



**FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE**

**Nabila Rhaiane Nascimento Portugal**

**COMPACTAÇÃO DO SOLO POR ATIVIDADES  
AGROPECUÁRIAS**

Ariquemes – RO

2016

**Nabila Rhaiane Nascimento Portugal**

**COMPACTAÇÃO DO SOLO POR ATIVIDADES  
AGROPECUÁRIAS**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, como requisito parcial a obtenção do título de: Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Prof. Orientador: Aparecido Silvério Labadessa

Ariquemes – RO

2016

**Nabila Rhaiane Nascimento Portugal**

**COMPACTAÇÃO DO SOLO POR ATIVIDADES  
AGROPECUÁRIAS**

Monografia apresentada ao curso superior em Tecnologia em Gestão Ambiental, da Faculdade de Educação e Meio Ambiente como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Ms. Aparecido Silvério Labadessa  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente

---

Esp. Acir Braido de Oliveira  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente

---

Esp. Jessica de Sousa Vale  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente

Ariquemes, 21 de Novembro de 2016.

Dedico este trabalho à minha Mãe Rejane da Silva Nascimento, por ser a grande responsável pela minha formação pessoal.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por ter estado comigo em todos os momentos que de ti precisei.

Agradeço a minha família, em especial a minha mãe e minha avó, a quem devo toda minha educação e respeito. Ao meu namorado, por todo apoio e companheirismo.

Agradeço a todos os profissionais do curso que nos proporcionaram sabedoria, e foram coadjuvantes de uma conquista acadêmica.

Por final não menos importante, aos meus amigos de classe que diariamente estavam comigo.

## RESUMO

A compactação dos solos é uma preocupação quando se relata sobre produtividade agrícola e pecuária. Esse processo é decorrente da manipulação intensiva do solo, quando o mesmo altera sua porosidade, assim contribuindo para uma redução do volume do solo decorrente da expulsão de ar, o que se origina por fatores antrópicos. A compactação pode prejudicar a infiltração de água no solo, surgimento e germinação de cultura, penetração das raízes e de nutrientes e absorção de água, o que prejudica o rendimento de um cultivo. O pisoteio animal sempre no mesmo local, acaba promovendo uma compactação e propiciando um local para o escoamento da água assim, acarretando uma causa de erosão. O trabalho tem como objetivo identificar a magnitude da compactação do solo na produção animal extensiva, verificar a influência do pisoteio animal na resistência mecânica do solo e mencionar práticas que visam sustentabilidade e que minimizem o nível de compactação do solo, assim evitando que impactos negativos se estendam para aspectos ambientais.

**Palavras-chaves:** Compactação do solo, mecanização agrícola, pisoteio animal, manejo do solo, desenvolvimento sustentável.

## ABSTRACT

Soil compaction is a concern when it reports on productivity in the agricultural and livestock sectors. This process is due to the intensive soil handling, when it changes its porosity, thus contributing to a reduction in the volume of the soil due to the expulsion of air, which originates by factors of human origin. Compression can harm the water infiltration in the soil, appearance and crop germination, penetration of roots, nutrients and water absorption, which compromises the efficiency of a culture and physical, chemical and biological attributes of the soil. Animal trampling herd always in the same place, just promoting a compression and providing the flowing water, producing a cause of erosion. The work aims to identify the magnitude of soil compaction on extensive livestock farming, verify the influence of animal trampling on soil mechanical resistance and mention practices aimed at sustainability and to minimize the level of soil compaction, thus avoiding that negative impacts extend to environmental aspects.

**Keywords:** Soil compaction, agricultural mechanization, animal trampling, soil management, sustainable development.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Penetrômetro de Impacto e Régua Graduada em Milímetros .....	17
Figura 2: Exemplo de solo antes da inadequada operação de maquinas agrícola e depois.....	18
Figura 3: Área de pastagem em declive evidenciando sulco erosivo formado pelo gado .....	23

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	13
2.1 OBJETIVO GERAL .....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	14
<b>4 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
4.1 COMPACTAÇÃO DO SOLO .....	15
4.2 PRODUÇÃO ANIMAL EXTENSIVA .....	18
4.3 TRÁFEGO DE MÁQUINAS .....	18
4.4 PISOTEIO ANIMAL .....	20
4.5 MEDIDAS PREVENTIVAS PARA EVITAR A COMPACTAÇÃO.....	23
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	26
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	27

## INTRODUÇÃO

A degradação dos solos, apesar do desconhecimento da maioria dos agricultores, tem início no momento da derrubada das florestas, quando novas áreas são incorporadas ao sistema produtivo. Com o processo de retirada de cobertura vegetal, são desencadeados diversos fatores negativos de impacto do solo e conseqüentemente ambientais (CORDEIRO & BATISTA, 1997).

Segundo Sambuichi et al (2012), um desafio ao Brasil atualmente é conciliar o crescimento da produção agropecuária e a redução de impactos dessa atividade sobre os recursos naturais. Esse desafio se entrelaça em meio aos debates internacionais e as imposições que a sociedade busca por um sistema satisfatório de desenvolvimento, que seja capaz de propor o crescimento econômico e a conservação do meio ambiente.

Os processos de compactação do solo e desflorestamento são apresentados como os mais atenuantes impactos, sendo considerados altamente agressivos ao meio ambiente (LEITE et al, 2011). Com o passar do tempo, surgiram novos sistemas de produção pecuários e agrícolas e com eles o planeta terra vem se modificando e sofrendo conseqüências com as transformações ambientais.

Segundo Reichert et al (2007), um solo compactado se propicia a uma resistência elevada e a porosidade total reduzida à custa dos poros maiores, com isso, o conteúdo volumétrico de água e a capacidade de campo são expandidos, enquanto a aeração, a infiltração de água e a condutividade hidráulica do solo são reduzidas. Conseqüentemente, o escoamento superficial de água pode aumentar e o crescimento das plantas serem reduzidos em virtude da diminuição da disponibilidade de água, restrição ao crescimento das raízes e aeração deficiente.

Em relação a implicações ambientais a compactação do solo, pode prejudicar a qualidade da água. Os solos com elevado grau de compactação apresentam uma baixa capacidade de infiltração de água, o que aumenta o escoamento superficial. O escoamento superficial apresentado por esse processo carrega consigo partículas do solo, nutrientes e moléculas de agrotóxicos o que, além de representar prejuízos financeiros a classes de produtores, polui as fontes superficiais de água. O solo compactado restringe também a ação do solo como regulador do nível dos rios, uma vez que o escoamento superficial resulta em descargas rápidas e intensas de água nos mesmos, aumentando a probabilidade de ocorrência de enchentes. Por outro

lado, como o volume de água que infiltra é pequeno, a recarga das fontes subsuperficiais de água por via subterrânea é reduzida, o que pode agravar o efeito das estiagens sobre o nível dos rios (DEBIASI et al, 2008).

Segundo Silva Filho et al (2006), o avanço da sociedade indica que o ser humano reflete muitas atuações negativas e consomem os recursos naturais de maneiras exploratórias e incorretas. A utilização florestal brasileira se introduziu no ano de 1500 com a descoberta do país, e ocorreu um desmatamento excessivo pela obtenção da introdução do cultivo e da criação de animais, e pelo valor comercial de espécies locais, sendo que só na região da Amazônia 30 milhões de hectares de pastagens substituíram as áreas florestais.

A intensificação da produção de maneira competitiva tem resultado na utilização de maquinário com excessivo teor de peso e potência e com maior capacidade operacional. As faltas de elementos técnicos que exacerbam os problemas de compactação são a desconsideração da observação das características de cada solo e do teor de umidade adequado para o tráfego de máquinas agrícolas (SÁ et al, 2007).

O volume total de um solo é constituído do volume das partículas minerais e orgânicas do solo e do volume de poros entre as partículas. O volume de um poro é ocupado com água e/ou ar. O solo está compactado quando a proporção do volume total de poros para o do solo é inadequada ao máximo desenvolvimento de uma cultura ou manejo eficiente do campo. A compactação do solo pode ser considerada em relação à porosidade e densidade do solo e à resistência à penetração (MANTOVANI, 1987).

Marchão (2009) diz que a compactação do solo em relação ao pisoteio animal é intensificada pela ausência de vegetação, o que resulta em baixa taxa de infiltração e possível erosão além de prejudicar no crescimento radicular de plantas. O pastejo em altas taxas de lotação podem devido ao pisoteio excessivo animal provocar a compactação do solo no local, sendo alarmantes as áreas onde há a necessidade constante de locomoção, como por exemplos a busca por água ou alimentos mais palatáveis. É importante ressaltar que a compactação ocasionada pelo pisoteio animal depende principalmente, da classe do solo, do seu teor de umidade, da taxa de lotação animal, e da espécie de massa forrageira utilizada.

Para analisar a compactação do solo são utilizadas algumas propriedades físicas como a porosidade, resistência à penetração e densidade do solo. Contudo,

essas propriedades variam muito de um solo ao outro, complicando a utilização similar para todos os tipos de solo (CRUVINEL & SCANNAVIO JÚNIOR, 2011).

Debiasi et al (2008) afirma que, “o aumento do grau de compactação resulta no incremento da resistência do solo à penetração das raízes, especialmente sob baixa disponibilidade hídrica, limitando assim o crescimento e a efetividade das mesmas”.

Atualmente as políticas governamentais para o setor agropecuário começaram a atentar-se para as questões direcionadas ao desenvolvimento ambiental e estabelecer programas e metas com esse objetivo. O setor agropecuário é uma potência brasileira por seu expressivo aumento em produtividade e sua importância para o equilíbrio da balança comercial do país. Com o avanço da agricultura e o elevado uso de máquinas e insumos, teve-se então o aumento dos níveis de produtividade da terra e do trabalho, contribuindo também para o crescimento da indústria associada ao setor (GASQUES et al, 2010). Estima-se que a o agronegócio brasileiro, que inclui toda a produção resultante das atividades agropecuárias e das indústrias responda atualmente por 22,7% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (Cepea, 2011).

O objetivo desse trabalho tem o propósito de analisar quais impactos negativos ocorrem no meio agropecuário pela origem da compactação do solo. Os meios causadores se firmam importantes para conhecermos de fato sua origem, e apresentar práticas que ajudam a minimização do problema, assim auxiliando o meio ambiente com práticas sustentáveis.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Descrever os impactos negativos relacionados à compactação dos solos por atividades agropecuárias com manejos inadequados.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Relatar a magnitude da compactação do solo na produção animal extensiva (focalizando na criação de bovinocultura, onde os animais possuem uma massa corporal maior).
- Destacar os níveis de compactação do solo causado pelo tráfego de máquinas agrícolas.
- Verificar a influência do pisoteio animal na resistência mecânica do solo.
- Mencionar práticas que visam sustentabilidade e que minimizem os níveis de compactação do solo, assim evitando que impactos negativos se estendam para aspectos ambientais.

### **3 METODOLOGIA**

O trabalho desenvolvido seguiu preceitos de um levantamento bibliográfico, onde foram utilizadas fontes como Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), SciELO (Scientific Electronic Library Online), Ceplac (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira), Cepea (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada), artigos científicos e livros.

- a) Foram utilizados 08 livros/revistas, publicados no período de 1997 a 2012. Sendo livros que abordam sobre a sustentabilidade ambiental, a compactação do solo juntamente com a produtividade de culturas e transformações da agricultura brasileira.
- b) Os artigos científicos sobre a temática foram publicados no período de 1987 a 2014. Foram utilizados 29 artigos científicos, sendo 07 deles internacionais (01 no idioma espanhol e 06 em inglês) e 06 sites online.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 COMPACTAÇÃO DO SOLO

A diminuição da macroporosidade do solo e o aumento da microporosidade, e da resistência à penetração das raízes de plantas no solo, são processos da compactação do solo, que comumente são ocasionados por atividades antrópicas. A compactação pode ser causada por pisoteio animal, trânsito de máquinas ou impacto das gotas de chuva (TORRES et al, 1998).

Os processos externos e internos são condicionantes aos instintos do solo à compactação e condicionam o grau de degradação da qualidade estrutural. Os processos externos são responsáveis, pelo tipo, pela intensidade e pela frequência da pressão estabelecida, seja por máquinas agrícolas, equipamentos de transporte ou pisoteio de animais e, os internos, pelas propriedades físicas, mais especificamente, pelo teor de carbono orgânico, pela textura e pela umidade do solo (DEFOSSEZ e RICHARDS, 2002).

As plantas são elementos importantes para a conservação do meio ambiente. A sua presença no ecossistema causa um equilíbrio ambiental. Métodos inadequados de cultivos causam impactos degenerativos ao meio ambiente, e dentre os principais impactos potenciais se encontram a compactação.

Deve-se ressaltar que feito o reflorestamento exclusivo para fins comerciais, é vale ter o cuidado ao arrastar os troncos, por ser um corpo muito pesado pode gerar um nível de compactação e erosão dos solos, assim evitando que o solo fique exposto a intempéries. A mecanização excessiva do solo faz parte dos sistemas modernos de cultivo, mas se deve ter o máximo cuidado, pois em solos poucos estruturados a menor infiltração de água e entrada de ar no solo pode ser consequência dos mesmos processos estabelecidos na área. As práticas de mecanização agrícola devem ser realizadas com os cuidados agrônômicos necessários e com o conhecimento adequado por parte do agricultor, uma vez que, mal empregadas, tais práticas poderão causar, entre outros impactos, a modificação da estrutura do solo e a redução de sua capacidade produtiva (DIAS, 1999).

A modificação da estrutura do solo ocorre devido ao emprego de máquinas pesadas, manejo inadequado (plasticidade do solo, teor de matéria orgânica) e excesso de tráfego no campo o que reduzem o volume de poros e a consequente

capacidade de absorção e acumulação de água. A compactação ocorre pela mecanização em campo molhado, enquanto em campo seco há a formação de torrões no solo ou a pulverização do solo em finas partículas (ARAÚJO et al, 2010).

Na agricultura contemporânea, grande parte da realização do plantio à colheita são feitos mecanicamente, com o auxílio de máquinas com rodas pesadas que em cada passada sobpõe um peso relativamente alto ao solo. A compactação do solo por mecanização agrícola, em geral, depende da resistência do solo e de carregamento da máquina (ALAKUKKU et al, 2003). A resistência do solo é influenciada pela matéria orgânica, teor de água, a estrutura do solo e textura, enquanto que a carga é expressa por carga por eixo, número de pneus, as dimensões do pneu, a velocidade do pneu, e da interação do pneu no solo (KIRBY et al, 1997 & SAKAI et al, 2008).

A potência que operam no solo (CAMARGO & ALLEONI, 1997) é ocasionada pelo tráfego de veículos, por animais, assim como do crescimento de raízes grandes que empurram as partículas do solo para forçar sua passagem, podendo até causar compactação.

Segundo Pereira (2008), o correto manejo das pastagens é primordial para garantir a um sistema de produção sustentável do agronegócio. Juntamente com um sistema de bom manejo está à conservação dos recursos naturais, mitigando impactos negativos da erosão, compactação e baixa infiltração de água no solo, que são comuns em áreas sem manejo e degradadas. O manejo incorreto das pastagens é o fator degradante principal observado em todas as regiões do Brasil.

De acordo com McKenzie e Research (2010), a compactação do solo pode prejudicar a infiltração no solo, surgimento de cultivares, a penetração das raízes e de nutrientes das culturas e absorção de água, o que na prejudica o rendimento de um cultivo.

Para caracterizar as camadas compactadas em um perfil de solo, têm-se usado métodos práticos, como a abertura de trincheiras, ou mesmo ensaios de resistência à penetração e avaliações de densidade. Entretanto é necessário o conhecimento de uma série de fatores do solo e ao crescimento de plantas para sua correta interpretação (SÁ et al, 2007).

Em casos de locais compactados o primeiro passo é descrever a intensidade e localização do problema. Camargo & Alleoni (1997), comentam basicamente quatro formas de reconhecimento e medida da compactação do solo: a) densidade

do solo ou porosidade; b) infiltração de água; c) resistência à penetração e; d) exame de trincheiras. A densidade do solo é o método mais indicado por ser menos influenciado por fatores externos, como a umidade. Ao contrário, a infiltração de água e a resistência à penetração são sensíveis ao estado de umidade do solo. Já o diagnóstico de abertura de trincheiras é mais proposto para avaliar o perfil do solo ao final de um cultivo.

O método da resistência à penetração tem como vantagem a forma rápida e fácil de avaliar o estado de compactação do solo em várias profundidades. O equipamento utilizado para avaliação é o penetrômetro de impacto, que utiliza um peso constante para promover a penetração da haste no solo através de impactos.

Os penetrômetros são equipamentos que medem a resistência à penetração em unidades de pressão (força/área), sendo posicionado na extremidade de uma haste de metal e inserido no interior do solo (VAZ et al, 2002). Esse instrumento é uma forma de medir a compactação do solo, sendo uma ferramenta simples, de fácil manuseio e locomoção. Com ele é possível coletar dados sobre o grau de compactação do solo em diferentes profundidades, possibilitando a realização de cálculos a fim de saber em que estado se encontra. Com esta informação, a tomada de decisão sobre o momento certo de realizar a prática de descompactação do solo é facilitada, além de viabilizar a utilização de métodos preventivos (INFORAGRO, 2013).

A figura 01 exemplifica o equipamento penetrômetro que detecta a que profundidade se encontra a camada compactada em um determinado terreno.

**Figura 1: Penetrômetro de Impacto e Régua Graduada em Milímetros**



Fonte: STOLF, 2009.

## 4.2 PRODUÇÃO ANIMAL EXTENSIVA

No sistema de exploração extensivo pecuário o uso de extensas áreas para produção não é necessariamente a solução da sustentabilidade do pastoreio. Um dos impactos ambientais negativos mais atuantes é gerado pelo superpastoreio que acontece a partir do pisoteio excessivo de animais, o que gera uma modificação na estrutura da camada superficial do solo e na composição das espécies vegetais. O mesmo sistema intensifica a compactação dos solos e a subtração da cobertura vegetal, favorecendo o processo de erosão, sendo que algumas características como espécie implantada, porte e carga animal das unidades produtivas, topografia e tipo de solo da área poderá acarretar tais impactos (ARAÚJO et al, 2010).

## 4.3 TRÁFEGO DE MÁQUINAS

Na produção agrícola, se faz necessário a diária utilização de mecanização para realização das atividades afins, sendo que esses elevados graus de tráfego de mecanização agrícola acabam ocasionando compactação nas camadas do solo, por conta da pressão aplicada na superfície do solo, o que acarreta a alterações na sua estrutura. O nível de compactação por tráfego de máquinas depende de alguns fatores importantes como: forma de rodado (pneus ou esteiras) de máquinas adotadas, a classificação do solo, o teor de umidade no momento de tráfego, o sistema de irrigação utilizado e sua frequência e o peso do maquinário. Uma técnica que deve se adequar para mitigar a compactação seria o uso de pneus com sua estrutura mais larga e com tratores com tração nas quatro rodas. A cobertura vegetal do solo é fundamental por condicionar um adequado teor de matéria orgânica, com consequente eficiência na sua estruturação, diminuição da densidade global do solo e aumento na porosidade total, reduzindo assim, os efeitos de adensamento e compactação. Já no período de estiagem, as operações mecanizadas no cultivo são efetuadas com mais facilidade (ANJOS, 2010).

Segundo Zerbinati (2010) “os efeitos da compactação estão diretamente relacionados com redução significativa da produtividade das culturas e que 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”.

A vegetação estabelecida em um solo apresenta fatores essenciais como o aumento de matéria orgânica local e conseqüentemente melhorias em estrutura do solo, redução da densidade global do solo, mitigando assim efeitos de adensamento e compactação. Em períodos de pouco valor pluviométrico, as operações mecanizadas são efetuadas com maior facilidade (ANJOS, 2010).

Estudos constatam que a alta concentração de palhada sobreposto ao solo tem a capacidade de reduzir a energia transferida pelas máquinas agrícolas. Além disso, o contato pneu-solo é uma maneira fácil de minimizar o efeito da compactação do solo, aumentando-se a largura dos pneus utilizados nas máquinas (ZERBINATI, 2010).

A umidade do solo tem influência direta à compactação do solo. O teor de água no solo tem uma grande atuação na redução e redistribuição do espaço poroso do solo compactado. Os solos secos são mais robustos a mudanças na distribuição do tamanho dos poros e essa resistência é reduzida com o aumento do conteúdo de água (EAVIS, 1972).

O uso de máquinas e implementos com umidade do solo próxima ao limite de plasticidade é o principal fator que compacta os solos agrícolas, pois a água reduz a coesão e atua como lubrificante entre as partículas de solo, permitindo o deslizamento e o empacotamento das partículas quando este é submetido a algum tipo de pressão (LUCIANO et al, 2012).

Segundo Alves (2010), “a plasticidade do solo é a maior ou menor capacidade dos solos de serem moldados, sob certas condições de umidade, sem variação do volume. É uma propriedade de grande importância para as argilas (solos de textura fina). Devido à forma lamelar dos grãos das argilas, pode ocorrer um deslocamento das partículas sem variação do volume”.

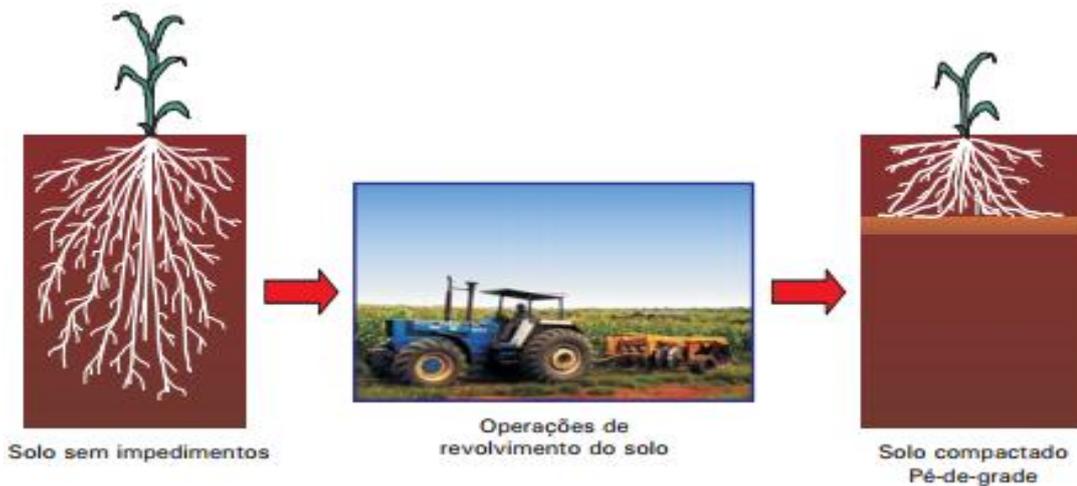
Segundo Dias & Reis (2008), “a correlação entre o limite de plasticidade e a umidade ótima de compactação, tem grande aplicação dentro da ciência do solo em avaliações de solo para uso em fundações, construções de estradas e interação máquina-solo”.

De acordo com Dias (1999), “em campo molhado pode-se produzir a compactação do solo, enquanto em campo seco, de acordo com a porção de argila, podem-se formar torrões ou a pulverização do solo em finas partículas”.

Streck et al (2004), revela que um manejo do solo tem proporções positivas na mitigação da compactação. O sistema de plantio direto (SPD) tem diversos benefícios e um deles se encontra a diminuição da compactação de um solo.

Os sistemas de manejo do solo têm grande influência nas propriedades físicas do solo e estão relacionados com a compactação (STRECK et al, 2004). A seguir na figura 02, tem-se um exemplo do uso inadequado de mecanização agrícola, evidenciando o processo do solo sem impedimentos agricultáveis (antes da mecanização agrícola) e depois da incorreta mecanização agrícola (com pé-de-grade).

**Figura 2: Exemplo de solo antes da inadequada operação de máquinas agrícola e depois**



Fonte: SÁ & SANTOS JÚNIOR, 2005.

#### 4.4 PISOTEIO ANIMAL

O nível de compactação por pisoteio animal é influenciado pela textura do solo e a sua umidade, agregados ao manejo da área, ou seja, taxa de lotação, tempo de pastejo e resíduo de forragem após o pastejo. Outras condições também afetam no efeito da compactação do solo por pisoteio dos animais, como a irrigação utilizada (o que influencia no teor de umidade do solo, o tornando demasiadamente molhado assim intensificando o efeito da compactação) e o plantio de espécies gramíneas de crescimento entouceirado e cespitoso (que são espécies de baixa proteção do solo em relação à distribuição do peso dos animais) (PANIAGO, 2009).

O nível de compactação do solo pelo pisoteio animal é influenciado por fatores como textura do solo, sistema de pastejo, manejo e umidade do solo (LEÃO et al, 2004). O efeito do pisoteio animal sobre as características físicas do solo são mais apresentadas nas camadas superficiais, conforme citado por Trein et al (1991). A camada compactada pode ser identificada mediante a observação de características físicas do solo, sendo que uma das medidas mais usadas para expressar o grau de compactação tem sido a resistência mecânica a penetração das raízes, que pode ser quantificada com o uso de penetrômetros.

Segundo Lima (2004), “nos sistemas de pastejo, a intensidade do pisoteio e ou o tempo de permanência dos animais na área também determinam o grau de degradação estrutural que pode ocorrer ao solo”.

Segundo Portal KLFF (2012), a compactação ocasionada por pisoteio é uma preocupação ao solo de produtores, sendo que diversos estudos na literatura evidenciam este processo. Essa compactação é ocasionada por volta de 0 a 10 centímetros de profundidade na camada do solo, sendo que animais como bovinos exercem uma força de até 400 kPa (quilopascal) sobre o solo. Essa pressão sobre pisoteio bovino se analisada individualmente a um solo podem ser constatadas superiores até mesmo que por máquinas agrícolas, porém elas ocorrem pontualmente e não pela área completa. O grau dessa compactação sobreposta por animais é dependente da espécie e da categoria do animal e pela quantidade de membros que estão apoiados no solo, em função de estarem em repouso ou em movimento. Outros fatores também podem ser citados sobre a influência da compactação como a intensidade e frequência de pastejo, peso animal, características intrínsecas do solo, teor de matéria orgânica, cobertura do solo, manejo da pastagem, hábito de crescimento das espécies in loco (entouceiradas ou ramadas) e teor de umidade no solo.

Em altas lotações, com ociosidade de forragem, não somente cada animal individualmente se desloca mais, mas o grupo de animais é maior, o que faz com que a área de impacto dos animais seja de três a cinco vezes maiores quando se compara extremos de altura de manejo do pasto. Em intensidades de pastejo moderadas, os animais se deslocam menos e ingerem mais forragem, tendo como consequência melhor rendimento animal e menor compactação do solo (CARVALHO, 2007).

Um dos fatores que representam o nível de compactação são a intensidade do pastejo e o tempo de uso utilizado, o que proporciona a redução na produção da pastagem. Para uma mitigação da compactação do solo pode ser aplicado o descanso da área, assim promovendo um acúmulo de fitomassa e o desenvolvimento do sistema radicular. O sistema de pastejo rotacionado pode apresentar a recuperação da qualidade física do solo durante o período de pousio, devido ao efeito positivo das raízes das plantas e dos ciclos de umedecimento e secamento sobre a estrutura do solo (PORTAL KLFF, 2012).

O pousio é uma técnica utilizada para preservar a terra que mantém uma área sem cultivo por certo período para restabelecer os nutrientes perdidos com o plantio anterior. É um período em que a terra “descansa” do cultivo, isto é, quando uma área é mantida sem lavoura alguma por um espaço de tempo, determinado no máximo 5 (cinco) anos, em até 25% (vinte e cinco por cento) da área produtiva da propriedade ou posse, para possibilitar a recuperação da capacidade de uso ou da estrutura física do solo (CIRNE E SOUZA, 2014).

Segundo Lima et al (2004), O teor de umidade do solo é o fator que determina à magnitude de alteração que pode ocorrer no solo, pois pastagens irrigadas ou com elevado teor de argila são mais vulneráveis a compactação via pisoteio animal, sendo fundamental a retirada temporária dos animais ou diminuição da lotação, sendo esse processo ocorrido pela molhagem da chuva ou irrigação. A prevenção de lotações elevadas de piquetes, o adequado período de descanso para a pastagem e privar o superpastejo são medidas importantes no manejo a serem tomadas por produtores rurais.

Segundo Pinzón e Mesquita (1991), a força do pisoteio dos animais chegam a compactar o solo nos primeiros 15 cm, ocasionando uma drástica redução no movimento interno da água e um aumento na densidade do solo. Isto traz como consequência, uma diminuição na porosidade e trocas prejudiciais na relação solo-água-atmosfera que afetam o crescimento das raízes das plantas e a sua produtividade.

O pisoteio animal do rebanho sempre no mesmo local, acaba promovendo uma compactação do solo e propiciando um local para o escoamento da água assim, acarretando uma causa de erosão, como se observa na figura 3.

**Figura 3: Área de pastagem em declive evidenciando sulco erosivo formado pelo gado**



Fonte: Azevedo, A. A.; Monteiro, J. L. G. apud Padovani, C. R.; – Embrapa Pantanal, 2000.

#### 4.5 MEDIDAS PREVENTIVAS PARA EVITAR A COMPACTAÇÃO

Leite et al (2011), diz que para conciliar um desenvolvimento econômico e sustentável no sistema agropecuário é preciso promover a conscientização do agricultor e do pecuarista sobre a conservação do meio ambiente, além de oferecer meios e métodos para alcançar sustentabilidade.

Cada tipo de solo apresenta uma reação diante ao tráfego de máquinas ou pisoteio animal. Assim, 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.

Segundo Paniago (2009), a fim de evitar problemas com a compactação do solo por pisoteio animal, pode-se destacar:

- Em pastagens irrigadas evitar o pisoteio da área logo após a irrigação;
- Em pastagens localizadas em solo de elevado teor de argila, promover a retirada temporária dos animais ou diminuição da lotação, quando em lotação elevada, logo após a ocorrência de chuvas ou mesmo irrigação;
- Evitar a formação de pastagens com plantas de crescimento entouceirado e cespitoso na rotação de culturas;
- Evitar lotações elevadas;
- Evitar o superpastejo, permitindo assim um resíduo capaz de promover um rápido e vigoroso crescimento do sistema radicular;

- Sempre promover períodos de descanso para a pastagem, ou seja, utilizar manejo rotacionado;
- No plantio de culturas anuais, utilizar máquinas semeadoras dotadas de instrumentos capazes de romper adequadamente camadas superficiais do solo potencialmente compactadas.

Em relação à compactação por tráfego de mecanização agrícola os autores McKenzie e Research (2010), relatam que uma boa prática de gestão preventiva é evitar ter equipamentos repetidamente se deslocando na mesma roda faixa. Por exemplo, evitar que caminhões e tratores trafeguem no mesmo caminho para dentro e para fora do campo. Em vez disso, dirigir um novo caminho de cada vez na área. Outra sugestão é para carregar e descarregar semeadoras nas cabeceiras de campos para reduzir o tráfego no campo.

Assim para minimizar a compactação do solo induzida pelo tráfego de rodas os produtores devem considerar as seguintes estratégias:

- Minimizar o tráfego em campos quando subsolo está molhado;
- Minimizar cargas por eixo, aumentando o número de pneus sobre um eixo em um implemento;
- Usar a menor pressão dos pneus aceitável;
- Veículos de rastros dão uma melhor distribuição de peso contra implementos com os pneus, mas é preciso cuidado para minimizar derrapagem em pista, o que poderia causar um aumento de problemas na superfície do solo.

Idealmente, os agricultores devem projetar seu manejo do solo e práticas de cultivo para garantir a prevenção do solo compactado:

- Usar práticas de plantio direto para aumentar o teor de matéria orgânica do solo, que irá otimizar a sua estrutura;
- Reduzir o potencial para o desenvolvimento de solos compactados, eliminando o cultivo e reduzindo tráfego nos campos, o que aumentará o consumo de água das culturas eficiência e potencial de rendimento aumento das culturas;
- Aproveitar os processos naturais do solo de “molhar-secar”, ciclo para minimizar os efeitos da compactação do solo;

- Usar uma combinação de culturas fibrosas em rotação de cultura, desenvolvendo canais radiculares profundos e adicionando matéria orgânica no solo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compactação do solo é propícia a ter um número de efeitos negativos sobre a qualidade do solo e produção de culturas por processos como superpastoreio, tráfego intenso de mecanização agrícola e excessiva carga de pisoteio animal. As atividades agropecuárias são totalmente dependentes de recursos naturais, principalmente do solo e água para sua produção sendo que, o setor agropecuário é responsável pela modificação da forma de uso e da ocupação do solo.

Existem alguns métodos de manejo do solo que ajudam a evitar e/ou minimizar a compactação do solo como, por exemplo, o sistema de plantio direto (SPD) que não se utiliza o revolvimento do solo, evitando a realização de aração e gradagem do solo. O sistema convencional de produção agropecuária é ainda o mais utilizado. O mesmo abrange muitos aspectos negativos para o uso do solo, assim precisando fazer a promoção de sistemas sustentáveis, evitando o excesso de máquinas e implementos agrícolas na movimentação do solo, por sistemas que deixem o máximo de resíduos da cultura antecessora sobre o solo, garantindo maior conteúdo de matéria orgânica ao sistema de produção. É recomendável que proprietários evitem que a compactação do solo se origine, buscando sistemas de rotação de cultura e o controle efetivo de tráfego de máquinas na área.

## REFERÊNCIAS

ALAKUKKU, L.; WEISSKOPF, P.; CHAMEN, W.C.T.; TIJINK, F.G.J.; van der LINDEN, J.P.; PIRES, S.; SOMMERF, C. & SPOOR, G. **Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: A review Part 1. Machine/ soil interactions.** Soil Till. Res., 73:145-160, 2003.

ALVES, L. M.; **Plasticidade e Consistência do Solo**, 2010. Disponível em: <<https://lucasmxalves.files.wordpress.com/2010/03/mecsolosi-aula4-plasticidadeeconsistenciadosolo.pdf>> Acesso em: 09/11/2016.

ANJOS, J. B. dos.; **Tráfego de Maquinas**, 2010. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/uva\\_de\\_mesa/arvore/CONT000gn4zs1rv02wx5ok0liq1mq6w8czl0.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/uva_de_mesa/arvore/CONT000gn4zs1rv02wx5ok0liq1mq6w8czl0.html)> Acesso em: 22/09/2016.

ARAÚJO, M. L. M. N. de.; REINALDO, L. R. L. R.; SOUSA, J. da S.; ALMEIDA, P. G. de.; ALVES, L. de S.; WANDERLEY, J. A. C.; **Impactos Ambientais nas Margens do Rio Piarcó Causados pela Agropecuária**, 2010. Disponível em: <<file:///C:/Users/user/Downloads/461-3317-1-PB.pdf>> Acesso em: 13/09/2016.

Azevedo, A. A.; Monteiro, J. L. G. **Análise dos Impactos Ambientais da Atividade Agropecuária no Cerrado e suas inter-relações com os Recursos Hídricos na Região do Pantanal**, 2002. Disponível em: <[http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/wwf\\_brasil\\_impactos\\_atividade\\_agropecuaria\\_cerrado\\_pantanal.pdf](http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/wwf_brasil_impactos_atividade_agropecuaria_cerrado_pantanal.pdf)> Acesso em: 27/09/2016.

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

CARVALHO, P. C. de F.; SILVA, J. L. S. da.; MORAES, A. de.; FONTANELLI, R. S.; MACARI, S.; BREMM, C.; TRINDADE, J. K. da.; **Manejo de animais em pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária**, 2007. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/agronomia/materiais/manejo%20de%20animais%20em%20pastejo%20em%20sistemas%20de%20integracao%20lavoura-pecuaria.pdf>> Acesso: 25/10/2016.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **PIB Agro Cepea - USP/CNA**, 2011. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>> Acesso em: 14/09/2016.

CIRNE, M. B.; SOUZA, A. G. S. M. de.; **Pousio: O que é e quais são os seus possíveis reflexos nas questões ambientais**, 2014. Disponível em: <<http://www.egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/pousio.pdf>> Acesso em: 09/11/2016.

CORDEIRO, D. G.; BATISTA, D. N.; **Compactação Dos Solos de Floresta e Capoeira Medida com Penetrômetro de Cone**, 1997. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/134607/1/1352.pdf>> Acesso em: 19/09/2016.

COSTA, O. V.; **Impacto Ambiental Sobre o Componente Abiótico do Solo: Ciclagem de Nutrientes e Compactação**, 2000. Disponível em: <<http://forragicultura.com.br/arquivos/impactoanimalcomponenteabiotico.pdf>> Acesso em: 21/09/2016.

CRUVINEL P. E.; SCANNAVINO JUNIOR, F. A.; **Evolução de um Instrumentos para Avaliação da Compactação de Solos Agrícolas com Espalhamento Compton**, 2011. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/902372/evolucao-de-um-instrumento-para-avaliacao-da-compactacao-de-solos-agricolas-com-espalhamento-compton>> Acesso em: 12/09/2016.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; GONÇALVES, S. L.; **Manejo da Compactação do Solo em Sistemas de Produção de Soja sob Sumeadura Direta**, 2008. Londrina, PR. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/>> Acesso em: 12/09/2016.

DEFOSSEZ, P.; RICHARD, G. **Models of soil compaction due to traffic and their evaluation**, 2002. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/222842933\\_Models\\_of\\_soil\\_compaction\\_due\\_to\\_traffic\\_and\\_their\\_evaluation](https://www.researchgate.net/publication/222842933_Models_of_soil_compaction_due_to_traffic_and_their_evaluation)> Acesso em: 26/09/2016.

DIAS, D. M.; REIS, E. F. dos.; **RELAÇÃO ENTRE LIMITE DE PLASTICIDADE E UMIDADE ÓTIMA DE COMPACTAÇÃO EM UM SOLO ARGILOSO PARA DIFERENTES CONDIÇÕES DE USO**, 2008. Disponível em: <<http://www.prp2.ueg.br/06v1/conteudo/pesquisa/ini-cien/eventos/sic2008/fronteira/flashsic/animacao/VISIC/arquivos/resumos/resumo47.pdf>> Acesso em: 09/11/2016.

DIAS, M. do C. O.; **Manual de Impactos Ambientais: Orientações Básicas sobre Aspectos Ambientais de Atividades Produtivas**, 1999. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/928622>> Acesso em: 20/09/2016.  
EAVIS, B. W.; **Soil physical conditions affecting seedling root growth: 1-mechanical impedance, aeration, and moisture availability as influenced by bulk density and moisture levels in a sandy loam soil**. *Plant and Soil*, v.36, p.613-622, 1972.

GASQUES, J. G. et al. **Produtividade total dos fatores e transformações da agricultura brasileira: análise dos dados dos censos agropecuários**. In: GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. (Org.). *A agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas*. Brasília: Ipea, 2010. p. 19-44.

INFORAGRO, **Compactação do Solo**, 2013. Disponível em: <<https://inforagro.wordpress.com/2013/06/03/compactacao-do-solo/>> Acesso em: 09/11/2016.

KIRBY, J.; BLUNDEN, B.; TREIN, C.; **Simulating soil deformation using a critical state model: II. Soil compaction beneath tyres and tracks**, 1997. *Eur J Soil Sci* 48:59–70

LEÃO, T. P.; SILVA, A. P.; MACEDO, M. C. M.; IMHOFF, S.; EUCLIDES, V. P. B.; **Intervalo Hídrico Ótimo na Avaliação de Sistemas de Pastejo Contínuo e**

**Rotacionado**, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v28n3/a02v28n3.pdf>> Acesso em: 20/09/2016.

LEITE, S. P.; SILVA, C. R. da.; HENRIQUES, L. C.; **IMPACTOS AMBIENTAIS OCASIO ADOS PELA AGROPECUÁRIA O COMPLEXO ALUÍZIO CAMPOS**. 2011. Disponível em: <[http://www.rbic.com.br/artigos%20pdf/vol2\\_n2%20-%202011/5%20vol2%20n2.pdf](http://www.rbic.com.br/artigos%20pdf/vol2_n2%20-%202011/5%20vol2%20n2.pdf)> Acesso em: 13/09/2016.

LIMA, C. L. R. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

LIMA, C. L. R.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; LEÃO, T. P.; **Compressibilidade de um solo sob sistema de pastejo rotacionado intensivo irrigado e não irrigado**, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832004000600002](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832004000600002)> Acesso em: 25/10/2016.

LUCIANO, R. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; COSTA, A. da.; BATISTELLA, B.; WARMLING, N. T.; **Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no Sul do Brasil**, 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832012000600007](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832012000600007)> Acesso em: 09/11/2016.

MANTOVANI, E. C.; **Compactação do Solo**, 1987. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/475654/compactacao-do-solo>> Acesso em: 12/09/2016.

MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; PALUDO, A. L.; JÚNIOR, R. G.; **Impacto do Pisoteio Animal na Compactação do Solo sob Integração Lavoura-Pecuária no Oeste Baiano**, 2009. Planatina – DF. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/697303/impacto-do-pisoteio-animal-na-compactacao-do-solo-sob-integracao-lavoura-pecuaria-no-oeste-baiano>> Acesso em: 12/09/2016.

MCKENZIE, R. H.; RESEARCH, S.; **Agricultural Soil Compaction: Causes and Management**, 2010. Alberta Agriculture and Rural. Disponível em: <[http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex13331/\\$file/510-1.pdf?OpenElement](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex13331/$file/510-1.pdf?OpenElement)> Acesso em: 28/09/2016.

PANIAGO, R.; **Compactação por pisoteio não inviabiliza integração lavoura e pecuária**, 2009. Disponível em: <[http://www.jcmaschietto.com.br/index.php?link=artigos&sublink=artigo\\_46](http://www.jcmaschietto.com.br/index.php?link=artigos&sublink=artigo_46)> Acesso em: 14/09/2016.

PEREIRA, J. M.; **MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM**, 2008. Pesquisador Ceplac. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/semfaz/pastagem.htm>> Acesso em: 22/09/2016.

PINZÓN, A.; AMEZQUITA, E.; **Compactación de suelos por el pisoteio de animales en pastoreo en el piedemonte amazónico de Colombia**, 1991. Disponível em: <

[http://www.tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Elements/DOCUMENTS/1991-vol13-rev1-2-3/Vol13\\_rev2\\_91\\_art4.pdf](http://www.tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Elements/DOCUMENTS/1991-vol13-rev1-2-3/Vol13_rev2_91_art4.pdf)> Acesso em: 26/09/2016.

PORTAL KLFF, **Compactação do Solo por Pisoteio Animal**, 2012. Disponível em: <<http://www.portalklff.com.br/publicacao/oldlink-1051>> Acesso em: 21/09/2016.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINER, D. J.; **Compactação do Solo em Sistemas Agropecuários e Florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação**, 2007. Disponível em: <[http://fisicadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Producao\\_Artigos/2007\\_Topicos.pdf](http://fisicadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Producao_Artigos/2007_Topicos.pdf)> Acesso em: 13/09/2016.

SÁ, M. A. C. de.; SANTOS JÚNIOR, J. de D. G. dos.; **Compactação do Solo: Consequências para o Crescimento Vegetal**, 2005. Disponível em: <<file:///C:/Users/user/Downloads/Compactacao-do-Solo-consequencias-para-o-crescimento-vegetal.pdf>> Acesso em: 27/08/2016.

SÁ, M. A. C. de.; SHIRATSUCHI, L. S.; FRANZ, C. A. B.; SANTOS JUNIOR, J. de D. G. dos.; **Compactação do solo e produtividade da cultura da soja em área irrigada no Cerrado** /– Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 31 p. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918; 177).

SAKAI, H.; NORDFJELL, T.; SUADICANI, K.; TALBOT, B.; BØLLEHUUS, E.; **Soil compaction on forest soils from different kinds of tires and tracks and possibility of accurate estimate**, 2008. *Croat J For Eng* 29:15–27.

SAMBUICHI, R. H. R.; OLIVEIRA, M. A. C. de.; SILVA, A. P. M. da.; LUEDEMANN, G.; **A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios** Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 2012.

SILVA FILHO, E. P.; LOCATEW. M.; CORDEIRO, I.; NOBREGA, C. A.; VIEIRA, A. H.; **Compactação de solos em Sistemas Agroflorestais no município de Porto Velho – Rondônia**, 2006. Acessado em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/929075/compactacao-de-solos-em-sistemas-agroflorestais-no-municipio-de-porto-velho-rondonia>> Acessado em: 08/09/2016.

STOLF, R.; **Penetrômetro de Impacto: Instrumento de Precisão**, 2009. Disponível em: < [http://www.kamaq.com.br/instrumentos\\_penetrometro.php](http://www.kamaq.com.br/instrumentos_penetrometro.php)> Acesso em: 09/11/2016.

STRECK, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. & KAISER, D. R.; **Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto**. *C. Rural*, 34:755-760, 2004.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; MOREIRA, J. A. A.; URCHEI, M. A.; HERNANI, L. C.; GAUDÊNCIO, C. de A.; PRIMAVESI, O.; FRANZ, C. A. B.; **8 Compactação do Solo**, 1998. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/44718/1/PROCI1998.00129.pdf>> Acesso em: 12/09/2016.

TREIN, C. R.; COGO, N. P. & LEVIEN, R.; **Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia + trevo/milho, após pastejo intensivo**. R. Bras. Ci. Solo, 15:19:105-111, 1991.

ZERBINATI, M. T.; **Efeitos da Compactação do Solo devido ao tráfego de Máquinas Agrícolas**, 2010. Disponível em: <<https://agrimanagers.wordpress.com/2010/03/24/efeitos-da-compactacao-do-solo-devido-ao-trafego-de-maquinas-agricolas/>> Acesso em: 22/09/2016.