando o processo de compactação um problema bastante comum, o qual reduz o crescimento de uma população florestal de 5 a 15 %, pois interfere diretamente em atributos físicos do solo (densidade, porosidade e resistência à penetração), e também químicos. Estudos mostram que um solo que sofreu alterações em sua estrutura é detectado depois de um longo tempo, onde as condições de reversão tornam-se mais difíceis. Com isso notou-se que o grau de compactação pode ser prevenido ou minimizado através do planejamento da produção, como o controle do tráfego das máquinas, avaliação do clima (umidade que o solo se encontra) e os tratamentos a serem utilizados de acordo com o tipo de solo.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de práticas de manejo florestal que assegurem a sustentabilidade dos sítios é uma prioridade. O interesse em manter uma boa produtividade das terras florestais tem crescido constantemente, desde o uso de maquinaria pesada e da retirada de toda a árvore na colheita. Os problemas com a qualidade do solo e a manutenção da produtividade ocorrem quando atividades de manejo são impropriamente planejadas e executadas. Entre todos os fatores naturais que afetam a produtividade das plantas, o solo é o mais facilmente modificável pelo manejo (POWERS & MORRISON 1996).

Uma das limitações para que o desenvolvimento florestal sustentável seja atingido está relacionada com as operações mecanizadas. Elas são necessárias na realização da colheita de madeira e podem causar degradação da estrutura dos solos. Isso ocorre por não haver um controle rígido da umidade do solo ou de sua capacidade de suporte de carga no momento de realização das operações (GOMES, ANDRADE E AZEVEDO, 2004)

Segundo Camargo & Alleoni (1997) as forças que atuam sobre um solo podem ser classificadas em internas e externas. As forças que resultam do tráfego de animais, veículos e pessoas são consideradas externas e podem promover o aparecimento de camadas compactadas na sub-superfície do solo, sendo considerado uma compactação (CAMARGO E ALLEONI, 1997).

A compactação do solo é um problema bastante comum na reabilitação devido ao intenso tráfego de máquinas e movimentação de terra. Os problemas mais comuns da compactação de uma superfície degradada são: aumento da resistência mecânica à penetração radicular, redução da aeração, alteração do fluxo de água e calor, comprometendo a disponibilidade de água e nutrientes do local, reduzindo a produtividade do sítio e aumentando os níveis de erosão.

Evitar estes grandes efeitos de compactação no solo é difícil, pois a cada dia o uso intensivo de maquinário pesado está aumentando e se tornando mais potente. No entanto algumas medidas podem evitá-la. Devido a grande diversidade

do solo, heterogeneidade da área e diferentes manejos adotados são necessárias análises para que possa dar o tratamento adequado ao solo.

Diante disso, o presente trabalho pretende avaliar o efeito da compactação por maquinário pesado no crescimento inicial de reflorestamentos, visando definir a melhor alternativa para recuperação destas áreas.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos da compactação do solo por máquinas pesadas, bem como, a proposição de ações para minimização do problema.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Discutir quais as implicações do transporte de maquinário pesado sobre a dinâmica do solo;
- Propor Sugestões de manejo de solos visando a redução do grau de compactação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SOLO

O solo é a superfície inconsolidada que recobre as rochas e mantém a vida animal e vegetal da terra. É constituído por camadas que diferem pela natureza física, química, mineralógica e biológica, que se desenvolvem com o tempo sob a influência do clima e da própria atividade biológica (VIEIRA, 1988).

Ele ocupa uma posição peculiar ligada as várias esferas que afetam a vida humana. É, além disso, o substrato principal da produção de alimentos e uma das principais fontes de nutrientes e sedimentos que vão para os rios, lagos e mares. A natureza é um sempre presente laboratório onde as diferenças entre os solos, em seus atributos, como cor, topografia, profundidade, textura e a sua utilização, afetando os aspectos socioeconômicos, constituem um verdadeiro livro para a aprendizagem (CORRÊA, CURTI, RESENDE E REZENDE, 2007).

A primeira fase de formação do solo é decorrente da ação congregada do intemperismo sobre a superfície da rocha e mineral da crosta terrestre. Com a continuidade dos processos intempéricos, a rocha viva vai sendo pouco a pouco modificada, perdendo a sua compacidade primitiva, originando zonas de decomposição, cuja espessura variável aumenta lenta e compressivamente. Enquanto os agentes naturais estendem seus efeitos a profundidades sempre crescentes, uma parte da zona decomposta que se encontra mais sujeita aos efeitos do meio ambiente é transportada e depositada mais adiante desenvolvendo o solo (VIEIRA, 1988).

Os solos basicamente são divididos em dois grupos: coesivos e granulares (não-coesivos). O coesivo é predominante no Brasil, para que haja a compactação é necessário que esteja próximo de sua umidade ótima. Se estiver muito seco, o atrito entre as partículas internas agem como forças contrárias ao adensamento do solo (GEWERHR, 2013).

3.1.2 Propriedades Físicas do solo

Os solos possuem propriedades físicas e químicas, que interagem e podem proporcionar maior, ou menor resistência aos processos de compactação.

Algumas práticas de manejo do solo e das culturas provocam alterações nas propriedades físicas do mesmo, as quais podem ser permanentes ou temporárias. Assim, o interesse em avaliar a qualidade física do solo tem sido incrementado por considerá-lo como um componente fundamental na manutenção e/ou sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola (LIMA, 2004).

Os impactos do uso e manejo na qualidade física do solo têm sido quantificados, utilizando-se diferentes propriedades físicas relacionadas com a forma e com a estabilidade estrutural do solo, tais como: compactação do solo, densidade, resistência do solo à penetração das raízes, adsorção e absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e desenvolvimento do sistema radicular entre outras (RICHART et al., 2005)

As modificações nestas propriedades ocasionadas pelo manejo inadequado resultam em decréscimo de produção (RADFORD et al., 2001; DAUDA; SAMARI, 2002), aumentando a suscetibilidade do solo a erosão e da potência necessária para o preparo do solo (CANILLAS; SALOKHE, 2002).

3.1.3 Textura do solo (Distribuição do tamanho de partículas)

A textura refere-se à proporção de argila silte e areia (CORRÊA et al., 2007). Durante a classificação do solo em um determinado local, a textura dos diferentes horizontes é muitas vezes a primeira e mais importante propriedade a ser determinada e, a partir desta informação muitas conclusões importantes podem ser tomadas (STEINBECK, 2013).

É muito importante na irrigação porque tem influência direta na taxa de infiltração de água, na aeração, na capacidade de retenção de água, na nutrição, como também na aderência ou força de coesão nas partículas do solo. Os teores de areia, silte e argila no solo influem diretamente no ponto de aderência aos implementos de preparo do solo e plantio, facilitando ou dificultando o trabalho das máquinas. Inlui também, na escolha do método de irrigação a ser utilizado (FERREIRA, CARVALHO E MEDEIROS, 2006).

A avaliação da textura é feita diretamente no campo e em laboratório. No campo, a estimativa é baseada na sensação ao tato ao manusear uma amostra de

solo. A areia manifesta sensação de aspereza, o silte maciez e a argila maciez e plasticidade e pegajosidade quando molhada (REICHERT e REINERT, 2006).

A figura 01 mostra as diferentes texturas do solo:



Figura 01 – Principais classes texturais do solo
FONTE: Lorenzo, 2010.

3.1.4 Classificação textural do solo

Segundo EMBRAPA (2006) para simplificar as análises, principalmente quanto às práticas de manejo, os solos são agrupados em três classes de textura: Solos de textura arenosa, que são solos mais leves, solos de textura média e solos de textura argilosa.

Os solos arenosos se caracterizam por possuírem uma porcentagem de areia maior do que de argila, o que adquire leveza, permeabilidade e baixa capacidade de retenção de água e matéria orgânica, o tornando vulnerável à processos erosivos. Os de textura média apresentam um equilíbrio de areia, argila e silte, logo possuem uma boa drenagem, capacidade de retenção de água e um índice médio de erodibilidade, não necessitando de cuidados especiais. Já os argilosos são solos com teor de argila mais altos os tornando mais coesos, com dificuldade para penetração de água e os trabalhos de mecanização, pois possuem uma considerada aderência do solo, devido estas características, se tornam resistentes a erosão, mas altamente susceptíveis a compactação.

Geralmente de acordo com o teor de argila tem-se (TABELA 01):

Tabela 01 – Percentual de Argila nas classes texturais

FONTE: Bueno, 2012.

ARGILA (%)	TEXTURA
60 – 100	Muita argilosa
35 – 60	Argilosa
15 – 35	Média
0 – 15	Arenosa

3.2 ESTRUTURA DO SOLO

A estrutura do solo refere-se ao agrupamento e organização das partículas do solo em agregados e relaciona-se com a distribuição das partículas e agregados num volume de solo. Considerando que o espaço poroso é de importância similar ao espaço sólido, a estrutura do solo pode ser definida também pelo arrançamento de poros pequenos, médios e grandes, com conseqüência da organização das partículas e agregados do solo (REICHERT e REINERT, 2006).

3.2.1 Tipo de agregados do solo

Os agregados do solo são classificados em Granular e grumosa, laminar, prismática e colunar e blocos angulares e subangulares. No granular e grumosa os agregados arredondados que se formam na superfície do solo por influência da matéria orgânica e atividade microbológica, o lamina os agregados possuem um formato semelhantes a lâminas, o prismático e colunar são agregados semelhantes a um prisma, se formam em ambientes mal drenados com pequena influência de matéria orgânica e os blocos angulares e subangulares irão possuir um formato cubóide e se formam em ambientes moderadamente a bem drenados.

3.2.2 Porosidade do solo e permeabilidade do solo

Condicionada pela textura e estrutura do solo, a porosidade é o espaço existente entre as partículas do mesmo e a permeabilidade é o grau de facilidade

com que a água atravessa o solo. Logo quanto maior a porosidade, maior a permeabilidade (FIGURA 02).

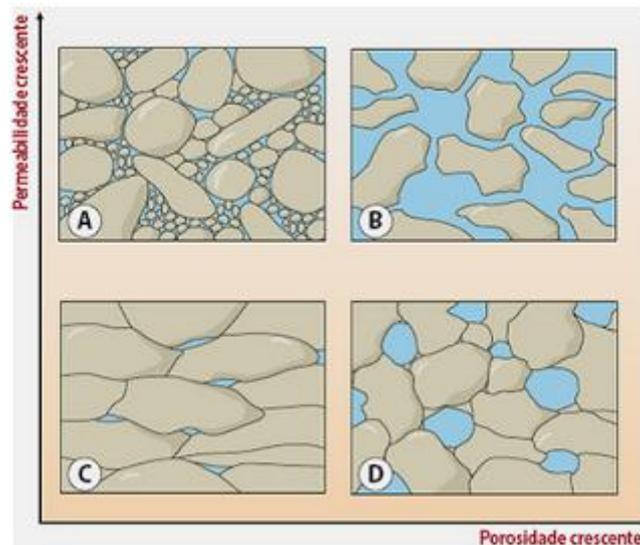


Figura 02 – Porosidade x Permeabilidade

FONTE: Estudos da propriedade do solo, 2011.

3.2.3 Profundidade do solo

Segundo Embrapa (2006) os solos quanto a espessura da camada arável podem ser classificados em: Solos rasos, com afloramento de rocha e profundos.

Os solos classificados como rasos, sua camada arável não alcança os 20 cm de profundidade, dificultando o crescimento das culturas e a condição para que as plantas explorem suas necessidades nutricionais e orgânicas. Eles têm a facilidade de encharcarem com facilidade (anorexia) ou secarem com rapidez (estresse hídrico). Os solos com afloramento de rocha são distribuídos com rochas grandes que dificultam o tráfego de máquinas e danificam as mesmas. Portanto, não devem ser usados com culturas anuais mecanizadas, como exemplo tem-se o Sul da Bahia. Já no caso dos solos profundos que têm uma camada arável que possui profundidade maior que 60 cm, garantindo o desenvolvimento das raízes e uma ótima condição para que as plantas explorem suas necessidades nutricionais e orgânicas e facilita as técnicas de preparo e de manejo do solo, além de aumentar a eficiência do uso da água de irrigação.

3.3 FUNDAMENTOS DA COMPACTAÇÃO

O termo compactação do solo refere-se ao processo que descreve o decréscimo de volume de solos não saturados quando uma determinada pressão externa é aplicada, a qual pode ser causada pelo tráfego de máquinas agrícolas, equipamentos de transporte ou animais (LIMA, 2004).

Não somente o sistema de utilização das máquinas no campo, mas também as características físicas do solo, o teor de água e a presença de resíduos culturais são fatores importantes ao entendimento do processo de compactação. As propriedades físicas e mecânicas dos solos tornam-os mais ou menos propensos à compactação, influenciando, desta forma, a trafegabilidade e desenvolvimento radicular (CARVALHO, DANIEL E LUCARELLI, 1995).

Para a Pedologia, a compactação do solo é definida como uma alteração no arranjo de suas partículas constituintes do solo (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

É um processo de adensamento ou compressão física do solo, resultando num aumento do peso por unidade de volume. De um modo geral aceita-se que é possível aumentar a resistência do solo mediante adensamento. Dois fatores importantes que afetam a compactação (Manual Caterpillar, 2009):

- Configuração do material
- Teor de umidade

3.3.1 Configuração do material:

Refere-se a distribuição dos diferentes tamanhos de partículas dentro de uma amostra do solo. Onde em termos de compactação um solo bem distribuído (distribuição uniforme de tamanho de partículas) se compactará mais facilmente que um solo mal distribuído (com partículas de um só tamanho) (Manual Caterpillar, 2009)(FIGURA 03).

CONFIGURAÇÃO DO MATERIAL

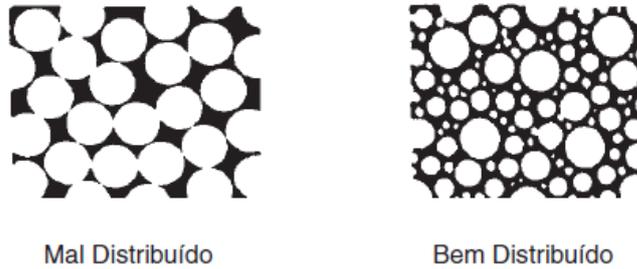


Figura 03 - Configuração do Material

FONTE: Manual Caterpillar, 2009.

3.3.2 Teor de umidade

A quantidade de água presente no solo é muito importante para compactação. A água umedece as partículas do solo, fazendo-as deslizar para posição mais densa. A água também estabelece ligações com partículas de argila, fornecendo qualidades de aderência aos materiais coesivos. Os especialistas em solo determinaram que em praticamente todo solo existe uma quantidade de água, chamada de teor ideal de umidade, com a qual é possível obter uma densidade máxima com um certo esforço de compactação. A curva (Curva de compactação) abaixo demonstra a relação entre a densidade do material seco e o teor de umidade (MANUAL CATERPILLAR,2009) (FIGURA 04).

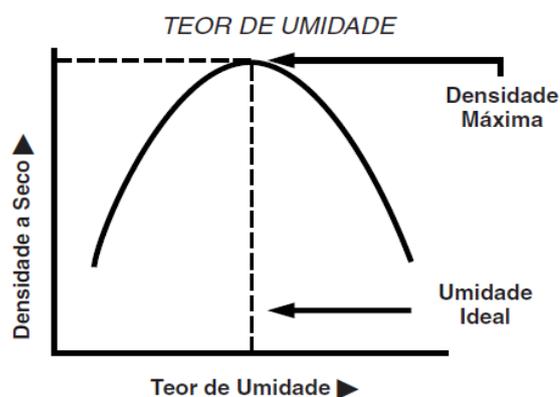


Figura 04 - Teor de Umidade

FONTE: Manual Caterpillar, 2009.

A tensão imposta ao solo está diretamente relacionada ao peso e potência do equipamento, sendo que nas últimas três décadas tem ocorrido um

acréscimo destes fatores devido à falta de critérios técnicos no dimensionamento e seleção de máquinas e implementos agrícolas.

3.4 CAUSAS DA COMPACTAÇÃO

As forças causadoras da compactação atuantes no solo podem ser classificadas em externas e internas. O tráfego de veículos, animais ou pessoas e o crescimento de raízes que aproximam as partículas do solo para sua passagem são responsáveis pelas forças externas. Os ciclos de umedecimento e secagem, congelamento e degelo e expansão e contração da massa do solo respondem pelas forças internas (CAMARGO & ALLEONI, 1997).

3.4.1 Tráfego de Máquinas

O tráfego de máquinas agrícolas é considerado a principal causa da compactação do solo, que foi intensificada pela modernização da agricultura brasileira, expresso pelo aumento do peso das máquinas e equipamentos e da intensidade de uso do solo (RICHART et al., 2005).

Essa compactação também é agravada pelo não revolvimento do solo, pressão inadequada de inflação dos pneus agrícolas e umidade inadequada quando na realização das práticas agrícolas, sendo potencializada quando essa se encontra acima do ponto de friabilidade (SECCO, 2004).

Os danos causados pelo tráfego de máquinas sempre recaem sobre o solo e conseqüentemente no desenvolvimento das árvores, verificando-se, na maioria dos casos, alterações das propriedades físicas do solo e até mesmo uma degradação no aspecto “qualidade visual” das áreas colhidas pelos diferentes sistemas mecanizados. (BURGER et al., 1988)

A extensão e a intensidade da compactação do solo vão depender da pressão exercida pelos pontos de apoio das máquinas e equipamentos (FIGURA 5), das suas cargas, do número de vezes que trafegam no terreno, da textura e da agregação do solo, causando rompimento de suas resistências naturais – que se encontram interligadas por forças de atração e repulsão – alterando o fluxo de água no solo, reduzindo a produtividade da floresta e aumentando os níveis de erosão, já que geralmente reduz a taxa de infiltração, aumentando o escoamento superficial,

uma vez que a velocidade da água no perfil do solo depende do tamanho dos poros (SEIXAS, 2000).

Diferentes sistemas de manejo podem gerar diferentes níveis de compactação em função da classe de solo e da época da realização das operações mecanizadas. Portanto, a realização de estudos que visem quantificar a capacidade de suporte de carga das diferentes classes de solos, a fim de nortear o planejamento das operações mecanizadas nas empresas, pode ser de grande interesse, para evitar que a compactação do solo ocorra (REVISTA DA MADEIRA, 2004).



Figura 05- Diferentes níveis de compactação. A – Tratores de Esteira. B – Trator de Pneu.

FONTE: Cunha et al. (2010).

Entender a relação entre a tensão imposta por pneumáticos e deformação sofrida pelo solo é de extrema importância quando se deseja minimizar a degradação física do mesmo. Há a necessidade de manejar o solo visando a melhoria das condições físicas, por outro lado, quando o solo está bem estruturado, este se torna mais suscetível à deformação. O novo desafio é fazer com que a pressão dos pneumáticos seja adaptada de forma a não comprometer a estabilidade estrutural, ou seja, a tensão imposta deve ser adequada a resistência à deformação do solo (SECCO , 2003).

O grau de compactação do solo depende do tipo de pneu, suas dimensões, velocidade de operação, número de vezes que trafega sobre o mesmo local e carga suportada. Pesquisas indicam que o acúmulo de palha na superfície do solo tem capacidade de absorver parte da energia transmitida pelas máquinas agrícolas. Além disso, a área de contato pneu-solo é uma maneira fácil de se reduzir

o efeito da compactação do solo, aumentando-se a largura dos pneus utilizados nas máquinas (ZERBINATI, 2010).

3.4.1.1 Pressão de rodas e esteiras

A distribuição da pressão na massa do solo é determinada muito mais pela configuração das pressões na superfície do que pelas suas características físicas. Considera-se que o pneu exerce mais pressão no solo do que as esteiras (CAMARGO e ALLEONI, 2006).

- **Pneus**

A interação pneu-solo continua a ser o principal foco de estudo de pesquisadores preocupados em aumentar consideravelmente o desempenho de pneus agrícolas em diferentes condições de solo. Sabe-se que o rendimento e a eficiência de um trator, consumo improdutivo de combustível e a compactação do solo pela passagem do trator no solo agrícola dependem desta interação (LYASKO, 1994). A pressão média que o pneu exerce sobre a superfície é aproximadamente igual à pressão interna dos pneus. É importante destacar que à medida que a agricultura foi evoluindo, as máquinas foram ficando cada vez maiores e mais pesadas, e houve diversas tentativas para se aumentara largura dos pneus, a fim de manter constante a pressão sobre a superfície do solo. Entretanto, quando se trata de grandes máquinas, a carga aplicada por eixo parece sobrepujar a influência da pressão do pneu na compactação, principalmente na camada superficial, de 20 a 50 cm (TAYLOR & BURT, 1987). Hakansson & Danfort (1981) consideram que cargas superiores a 6 toneladas por eixo podem causar séria compactação abaixo de 40 cm.

- **Esteiras**

O trator de esteira, costuma-se calcular a pressão na superfície do solo, dividindo-se o peso da carga (ou peso total da máquina) pelo produto da largura da esteira pela distância entre os eixos. Existe, na prática, uma diferença na pressão vertical ao longo da esteira, tornando-a desuniforme, registrando-se pressões maiores um pouco atrás do centro da distância entre os eixos, as quais

podem atingir valores duas a três vezes superiores à pressão média (CAMARGO e ALLEONI, 2006).

Hoje estão sendo fabricadas o material rodante da esteira de borracha com aço embutido totalmente suspenso que proporciona um transcurso suave, maior retenção de carga e maior produtividade, garantindo baixa pressão no solo.

3.4.2 Pisoteio de animais

A compactação pelo pisoteio animal, agravada pela remoção da vegetação pelo pastejo, pode diminuir a taxa de infiltração, aumentar a erosão e reduzir o crescimento radicular das plantas (MARCHÃO et al., 2009).

É importante ressaltar que essa compactação depende, principalmente, da classe de solo, do seu teor de umidade, da taxa de lotação do animal, da massa de forragem e da espécie forrageira utilizada no sistema (MARCHÃO et al., 2007).

Considerando o fato de os animais não permanecerem estáticos na área, é comum observar em sistemas de pastejo pontos mais compactado (correspondentes às marcas dos cascos) distribuídos desuniformemente no solo. No entanto, com o passar do tempo, a tendência é a área ficar praticamente toda compactada (LIMA et al., 2004).

3.4.3 Impacto da gota da chuva

A gota de chuva é considerada uma fonte natural de compactação, pois quando cai sobre o solo descoberto, poderão compactá-lo e desagregá-lo aos poucos (FERREIRA et al., 2005).

O impacto da queda das gotas de chuva desagrega o solo em partículas muito pequenas, que bloqueiam os poros e criam uma superfície selada que impede a infiltração rápida de água (Figura 6) (DERPSCH, 2009).

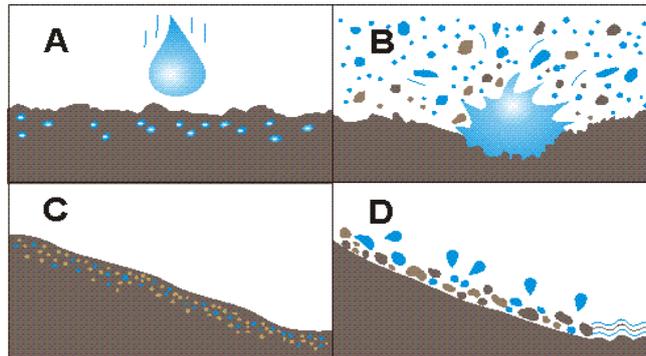


Figura 06- Fases do processo de compactação. O impacto da gota de chuva sobre o solo desnudo (A) causa a fragmentação e formação de pequenas partículas (B) que bloqueia os poros e formam uma superfície selada (C). A água que escorre carrega partículas de solo que são depositadas nas partes baixas onde a velocidade da água é reduzida (D)
 FONTE: Derpsch et al. 1991.

Embora o selamento superficial seja uma camada compactada de pequena espessura, ocasiona mudanças na taxa de infiltração de água no solo e, também, funciona como impedimento a emergência das plantas (FERREIRA et al., 2005).

3.5 EFEITOS DA COMPACTAÇÃO DO SOLO

O solo é um recurso finito, limitado e não renovável, face às suas taxas de degradação potencialmente rápidas, que têm vindo a aumentar nas últimas décadas pela pressão crescente das atividades humanas, a formação de uma camada de solo de 30 cm leva 1000 a 10000 anos a estar completa (SILVA, 2010).

A compactação do solo pode ter efeitos benéficos ou adversos. Os efeitos benéficos têm sido atribuídos à melhoria do contato solo-semente e ao aumento da disponibilidade de água em anos secos (FERREIRA et al., 2005).

Na camada compactada, as características físicas do solo são modificadas em relação ao solo natural. Durante o processo de compactação, após uma pressão no solo exercida pelas rodas dos tratores e por máquinas agrícolas, ocorre a quebra de agregados, a compressão da matriz argilosa e a redução do volume total, com o colapso dos macroporos. Decorre desse processo o aumento da densidade do solo, ocorrendo simultaneamente a redução da porosidade, especialmente dos poros grandes, com a diminuição da troca gasosa (oxigênio e

CO₂); a limitação do movimento de nutrientes; a diminuição da taxa de infiltração de água no solo e o aumento da erosão (VIANA et al, 2009).

Num determinado tempo e local, esses fatores podem tornar restrito o desenvolvimento das plantas, o que vai depender do tipo de solo, da condição climática, da espécie e do estágio de desenvolvimento da planta (CAMARGO E ALLEONI, 2006)(FIGURA 07).



Figura 07- Representação esquemática das relações entre o conteúdo de água e outros atributos do solo que afetam diretamente o crescimento das plantas.
 FONTE: Sá; Júnior, 2005

3.5.1 Resistência à penetração da água

A resistência à penetração é um dos atributos físicos do solo, que influencia o crescimento de raízes e serve como base à avaliação dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular (TORMENA e ROLOFF, 1996).

Apesar de muitos estudos terem sido feitos, não se tem uma quantificação, universalmente aceita, da influência de uma determinada variação no teor de água sobre a resistência à penetração para diferentes solos, ou seja, se esta resistência varia linearmente, ou não, em função de iguais acréscimos no teor de água (MAGALHÃES et al., 2002).

3.5.2 Influência da temperatura do solo

O fluxo de calor é relacionado à compactação do solo, uma vez que a condutividade térmica de um meio poroso depende da distribuição e da condutividade das fases sólidas, líquida e gasosa. A umidade de solo influi mais do que sua densidade na condutividade térmica. Entretanto, para um mesmo

conteúdo de água, a condutividade térmica do solo com densidade alta é maior do que um com densidade baixa (CAMARGO e ALLEONI, 2006).

Segundo Schöffel (2013) a temperatura do solo influi em vários processos que ocorrem no mesmo como mostra a figura 8 (SCHOLFEL, 2013):

- germinação de sementes (reações bioquímicas);
- crescimento do sistema radicular (divisão celular);
- absorção de água e nutrientes (viscosidade da solução);
- decomposição da matéria orgânica.

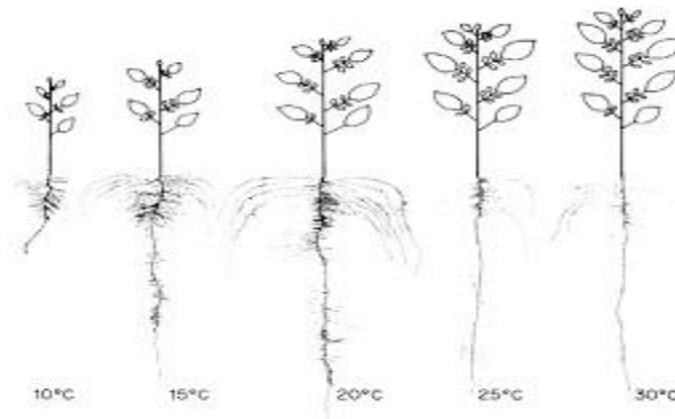


Figura 08- Efeito do grau de temperatura no desenvolvimento das plantas.
 FONTE: Caurtesy e Sattelmacher,(2013)

3.5.3 Influência na aeração

O processo de aeração é um dos mais importantes fatores determinantes da produtividade do solo (HILLEL, 1982). Uma respiração adequada de raízes requer que o solo seja arejado, isto é, que atreça de gases entre o ar do solo e a atmosfera ocorra numa taxa que evite a deficiência de O₂ e o excesso de CO₂ na rizosfera (CORRÊA et al., 2007)

Esses importantes processos de troca, por outro lado, ocorrem no mesmo sistema poroso que também deve assegurar um adequado suprimento de água, nutrientes e calor para todos os processos fisiológicos. O ar do solo pode variar em composição e concentração, tanto no tempo quanto no espaço, dependendo da presença de matéria orgânica, das atividades microbianas, da concentração de raízes, da aeração do solo e das reações químicas. Mesmo em solo bem aerado, a

fase gasosa apresenta uma maior concentração de CO₂ e umidade relativa do que o ar atmosférico. Na ausência de aeração, a redução química toma lugar produzindo gases como o metano, gás sulfídrico, óxidos nitrosos e outros. Desprezando os gases traços, pode-se dizer que a fração volumétrica de N₂ é cerca de 80% (a mesma da atmosfera) e que as do CO₂ e O₂ perfazem cerca de 20% (PREVEDELLO, 1996).

3.6 EFEITO DA PREPARAÇÃO E TIPO DE SOLO

O preparo do solo é uma prática que atua diretamente sobre a sua estrutura que, por sua vez, interage com ou afeta uma série de características do perfil, modificando as variáveis a ela ligadas (SILVEIRA e STONE, 1999).

O processo de compactação é intensificado pela redução dos agentes de estrutura (matéria orgânica, redução da atividade de alguns microorganismos, exudados de plantas e outros). Esses conceitos conduzem à indicações de que os latossolos roxos e as terras roxas apresentam características, que os tornam mais susceptíveis à compactação, devido aos elevados teores de argila. Essa condição é agravada quando os solos são preparados com número excessivo de operações de implementos e condições inadequadas de umidade. Essa prática, além de reduzir drasticamente a matéria orgânica, dificulta sua recuperação, mesmo com a incorporação de restos de culturas ao solo (MIGLIAVACCA, 2011).

3.6.1 Qualidade física do solo

A qualidade física do solo refere-se a sua funcionalidade dentro dos ecossistemas naturais ou manejados. O uso intensivo do mesmo faz com que haja a perda das suas qualidades fazendo com que seja necessário a recuperação das mesmas, conforme mostra a figura 9 (AGUIAR, 2008).

A qualidade física do solo descreve como o solo permite a infiltração, retenção e disponibilidade de água às plantas, córregos e subsuperfície, responde ao manejo e resiste a degradação, permite as trocas de calor e de gases com a atmosfera e raízes das plantas, e permite o crescimento das raízes (AGUIAR, 2008).

O estabelecimento de relações entre atributos físicos do solo e o desenvolvimento e produção de plantas tem sido buscado por muitos anos, sendo encontrados para muitos casos, porém muitas vezes não se repetindo em condições similares. Valores ótimos relativos à qualidade física do solo para melhorar a produtividade dos cultivos e manter ou melhorar as condições ambientais ainda são largamente desconhecidos (BULHÕES, 2013).

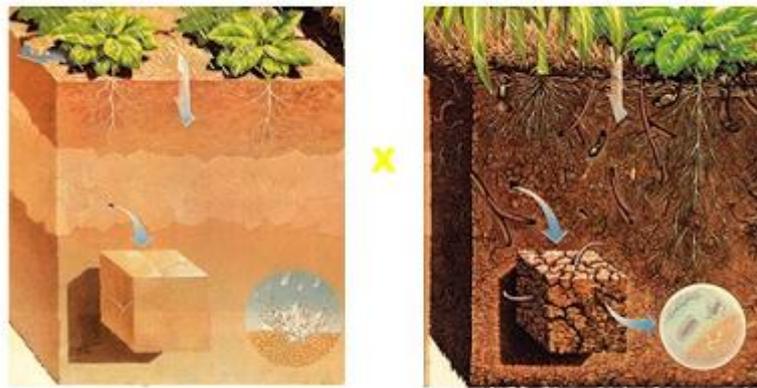


Figura 09 - Solo degradado x Solo orgânico
Fonte: Ferreira, 2013.

3.6.2 Grau de Compactação do solo

O grau de compactação ou compactação relativa pode ser um parâmetro útil e de fácil medição para indicar mudanças nos parâmetros físicos como macroporosidade (figura 10), condutividade hidráulica, permeabilidade ao ar e resistência à penetração do solo (LIMA et al, 2007). Esse autor verificou relação próxima da compactação relativa com a macroporosidade do solo e rendimento relativo de culturas. Observaram correlação entre o grau de compactação e resistência à penetração e porosidade de aeração do solo (LIPIEC et al., 1991 apud LIMA et al, 2007).

O estudo do grau de compactação ainda é incipiente no Brasil, especialmente em solos sob plantio direto. A relação do grau de compactação com as propriedades físicas do solo e culturas ainda deve ser testada para que sejam

definidos os valores críticos de grau de compactação encontrado no desenvolvimento das plantas (LIMA, 2007).

A densidade referência seria um valor limite ou um valor máximo de densidade que o solo seria capaz de atingir em condições de umidade e de aplicação de tensão padronizadas. Vários trabalhos têm apresentado a aplicabilidade desse parâmetro nos estudos de resposta das culturas à compactação e qualidade do solo (REINERT, 2006). Os valores ótimos do grau de compactação sugeridos pela literatura se situam em torno de 85 a 87%, próximos ao apresentado na figura abaixo.

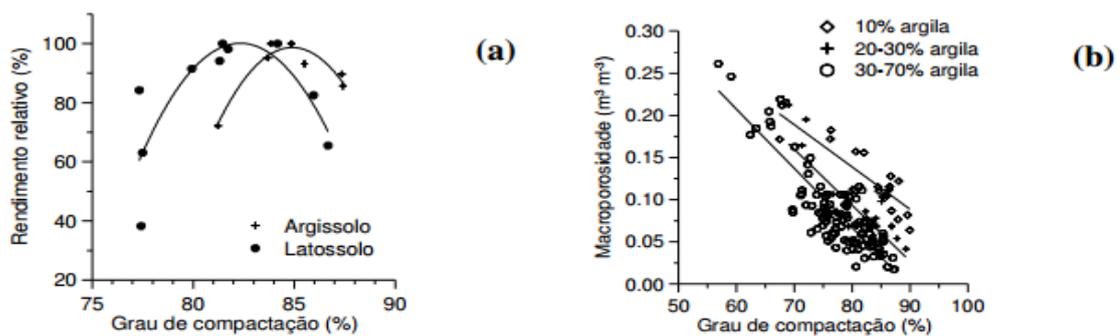


Figura 10- Relação entre grau de compactação e rendimento relativo (a) e macroporosidade (b) para diferentes teores de argila.

FONTE: Suzuki, 2005.

O que restringe a utilização do grau de compactação como indicador de qualidade do solo é a dificuldade em se obter a densidade referência, já que a densidade atual do solo é relativamente simples de se obter. A partir de trabalhos que estimem a densidade referência para os diferentes solos, alimentando um banco de dados, funções de pedotransferência poderiam ser obtidas, facilitando a utilização do grau de compactação como um indicador de qualidade (REINERT et al., 2006).

3.6.3 Tipos de equipamentos (máquinas) mais utilizados na agricultura

A movimentação de veículos e máquinas agrícolas, geralmente bastante pesados, e o preparo intensivo do solo, têm contribuído para a formação de camadas compactadas (FERREIRA, 1993; CAMARGO & ALLEONI, 1997; TORRES et al. 1998; CASTRO NETO et al. 1999 apud NAGAOKA, 2003). Essas camadas, além de provocarem erosão superficial do solo, refletem na produtividade agrícola devendo, portanto, haver uma importante relação entre solo/máquina/planta. Ao pesquisador cabe a função de investigar os efeitos causados pelo uso da máquina, comparar e recomendar o uso correto para que os equipamentos tenham o máximo rendimento com mínimo prejuízo. O tráfego controlado das máquinas é uma das alternativas encontradas para minimizar a compactação do solo, que ocorre devido a pressão exercida pelos pneus. O controle de tráfego é um dos componentes do sistema de manejo sustentado de produção, onde as linhas de tráfego (rede de tráfego) são separadas, e as lavouras apresentam as áreas plantadas e as faixas de caminhos definidas e destinados ao tráfego de rodas (PLANTIO DIRETO, 2009).

Na Figura 11 são mostrados os rastros de rodas de diferentes equipamentos usados no preparo convencional, comparados com os caminhos percorridos com o tráfego controlado em lavoura sob plantio direto. Essa comparação é feita num sistema de 3 m entre rodas. A colhedora, o pulverizador e a semeadora devem ter faixa de cobertura com múltiplos de 3m.

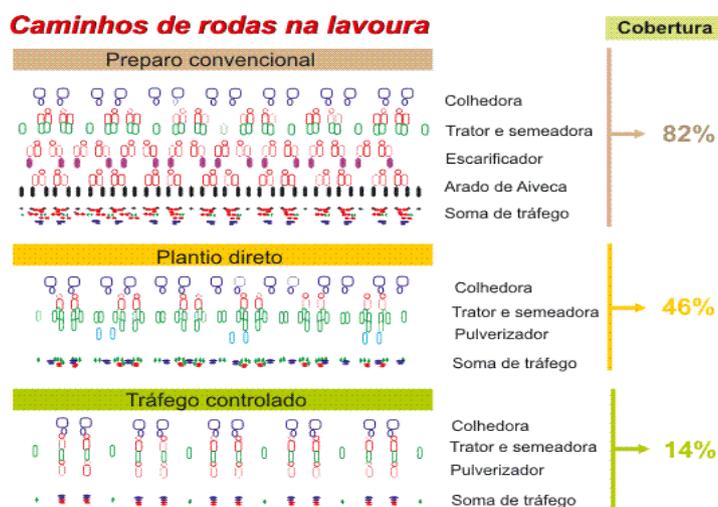


Figura 11 - Comparação de rastros de rodas em preparo convencional e sob tráfego controlado em área de plantio direto

FONTE: Revista Plantio Direto. edição 110. marco/abril de 2009.

3.6.3.1 Trator e colhedora de pneu

Os pneus usualmente utilizados nos tratores e colhedoras comercializadas no Brasil possuem a parte lateral do pneu (carcaça) rígida, sendo chamados de pneus de banda diagonal. Essa rigidez irá impedir que o pneu se molde no solo de acordo com as irregularidades do terreno, e, por isso, a sua área de contato fica reduzida, aumentando a pressão na superfície do solo. FLOWERS & LAL (1998) relatam que a principal causa da compactação em solos agrícolas é o tráfego de máquinas em operações de preparo do solo, semeadura, tratos culturais e colheita. HORN et al. (1995) acrescentam que não somente a pressão estática (tensão normal) causa compactação, mas também forças dinâmicas causadas pela vibração do trator arrastando implementos e pelo patinamento (REICHERT, REINERT, MIGUEL e SILVA, 2000).

3.6.3.2 Trator e colhedora de esteira

As esteiras irão apresentar melhor aderência e distribuição de peso, o que irá proporcionar uma menor pressão no solo. É bastante utilizada em obras civis e bastante utilizadas na agricultura devido seu baixo nível de influência à compactação do solo.

4 METODOLOGIA

4.1 TIPO DE ESTUDO

O estudo foi baseado em uma pesquisa bibliográfica que incluiu artigos científicos, artigos de revisão e editoriais que mostraram as diversas causas e consequências que o processo de compactação do solo traz à produção agrícola e suas prevenções.

A revisão literária enquanto pesquisa bibliográfica tem por função justificar os objetivos e contribuir para própria pesquisa (GROCHOLSKI, 2010).

Na pesquisa bibliográfica primeiramente é necessário ter um tema de foco e em seguida traçar os objetivos do trabalho para que possa dar sequencia no mesmo estabelecendo um plano de trabalho a ser seguido, obtendo uma construção lógica do trabalho.

1° Etapa - Fontes

- Artigos científicos sobre a temática foram acessados na base de dados Scielo, Embrapa , revistas publicadas online, Manual caterpillar e monografias, publicadas no período de 1983 à 2013 do qual foram retiradas conceitos de compactação, causas, influência e medidas de prevenção da mesma.

Para seleção das fontes foi utilizado como critério de inclusão bibliografias que abordassem estruturas do solo, processos de compactação por maquinário, grau de compactação, medidas de prevenção da compactação

2° Etapa - Análise de dados coletados

A análise do dados coletados buscaram estabelecer uma compreensão das ideias para ampliaram o conhecimento sobre o tema abordado, construindo assim o referencial teórico.

3° Etapa – Discussão dos resultados

Os resultados obtidos através da análise dos dados demonstraram as implicações do transporte de maquinário na dinâmica do solo, consequências e sugestões de manejo do solo que irão reduzir a compactação do mesmo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho pretende apresentar sugestões que visem a redução do grau de compactação do solo que possam diminuir as alterações das propriedades físicas e com isso favorecer o desenvolvimento radicular das plantas, discutindo sobre as implicações do transporte de maquinário pesado sobre a dinâmica do solo, bem como, proposições de manejo de solos visando a redução do grau de compactação.

Com o frequente crescimento populacional, houve um aumento na demanda de alimentos, que exigiu que os agricultores suprissem esta demanda para atender as necessidades da população. Com isso as tecnologias (auxílio do maquinário na produção) entraram na agricultura acelerando seu processo, mais consequentemente implicou nas alterações físicas dos solos, os deixando cada vez mais infertéis devido a falta de planejamento na utilização do maquinário e aumentando o grau de compactação que impacta no desenvolvimento das plantas.

5.1 IDENTIFICAÇÃO DA CAMADA COMPACTADA

A identificação da camada compactada pode ser feita no campo, por meio de observações práticas, ou utilizando-se métodos apropriados, como a determinação da densidade do solo, que é o método de maior precisão e largamente utilizado, uma vez que busca avaliar a proporção do espaço poroso em relação ao volume de solo. Apesar de muitas limitações, a resistência à penetração é freqüentemente usada para indicação comparativa de graus de compactação, por causa da facilidade e rapidez para se realizar um grande numero de medidas.

Entretanto, quando forem feitas comparações dessas determinações, a textura e o teor de umidade deverão ser os mesmos, pois essas medidas são afetadas por esses atributos do solo. A presença da compactação pode ser notada também através de observações dos sintomas visuais que provoca em plantas e no solo (VIANA et al., 2009).

5.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DE SOLOS FLORESTAIS COMPACTADOS

As propriedades físicas do solo, que passam por inúmeras mudanças provocadas pela compactação, indicam a sensibilidade do solo aos impactos de técnicas de manejo e fornecem informação sobre a capacidade em manter determinada função, como reter e disponibilizar água e nutrientes as plantas (SILVA et al , 2006).

5.2.1 Densidade, porosidade e resistência do solo

A densidade e porosidade do solo, apesar de não serem as propriedades que recebem maior impacto com a modificação da estrutura do solo, têm sido largamente usadas pela facilidade de determinação e de receber pequena influência do teor de água no momento da coleta de amostra de solo. Outra propriedade físico-mecânica do solo, alterada pelo sistema de manejo, é a sua resistência mecânica à penetração medida por penetrômetros (REINERT et al., 2006).

Com a elevação da densidade do solo o desenvolvimento da planta é prejudicado, pois ocasiona a resistência mecânica à penetração das raízes, altera o movimento da água e nutrientes e a difusão do oxigênio e outros gases, levando ao acúmulo de CO₂ e de fitotoxinas, necessitando de implementos agrícolas compoder de maior corte para liberação do CO₂.

A figura 12 mostra o indicador de qualidade do solo.

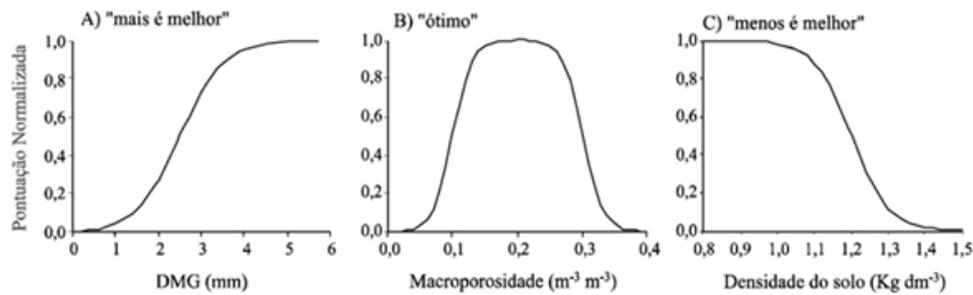


Figura 12- Funções de pontuação conforme a natureza do indicador de qualidade do solo.
 Fonte: Revista Ciência Agrônômica vol.43 no.3 Fortaleza July/Sept. 2012

5.3 IMPLICAÇÕES DO TRANSPORTE DE MAQUINÁRIO PESADO SOBRE A DINÂMICA DO SOLO

A Dinâmica do Solo pode ser definida como a relação entre forças que são aplicadas e a reação do solo, essa reação é associada às tensões no solo e sua distribuição. Este impacto reduz a capacidade de percolação da água e, conseqüentemente, causa a redução do abastecimento do lençol freático. Por outro lado, a compactação minimizar os processos de contaminação das águas por eventuais derramamentos de poluentes O impacto de compactação do solo é considerado de grande magnitude, desenvolvido localmente, em curto prazo, permanente e reversível (IBAMA, 2014).

5.3.1 Processos erosivos

A ação de fatores climáticos, como a chuva e o vento faz com que o solo perca seus nutrientes através da erosão, tal processo ocorre por um manejo inadequado além do soloestar exposto sem cobertura vegetal.

A erosão pode aumentar com o uso excessivo de equipamentos de preparo do solo, sendo que esse incremento será maior se o solo permanecer descoberto no período de maior intensidade de chuva (BENATTI JÚNIOR et al.,1983).

Camadas compactadas tendem a aumentar a erosão, pois dificultam a infiltração da água da chuva, saturando rapidamente o solo, e com isso aumentando o escoamento superficial da água que arrasta consigo as partículas do solo (FILHO, 2000) (FIGURA 13).



Figura 13- Processo de erosão do solo
 Fonte: Dian, 2011

Para que não ocorra a erosão e a infertilidade do solo é necessária adotar alguns cuidados, como: em áreas que apresentam declives, as plantações devem ser feitas em forma de curvas de nível e terraceamento que devem ser usados para a formação de pastagens e reflorestamento, as plantações que necessitam de aração anualmente devem ser cultivadas em áreas planas, durante a capinação, a planta deve ser roçada e jamais arrancada do solo, que deverá ficar coberto por uma vegetação morta, que servirá de proteção ao solo, à rotação de cultura é um importante processo que previne a erosão, as máquinas agrícolas devem ser utilizadas de maneira consciente, sem exageros, pois quando usadas de maneira inadequada facilitam o processo erosivo e cultivar gramas nos taludes das estradas também ajuda a evitar a erosão.

5.3.2 Poluição do solo

Com o grande tráfego do maquinário o solo estará sujeito a sofrer impactos negativos da poluição do solo através de contaminações por óleos, graxas e combustíveis.

Esse impacto deverá ocorrer apenas no caso de quebra e danos dos equipamentos e eventuais acidentes. A poluição do solo também poderá ocorrer

pela disposição inadequada de resíduos ou em função de acidentes no transporte destes. Essas alterações na composição química são de risco pequeno, amplitude local, curto prazo de efeito, permanente e parcialmente reversível (IBAMA, 20013).

5.4 CONSEQUÊNCIAS DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NO SISTEMA PRODUTIVO

Os estudos de compactação iniciaram-se nos anos 50 e fez uma análise de cinco eventos históricos nesta área a partir de 1960, os quais tiveram os seguintes pontos discutidos em comum: (i) compactação é um fenômeno complexo, e as soluções relacionadas aos problemas desse tipo não são fáceis de serem encontradas; (ii) compactação deve ser gerenciada, não apenas modificada e (iii) os efeitos da compactação nos diversos sistemas produtivos devem ser organizados e incluídos no manejo das culturas, o desenvolvimento de conhecimentos básicos da compactação é necessário para se gerenciar os sistemas. Este processo acontece no preparo do solo quando o número de operações de implementos é excessivo e em condições inadequadas de umidade. Com a pressão exercida sobre o mesmo, diminui a aeração e aumenta a densidade, impedindo a infiltração da água no solo essencial às plantas, desproporcionando as condições ideais para um crescimento radicular profundo, como mostra a figura 14 (JÚNIOR , 1998).



Figura 14- Sistema radicular da soja em solo compactado na região norte do Paraná
Fonte: Embrapa Soja, 2009

Além de afetar negativamente o desenvolvimento radicular da planta, a compactação ao reduzir a capacidade de infiltração de água no solo, perde grande volume de água por escoamento superficial. Estudos realizados em solo compactado, mostram que as perdas de água por escoamento superficial podem chegar a 70%, considerando uma chuva de 64 mm/h. Isso significa que, dos 64 mm de chuva, 45 mm podem ser perdidos por escoamento superficial em um solo fisicamente degradado. Esse valor corresponde a quantidade de água consumida por uma lavoura de soja em florescimento pleno durante um período aproximado de uma semana (FRANCHINI et al, 2009).

5.5 SUGESTÕES DE MANEJO DE SOLOS PARA REDUÇÃO DE COMPACTAÇÃO

Evitar a compactação em um sistema de produção intensivo no qual as máquinas agrícolas estão cada vez maiores e mais potentes é difícil, mas algumas medidas podem auxiliar na prevenção da compactação adicional do solo. Cada solo apresenta um comportamento em relação ao tráfego de máquinas ou pisoteio animal. Portanto, considerando a grande diversidade de solos, heterogeneidade das áreas e diferentes manejos adotados pelos produtores, cada caso deve ser analisado individualmente para a tomada de decisões em relação à compactação do solo.

Os fatores de solo que afetam a sua resistência à penetração são não somente a umidade e a densidade, mas também a estrutura e propriedades mecânicas, como a compressibilidade e resistência ao cisalhamento do solo. Em relação à estrutura temos solos arenosos, argilosos e siltoso (ABREU, 2004).

Os arenosos são solos mais leves para o preparo, com menor capacidade de retenção de água; são bem drenados; e possuem elevada suscetibilidade à erosão. Os argilosos são solos mais pesados para o preparo e tem elevada retenção de água e menor suscetibilidade à erosão, já o siltoso tem elevada suscetibilidade à formação de encrostamento superficial, ocorrendo a diminuição da infiltração e dificuldade de emergência de plântulas. Exemplo: Latossolo do Cerrado.

O quadro 1 destaca as características e os métodos de tratamento para cada tipo de solo.

QUADRO 1 – Tipos de solo mais comuns

Fonte: Roma, 2003

Tipo de solo	Características	Métodos de melhoramento
Arenoso	<ul style="list-style-type: none"> · Estrutura pobre · Fertilidade pobre · Não retém a água 	<ul style="list-style-type: none"> · Juntar regularmente matérias orgânicas e fertilizantes · Utilizar adubo verde · Juntar solo das térmitas · Praticar o mínimo de lavoura
Limoso (Lamacento)	<ul style="list-style-type: none"> · Estrutura pobre 	<ul style="list-style-type: none"> · Juntar matéria orgânica grosseiras
Argiloso	<ul style="list-style-type: none"> · Endurece secando · Retém demasiada água 	<ul style="list-style-type: none"> · Juntar matérias orgânicas, composto e gesso*
Subsolo ácido	<ul style="list-style-type: none"> · A camada de subsolo é tóxica para algumas plantas 	<ul style="list-style-type: none"> · Cultivar plantas com raízes pouco profundas (legumes) · Aplicar calcário em pó (depois dos resultados da análise do solo) e estrume
Areno-limoso	<ul style="list-style-type: none"> · Mistura de areia, sedimento e argila 	<ul style="list-style-type: none"> · Manter a fertilidade do solo, aplicando periodicamente fertilizante e composto

5.5.1 Medidas preventivas para evitar a compactação

Evitar a compactação em um sistema de produção intensivo no qual as máquinas agrícolas estão cada vez maiores e mais potentes é difícil, mas algumas medidas podem auxiliar na prevenção da compactação adicional do solo.

A mecanização das práticas florestais é uma medida de caráter irrevogável, visto a necessidade de incremento de produção e ampliação da área florestal em nosso País. Contudo, a implantação de sistemas mecanizados deve vir acompanhada de técnicas que possibilitem a menor alteração possível nas características físicas dos solos, permitindo a contínua utilização produtiva dessas áreas e evitando o seu abandono, transformadas em terras degradadas e impróprias para qualquer tipo de cultura (SEIXAS, 1988).

O comportamento compressivo de diferentes solos (teor de argila variando entre, aproximadamente, 97 e 657 g kg⁻¹) mostrou que solo mais argiloso, apresentam maior capacidade de retenção de água, mostrou necessidade de maiores cuidados com o tráfego de máquinas, pois apresenta maior susceptibilidade

à compactação adicional, quando cargas superiores às que o solo já sofreu são aplicadas (REINERT, REICHERT e SUZUK 2007).

O plantio direto é a prática mais correta de manejo e conservação do solo. No entanto, na impossibilidade de adoção do plantio direto, e em se fazendo o sistema convencional de preparo do solo, é necessário que cada operação seja planejada conscientemente com os objetivos definidos e com implementos adequados à sua realização (SOUZA et al., 2004).

5.5.1.1. Alternância do uso de implementos

A alternância dos maquinários é uma sugestão para minimizar a compactação, deve-se selecionar máquinas com baixo risco de potencial de causar a compactação e utilizar técnicas, como distribuir resíduos nas entrelinhas de tráfego das máquinas que irão formar um colchão (palha) e minimizar o atrito com o solo e conseqüentemente a desestruturação do mesmo absorvendo o impacto (FIGURA 15).



Figura 15- Plantio Direto (utilização de palha para proteção do solo)

Fonte: Embrapa soja, 2012

Além de proteger o impacto pode conservar a umidade do solo reduzindo perdas por evaporação, “abafa” as invasoras impedindo ou dificultando seu desenvolvimento, recicla os nutrientes, onde a mineralização dos resíduos fornece

contínuas doses de nutrientes ao solo e às culturas e aumenta o teor de matéria orgânica do solo.

Em relação à pneus de tratores florestais, estes devem possuir uma carcaça flexível, baixa pressão de inflação, diâmetro largo e uma pequena largura de seção. Logicamente, todos esses itens dificilmente serão satisfeitos ao mesmo tempo, mas a otimização de um desses fatores irá minimizar a compactação (SEIXAS, 1988).

5.5.1.2 Controle de tráfego de máquinas

O controle de tráfego surge como uma alternativa para o cultivo, pois minimiza os efeitos adversos da mecanização agrícola, separa as zonas de tráfego daquelas em que há crescimento das plantas e concentra a passagem de pneus em linhas delimitadas, facilitando o desenvolvimento das plantas e aumentando a produtividade (SOUZA et al, 2010).

5.5.1.3 Rotação de culturas

Espécies produtoras de grande quantidade de palha e raiz, além de favorecer o sistema de semeadura direta, a reciclagem de nutrientes e estabelecer o aumento da proteção do solo contra a ação dos agentes climáticos, promove a melhoria do solo nos seus atributos físicos e biológicos. A diversificação da cobertura vegetal constitui-se em processo auxiliar no controle de plantas daninhas, principalmente nos primeiros anos de implantação da semeadura direta (SOUZA et al., 2004).

A rotação de culturas (FIGURA 16) consiste em alternar periodicamente espécies vegetais num mesmo local e segue os seguintes princípios:

As plantas devem possuir diferentes habilidades de absorver os nutrientes do solo ou suas raízes alcançarem diferentes profundidades, cultivar plantas suscetíveis e resistentes à determinada praga ou doença, cultivar espécies alternadas, as quais considere o efeito positivo e negativo de um cultivo sobre o

seguinte, alternar com espécies que provoquem o esgotamento do solo com outra que promova a recuperação da fertilidade do mesmo, alternar com espécies que tenham diferentes necessidades de mão-de-obra, máquinas e implementos, água, etc., em épocas diferentes (DERPSCH, 1998).



Figura 16- Rotação de Culturas
Fonte: Manejo e Conservação do solo (2014)

5.6 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS COMPACTADAS

A recuperação de solos fisicamente degradados pelo cultivo pode ser obtida através de práticas culturais e mecânicas. As práticas culturais consistem no emprego de plantas, que possuem o sistema radicular com capacidade de recuperação da estrutura e penetração em camadas compactadas do solo, em sistema de rotação de culturas, com o aproveitamento dos Testos culturais e adubação orgânica. Entre as práticas mecânicas encontram-se a lavra, escarificação, gradagem, plantio direto, tratos culturais e, em casos especiais, a subsolagem (SEIXAS, 1988).

O preparo inicial do solo tem por objetivo básico fornecer condições ótimas para a germinação, a emergência e o estabelecimento das plântulas, a redução da população inicial de plantas invasoras, o aumento da infiltração de água, reduzindo as perdas de água e sedimentos por erosão a um mínimo tolerável. Sendo realizado em duas etapas, o preparo primário e o secundário (ALVARENGA, CRUZ e VIANA, 2009).

Com o propósito de minimizar o impacto negativo do preparo do solo, deve-se proceder ao planejamento integrado das atividades, visando a sustentabilidade da atividade por meio da adequação de equipamentos e do calendário de trabalho, evitando-se, por exemplo, as operações em períodos com maior potencial de compactação do solo (períodos de alto índice de umidade).

6 CONCLUSÃO

O processo de compactação do solo ocorre por vários motivos, onde temos como destaque a mecanização agrícola, devido ao trânsito das máquinas no plantio.

Com a necessidade de aumentar a produção (o plantio), têm-se utilizado máquinas cada vez maiores e mais potentes, sem levar em consideração o tipo dos solos e um melhor planejamento, agravando assim a desestruturação do solo. O processo de compactação depende da intensidade do tráfego das máquinas, do tipo de máquina, de pneu ou de esteiras, a qual foi observado que a de esteira possui um menor contato com o solo, o que vai minimizar a alteração física do mesmo, seu alto índice de densidade e evitar a resistência à penetração das raízes, prevenindo a redução da macroporosidade com consequente redução da condutividade e do acúmulo de água, sem comprometer desta forma a infiltração de água e a penetração das raízes no perfil do solo.

Nota-se que o processo de compactação é um processo bastante severo ao solo. Um solo compactado seus efeitos são detectados durante um longo tempo, onde torna-se mais difícil de reverter a situação (correção). Portanto antes de iniciar o processo de plantio têm-se como realizar um estudo do solo os efeitos e as condições limite de umidade e pressão sobre o solo, podendo definir, utilizar técnicas, planejar e controlar o tráfego das máquinas utilizadas, determinando o tipo equipamento ou seus implementos devidos para que a estrutura que o solo possa suportar a força que será exercida no mesmo sem causar grandes efeitos.

REFERÊNCIAS

ABREU, S.L.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. **Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em argissolo franco-arenoso sob plantio direto.** Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.28 no.3 Viçosa May/June 2004. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832004000300013&script=sci_arttext > Acesso em 2 nov. 2013.

AGUIAR, M.I. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais.** Universidade Federal de Viçosa, 2008. Disponível em < http://comunidades.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/ater/teses/Qualidade_F%C3%ADsica_do_Solo_em_SAFs.pdf > Acesso em 12 dez. 2013.

AZEVEDO, M.R.; ANDRADE, S.C.; GOMES, A.N.; JUNIOR, M.S; JUNIOR, E.D.O. **Estudos prévios previnem compactação do solo.** Revista da Madeira Ed. N° 82. Julho de 2004. Disponível em < http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=579&subject=Manejo%20&%20Transporte&title=Estudos%20pr%E9vios%20previnem%20compacta%E7%E3o%20do%20solo > Acesso em 20 nov. 2013.

BENATTI JÚNIOR, R., FRANÇA, G.V., MOREIRA, C.A. **Manejo convencional e reduzido em quatro tipos de solos na cultura do milho em São Paulo.** Campinas: Fundação Cargill, 1983. 68p.

BUENO.; **Estudos Pedológicos.** Instituto Federal Goiano, 2012. Disponível em < http://www.ifgoiano.edu.br/ipora/images/stories/coordenacao/Bueno/3_-_Estudos_Pedologicos.pdf > Acesso em 4 out. 2013.

BULHÕES, L.A. **Avaliação da produtividade em solos do projeto de assentamento padre gino no município de Sapé/PB.** Universidade Estadual da Paraíba, 2013. Disponível em < <http://dspace.bc.uepb.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/2595/1/PDF%20-%20Leandro%20Ant%C3%B4nio%20e%20Bulh%C3%B5es.pdf> > Acesso em 12 dez. 2013.

BURGER, J.A.; WIMME,K.J.; STUART,W.B. **Site disturbance and machine performance from tree – length skidding with a rubber – tire skidder.** In: BIENNIAL SOUTHERN SILVICULTURAL RESEARCH CONFERENCE, 5th ., Memphis, 1988. Proceedings.

CAMARGO de, O. A.; Alleoni, L.R.F. **Causas da Compactação do solo.** 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/C3/Comp3.htm>>. Acesso em 21 nov. 2013

CAMARGO, O. A. De, ALLEAONI, L. R. F. 1997. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas, Piracicaba,** 132pp.

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

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Conceitos Gerais de Compactação do solo.** 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em:

<<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/Comp1.htm>>. Acesso em 20 dez. 2013.

CANILLAS, E. C.; SALOKHE, V. M. **A decision support system for compaction assessment in agricultural soils.** *Soil Tillage Research*, Amsterdam, v.65, n.2, p.221-230, 2002.

CORRÊA, G.F; REZENDE, S.B.; CURI, N.; RESENDE, M. **Pedologia 5° edição revisada – Lavras.** Editora UFLA, 2007, P 297.

CUNHA T.J.F.; COSTA, N.D.; DIAS, R.C.S.; ANJOS, J.B. Sistema **de produção de Melancia**. Embrapa Ago. 2010. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/solos.htm>> Acesso em 20 nov. 2013.

DANIEL, L.A.; LUCARELLI, J.R.; **CARVALHO, J.F. Efeito do método de preparo do solo na formação e localização de camadas compactadas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, 1995, Viçosa. Anais... Viçosa: SBEA/UFV, 1995. p.370.

DAUDA, A.; SAMARI, A. **Cowpea yield response to soil compaction under tractor on a sandy loam soil in the semiarid region of northern Nigeria.** *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.68, n.1, p.17-22, 2002.

DERPSCH, R. Os processos de erosão e de infiltração de água. **Revista Plantio Direto, edição 113, setembro/outubro de 2009.** Disponível em <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=953> Acesso em 10 dez. 2013.

DERPSCH, R. **Importância de los abonos verdes y La rotación de cultivos em El sistema de siembra directa.** In: Encontro Nacional de Productores em Siembra Directa, 3, Obligado, Itapuá, Paraguay, 1998. APASCU, Paraguay. p.71-102

DIAN, J. **Erosão.** Infográficos e ilustras Lumirá Ciências, 2011. Disponível em <<http://juliodian.wordpress.com/>> Acesso em 10 dez. 2013.

Estudo das propriedades do solo, 2011. Disponível em: <<http://experimentosolos.blogspot.com.br/2011/12/porosidade-x-permeabilidade.html>> Acesso em 4 out. 2013.

FERREIRA, G.B.; CARVALHO, M.C.A.; MEDEIROS, J.C.; **Cultivo de Algodão Irrigado,** Embrapa set. 2006 2 edição. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrrigado_2ed/solos.html> Acesso em 2 out. 2013.

FERREIRA, R.; LLANILLO, R.F.; BRITO O.R.; FILHO, J.T.; RICHART, A. **Compactação do solo: causas e efeitos.** Semana: Ciências Agrárias, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, jul./set. 2005. Disponível em <<http://pt.scribd.com/doc/136159323/COMPACTACAO-DO-SOLO-CAUSAS-E-EFEITOS>> Acesso em 10 dez. 2013.

FERREIRA. **Algumas práticas não sustentáveis adotadas na agricultura “moderna”.** Cultivo de Hortaliças 2013. Disponível em <<http://cultivehortaorganica.blogspot.com.br/2013/07/algumas-praticas-nao-sustentaveis.html>> Acesso em 12 dez. 2013.

FILHO, A.G.; PESSOA, A.C.S; S.; STROHHAECKER, L.; HELMICH, J.J. **Preparo convencional e Cultivo Mínimo do solo na cultura de Mandioca em condições de adubação verde com ervilha e aveia preta.** Cienc. Rural vol.30 no.6 Santa Maria Nov./Dec. 2000. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782000000600005 > Acesso em 10 dez. 2013.

FILHO, M.R.A.; CRUZ, J.C.; ALVARENGA, R.C. **Cultivo do milho.** Embrapa 2012. 8ª edição. Disponível em < http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_8ed/manpreparo.htm > Acesso em 10 dez. 2013.

FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B. **Manejo do solo.** Embrapa Soja 2009. Disponível em < <http://bioinfo.cnpsa.embrapa.br/seca/manejo-do-solo.html> > Acesso em 2 nov. 2013.

FREITAS, D.A.F.; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L.; CURTI, N. **Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente.** Revista Ciência Agronômica, v. 43, n. 3, p. 417-428, jul-set, 2012. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/rca/v43n3/a02v43n3.pdf> > Acesso em 2 dez. 2013.

GEWERHR, J., **Informações sobre tecnologias de pavimentação. Construção, manutenção e recuperação de estradas e rodovias.** 2013. Disponível em: <http://asfaltodequalidade.blogspot.com.br/2013_05_01_archive.html>. Acesso em 10 fev. 2013.

GOMES, A.N; ANDRADE, S.C; AZEVEDO, M.R. **Estudos Prévios Previnem a Compactação do Solo. 2004.** Revista da Madeira. Edição nº 82. Disponível em: < http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia>. Acesso em 10 set. 2013.

GROCHOLVISK, J.A. **Violência Escolar: Bullying.** Universidade Estadual de Londrina, 2010. Disponível em < http://www.uel.br/cef/demh/graduacao/arquivosdownload/tcc2011/antigos_tcc_ef_licenciatura/Juliana_Grocholski_LEF200_2010.pdf > Acesso em 05 dez. 2013.

HAKANSSON, I. & DANFORS, B. **Effects of heavy traffic on soil conditions and crop growth.** In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ISTVS, 7, Calgary, 1981. Proceedings, 1981, vol. I p.239-253.

IBAMA. **Avaliação de Impactos Ambientais.** Licenciamento. Disponível em < http://licenciamento.ibama.gov.br/Mineracao/Plato%20Bacaba/RIMA/item_04_impactos_ambientais.pdf > Acesso em 5 dez. 2013.

JÚNIOR, E.D.O. **Compactação do solo devido ao tráfego de carretas florestais com dois tipos de pneus inflados a duas pressões diferentes. 1998.** Disponível em < <http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/oliveirajunior,ed.pdf> > Acesso em 10 dez. 2013.

LIMA, C.L.R. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada.** 2004. 70p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola

Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

LIMA, C.L.R. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada.** 2004. 70p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de

LIMA, C.L.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S. **Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argiloso.** Pesq. agropec. bras. vol.42 no.8 Brasília Aug. 2007. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2007000800013 > Acesso em 12 dez. 2013.

LORENZO, M.; **Propriedade e atributos físicos do solo.** Disponível em < <http://marianaplorenzo.com/2010/10/15/pedologia-textura-do-solo/> > Acesso em 20 set. 2013.

LYASKO, M.I. **The determination of deflection and contact characteristics of a pneumatic tire on a rigid surface.** J.Terramechanics, v.31, n.4, p.239-246, 1994.

MAGALHÃES, A.C.; VIEIRA, L.B; CUNHA, J.P.A.R. **Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água.** Engenharia na Agricultura, v.10, n.1-4, Jan./Dez., 2002. Disponível em < <http://www.ufv.br/dea/reveng/arquivos/Vol10/v10n1-4p01-07.pdf> > Acesso em 10 dez. 2013.

Manejo e Conservação do Solo. Disponível em < <http://conservandoosolo.blogspot.com.br/2012/05/rotacao-de-culturas.html> > Acesso em 10 nov. 2013.

Manual de Produção Caterpillar, 2009

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

MARCHÃO, R.L.; LAVELLE, P.; CELINE, L.; BALBINO, L.C.; VILELA, L.; BECQUER, T. **Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44, p.1011-1020, 2009.

MIGLIAVACCA, R.A. **Soja tecnologia de produção 2011.** Arquivado no curso de Agronomia na UEM, 2011. Disponível em < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAemC0AB/soja-tecnologia-producao-2011?part=5> > Acesso em 12 dez. 2013.

NAGAOKA, A.K.; LANÇAS, K.P.; NETO, P.C.; LOPES, A.; GUERRA.; S.P.S. **Resistência do solo à penetração, após o tráfego com dois tipos de pneus utilizando-se um equipamento para ensaio dinâmico.** Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.7 no.2 Campina Grande May/Aug. 2003. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662003000200034 > Acesso em 15 dez. 2013.

Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

POWERS, R.F.; MORRISON, I.K. **Soil and sustainable forest productivity: preamble.** *Soil Science of Society of America Journal*, Madison, v.60, n.6, p.1613, 1996.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos.** Salesward-Discovery, Curitiba, 446p., 1996. Disponível em < <http://estudonline.tripod.com/saeafs-.htm> > Acesso em 12 dez. 2013.

RADFORD, B. J.; YULE, D. F.; MCGARRY, D.; PLAYFORD, C. **Crop response to applied soil compaction and to compaction repair treatment.** *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.61, n.3/4, p.155-170, 2001.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; **Propriedades físicas do solo**, Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais Mai 2006. Disponível em < 200.132.139.11/.../Introdução%20à%20Ciência%20do%20Solo/ > Acesso 6 out. 2013.

REICHERT, J.M; REINERT, D.J.; SILVA, V.R. **Resistência mecânica do solo à penetração do solo influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo.** *Cienc. Rural* vol.30 no.5 Santa Maria Sept./Oct. 2000. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782000000500009&script=sci_arttext > Acesso 10 abril 2014.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação.** *Tópicos Ci. Solo*, 5:49-134, 2007. Disponível em < http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.queos.com.br/downloads/Producao_Artigos/2007_Topicos.pdf > Acesso em 10 nov. 2013.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; SUZUKI, L.E.A.S. **Qualidade física dos solos.** In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16., 2006. Anais. Aracaju, SBCS, 2006. Disponível em < cesnors02.cafw.ufsm.br/...solo/indicadores_de_qualidade_do_solo.pdf > Acesso em 13 dez 2013.

RICHART, A.; FILHO, T.J.; BRITO R.O.; LLANILLO, F.R.; FERREIRA, R. **Compactação do solo: causas e efeitos.** *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, jul./set. 2005.

SÁ, M.A.C.; JUNIOR, J.D.G.S. **Compactação do solo: consequências para o crescimento vegetal.** Embrapa, Planaltina, DF 2005. Disponível em < www.cpac.embrapa.br/baixar/349/t > Acesso em 10 dez. 2013.

SCHOFFEL, E.R. **Temperatura do solo.** *Agrometeorologia ?* . Disponível em < <http://www.guiadaobra.net/forum/resources/informacoes-sobre-temperatura-do-solo/276> >. Acesso em 10 dez. 2013.

SECCO, D.; **Estados de compactação e suas implicações no comportamento mecânico e na produtividade de culturas em dois latossolos de plantio direto.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, 2003. Disponível em ,

http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Deonir_Secco_Tese.pdf
Acesso em 22 nov. 2013.

SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; DA ROS, C.O. **Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28: 797-804, 2004. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832004000500001&script=sci_abstract&tlng=pt > Acesso em 16 set. 2013.

SEIXAS, F. **Compactação do solo devido a mecanização florestal: causas, efeitos e práticas de controle.** CIRCULAR TÉCNICA N° 163 OUTUBRO 1988. Disponível em < <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3613/ipef-circular-tecnica-1988-outubro-n-163.pdf?sequence=1> > Acesso em 20 set. 2013.

SEIXAS, F. **Compactação do solo devido à colheita de madeira.** 2000, 75f. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000

SILVA, D.C. **Importância da compactação do solo em um sistema de produção agrícola.** Agrimanagers, 2010. Disponível em < <http://agrimanagers.wordpress.com/author/danilocsilva/page/5/> > Acesso em 10 dez. 2013.

SILVA, S.R.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M. **Atributos Físicos de dois Latossolos afetados pela compactação do solo.** Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.10 no.4 Campina Grande Oct./Dec. 2006. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662006000400009 > Acesso em 5 dez. 2013.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. **Efeitos do sistema de reparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.34, n.1, p.83-91, jan. 1999. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/pab/v34n1/8713.pdf> > Acesso em 12 dez. 2013.

SOUZA, G.S.; BARBOSA, R.S.; SOUZA, Z.M.; ROQUE, A.A.O. **Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar.** Pesq. agropec. bras. vol.45 no.7 Brasília July 2010. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100204X2010000700016&script=sci_arttext > Acesso em 10 nov. 2013.

STEINBECK, J. **Arquitetura e propriedades físicas do solo.** ? Disponível em < moodle.stoa.usp.br/mod/resource/view.php?id=47350 > Acesso em 2 out. 2013.

SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KUNZ, M.; LIMA, C.R.L. **Grau de compactação e sua influência nas propriedades físicas do solo e rendimento da soja.** Universidade Federal de Santa Maria, ?. Disponível em < http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Producao_Resumos/XXX_CBCS_9.pdf > Acesso em 15 dez. 2013.

TAYLOR, H.T. & BURT, E.C. **Total axle load effects on soil compaction.** J. Terramech, Hannover, 24: 179-186, 1987.

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

Tráfego controlado como alternativa para reduzir a compactação de solos. *Revista Plantio Direto*, edição 110, março/abril de 2009. Disponível em <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=915> Acesso em 15 dez. 2013.

VIANA, J.H.M.; CRUZ, J.C.; ALVARENGA, R.C. **Cultivo do Milho.** Embrapa ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 5^a edição Set./2009. Disponível em <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/manpreparo.htm> Acesso em 05 dez. 2013.

VIEIRA, L.S. **Manual da ciência do solo: com ênfase aos solos tropicais 2ª edição revisada e ampliada.** São Paulo , Ed. Agronômica Ceres LTDA, 1988. 464 p. ilustrada 2ª edição.

ZERBINATI, M.T.; **Efeito de compactação do solo devido ao tráfego de máquinas agrícolas.** *Agrimanagers* , 2010. Disponível em <<http://agrimanagers.wordpress.com/author/mateuszerbinati/page/5/>> Acesso em 22 nov. 2013.