

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – UniEVANGÉLICA
CURSO DE AGRONOMIA**

**PLANTAS DE COBERTURA E SUA INFLUÊNCIA NA
COMPACTAÇÃO DO SOLO**

Pedro Henrique Prieto Mansano

**ANÁPOLIS-GO
2020**

PEDRO HENRIQUE PRIETO MANSANO

**PLANTAS DE COBERTURA E SUA INFLUÊNCIA NA
COMPACTAÇÃO DO SOLO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário de Anápolis-UniEVANGÉLICA, para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Física do solo

Orientador: Prof^a. Dr^a. Claudia Fabiana Alves Rezende

**ANÁPOLIS-GO
2020**

Mansano, Pedro Henrique Prieto

Plantas de cobertura e sua influência na compactação do solo/ Pedro Henrique Prieto
Mansano. – Anápolis: Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 2020.
29 páginas.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Cláudia Fabiana Alves Rezende

Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Agronomia – Centro Universitário de Anápolis
– UniEVANGÉLICA, 2020.

1. Compactação. 2. Escarificação 3. Matéria orgânica I. Pedro Henrique Prieto Mansano. II.
Plantas de cobertura e sua influência na compactação do solo.

CDU 504

PEDRO HENRIQUE PRIETO MANSANO

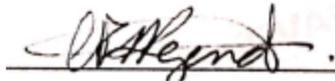
PLANTAS DE COBERTURA E SUA INFLUÊNCIA NA COMPACTAÇÃO DO SOLO

Monografia apresentada ao Centro
Universitário de Anápolis –
UniEVANGÉLICA, para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Física do solo

Aprovada em: 18 de junho de 2020.

Banca examinadora



Prof^ª. Dr^ª. Cláudia Fabiana Alves Rezende
UniEvangélica
Presidente



Prof. Dr. João Darós Malaquias Júnior
UniEvangélica



Prof^ª. Dr^ª. Yanuzi Mara Vargas camilo
UniEvangélica

Dedico esse trabalho a meus pais, Flavio de Lollo Mansano Peres e Gleicy Maria Prieto, por todo apoio em mim depositado, e confiança.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar forças para chegar até onde cheguei hoje.

Minha Família Minha mãe Gleicy, meu pai Flavio, meus irmãos Fabricio, Flavio, Mirian e Fernando, e meus avós Iodesia e Francisco.

Meus amigos de Gameleira: Guilherme, Dani, Hugo, Gustavo, Gabriel e Júlio.

Meus colegas da UniEVANGÉLICA Marlon, Jeferson e Juracy, pelo apoio e conhecimentos passados e pela ajuda durante as aulas.

Aos amigos que fiz na sala de aula: Rayane, João Victor, Amanda e Mayara, pela união, e pela ajuda durante toda nossa trajetória no curso de agronomia.

À minha namorada Nubia Cristina, por ter me apoiado em todos os momentos sendo eles difíceis ou não.

Aos professores do curso de Agronomia da UniEVANGÉLICA, pela contribuição ao meu conhecimento e aos ensinamentos passados durante as aulas.

À professora Dr^a. Claudia Fabiana, pelo total apoio, e pelos conhecimentos a mim passados e pela atenção em que depositou.

A todos colegas de sala, pelas experiências e brincadeiras compartilhadas.

Ao grupo da Fazenda Conquista, por sempre me ajuda em meus trabalhos, e está a minha disposição para qualquer eventualidade.

A Embrapa pelo estágio, pela ajuda e conhecimentos que pude ter durante os trabalhos desenvolvidos.

As empresas Casa Bugre e Alfa, pelo estágio fornecido durante meu curso onde pude ter mais conhecimentos em várias áreas da agricultura.

“A agricultura é a arte de saber esperar”

Riccardo Bacchelli

SUMÁRIO

RESUMO	vii
1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.2. CAUSAS E FATORES DA COMPACTAÇÃO	11
2.2.1. Tráfego de máquinas.....	12
2.2.2. Pisoteio de animais	13
2.2.3. Impacto da gota da chuva.....	13
2.2.4. Modelagem e compressibilidade do solo	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS	X
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1 MÉTODOS DE DESCOMPACTAÇÃO	16
4.1.1. Escarificação mecânica	16
4.1.2. Escarificação Biológica	16
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	19
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

RESUMO

A agricultura é ampla e de extrema importância para a sociedade e para a economia no Brasil. Frente a sua importância são necessários constantes estudos para aprimorar a produção. Dentre os problemas, a compactação do solo se destaca a nível mundial, tornando-se um elemento que limita a qualidade física das terras agricultáveis, afetando grandemente o alcance de índices de produtividade, e ainda é um dos principais fatores que causam a degradação dos solos agrícolas. Diante do contexto, o trabalho tem como objetivo analisar diferentes tipos de plantas descompactadoras a fim de analisar características de cada espécie através de pesquisas e estudos feitos para determinar qual a melhor forma de se manejar cada cultura para que não haja a degradação do solo. Para a realização do trabalho a literatura foi consultada em artigos científicos, sites nas bases de dados do Google acadêmico, Capes, Scielo, Researchgate e Embrapa sendo artigos em língua portuguesa. A pesquisa bibliográfica considera a importância do tema para o desenvolvimento da agricultura, no qual é possível conhecer, sob o olhar de vários autores o tema abordado. O manuseio do solo com máquinas agrícolas, a criação de animais e gotas de chuva são alguns fatores que causam o aumento da compactação. Os métodos atualmente conhecidos para reverter a compactação são a escarificação mecânica e biológica no SPD enquanto no SPC é realizado o revolvimento do solo. Para reduzir a utilização de maquinários, foi analisado como alternativa a escarificação biológica com uso de plantas de cobertura que têm se mostrado um bom método. Plantas que possuem o sistema radicular agressivo, que podem chegar nas camadas mais profundas do solo, possuindo grandes raízes pivotantes e um grande volume de raízes secundárias são recomendadas para áreas compactadas. Por ser um método natural melhora a estruturação do solo, aumentando a absorção de nutrientes, sem que haja perda da biota e da matéria orgânica, ao contrário da escarificação mecânica.

Palavras-chave: Compactação, Escarificação, Matéria orgânica.

1. INTRODUÇÃO

O Centro-Oeste brasileiro vem sofrendo continuamente com problemas ocasionados pela compactação do solo, o manejo convencional causou dissociação nas camadas onde foi revolvido o solo além de formar camadas coesas e compactadas (STONE et al., 2001). Através disso vem sendo feito estudos com plantas de cobertura, que além de proteger o solo ajuda na descompactação do mesmo.

Com o objetivo de elevar os ganhos de produção, ocorre o aumento do uso de maquinários maiores e mais pesados, por conta não só da expansão das áreas, mas também da demanda de serviços. Isso promove ao solo alterações gradativas, o que acarreta o aumento da densidade tornando o solo compactado, levando a diminuição da absorção de água, baixo desenvolvimento radicular das culturas, reduzindo a macroporosidade e aumentando à resistência a penetração (TORRES et al., 2015).

Com a utilização do plantio direto o solo tem uma maior cobertura, visando um maior acúmulo de matéria orgânica, para que se tenha maior incidência de atividades biológicas em vários processos do solo, que causam mudanças na sua estruturação, como nas vias de transporte de nutrientes e água. Entre vários aspectos do sistema de plantio direto o aumento da densidade está provocando compactação, o que faz com que o produtor rural volte a utilizar métodos convencionais, como o revolvimento e movimentação do solo, causando a desestruturação do solo e a rápida mineralização perdendo toda a matéria orgânica que estava já acumulada no solo (STONE et al., 2001).

Alguns métodos podem ser realizados para que seja feita a descompactação, sendo assim, para descompactar o solo ou prevenir que aconteça o aumento da compactação e feita a utilização de máquinas agrícolas, que fazem o processo de escarificação mecânica do solo (JIN et al., 2007). A utilização desse método deve ser moderada, pelo fato de investimento muito alto em maquinários e pela mudança do manejo e cultivos a serem plantados. Tendo em vista que quanto mais compactada for camada do solo maior será os gastos para se fazer a descompactação, por conta do maior gasto de combustível e desgaste do maquinário utilizado, ocasionando mais investimento do produtor em funcionários e mão de obra (CHAMEN et al., 2015). Além do mais, nem sempre a utilização da escarificação mecânica vai aumentar a produtividade das áreas ou obter um maior rendimento ao produtor (GUBIANI et al., 2013).

Plantas que possuem o sistema radicular agressivo e que podem chegar nas camadas mais profundas do solo, possuindo grandes raízes pivotantes e um grande volume de raízes.

Secundárias, promovem o aumento da disponibilidade hídrica do solo com a formação de bioporos, que contribui para maior absorção de nutrientes aos cultivos plantados na área onde era compactada (SANTOS et al., 2014).

Plantas que são utilizadas como coberturas de solo como da espécie da (*Crotalaria spp*), vem sendo cada vez mais utilizadas pelos produtores rurais do cerrado. Nesses últimos anos demonstram alta tolerância a falta de água quando são plantadas em épocas de safrinha, diminuem a presença de fitonematoides no solo, contribuem para o acúmulo significativo de fitomassa e nutrientes na parte aérea. Ressalta uma grande capacidade de incorporar nitrogênio ao solo e fornecer para as culturas seguintes pela fixação biológica de nitrogênio. Estudos realizados têm mostrado também grande capacidade de descompactação da espécie *C. juncea* (FOLONI et al., 2006).

A estrutura radicular das plantas de cobertura do gênero *Brachiaria* e *Panicum* tem a capacidade de descompactar e estruturar o solo, disponibilizando melhores condições para infiltração de água e ar, ajudando a melhorar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, agregando a eficácia da adubação mineral (STONE et al., 2003). Verificando as alterações das populações de plantas espontâneas na existência de adubos verdes como o feijão-de-porco, lab-lab, guandu e mucuna-preta, a mucuna-preta foi a que mais se destacou diante das outras culturas devido sua melhor eficácia no recobrimento do solo fazendo com que controle o aparecimento de plantas daninhas podendo alcançar 100% de cobertura no solo após 84 dias da sua emergência (FAVERO et al., 2001).

A penetração das raízes no solo acontece com mais facilidade, e por ser um método natural melhora a estruturação do solo, aumentando a absorção de nutrientes, sem que haja perda da biota e da matéria orgânica, ao contrário da escarificação mecânica (GIACOMONI, 2003). Diante do contexto, o trabalho tem como objetivo analisar diferentes tipos de plantas descompactadoras a fim de analisar características de cada espécie através de pesquisas e estudos feitos para determinar qual a melhor forma de se manejar cada cultura para que não haja a degradação do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. COMPACTAÇÃO DE SOLO

A compactação do solo se destaca a nível mundial, tornando-se um elemento que limita a qualidade física das terras agricultáveis, afetando o alcance de índices de produtividade maiores (ALAKUKKU; ELOMEN, 1994). A compactação dos solos é um dos principais fatores que causam a degradação dos solos agrícolas (CANILLAS; SALOKHE, 2002).

A compactação pode ser caracterizada quando se tem a redução de espaço poroso em meio aos agregados, sucedendo uma reorganização dos mesmos na matriz do solo, desta forma se tem a ruptura e perda desses agregados ocasionando uma reorganização e orientação das partículas, trazendo como consequência uma camada mais coesa (HORN; LEBERT, 1994).

Todo esse processo depende da quantidade de água que se tem no solo e de forças externas aplicadas no solo pelo tipo de manejo utilizado. A compactação do solo retrata o processo que expõe o declínio de volume de solos não saturados, em que ocorre uma pressão externa ocasionada pelo tráfego de máquinas agrícolas, animais, e implementos agrícolas. Diferentes práticas de manejo no solo e de culturas propiciam mudanças em propriedades físicas do solo, as quais podem ser mudanças temporárias ou permanentes. Deste modo, se torna vantajoso fazer a avaliação da qualidade física do solo, por ser um incremento considerado importante na sustentabilidade e manutenção nas diferentes áreas da produção agrícola (LIMA, 2004).

Existem vários outros processos que são importantes para entender a compactação, como os atributos físicos do solo, proporção de água e restos culturais. As características físicas e químicas dos solos fazem com que seja mais ou menos favorável a compactação, intervindo dessa maneira no crescimento das raízes em busca de água e nutrientes (CARVALHO et al., 2004). A compactação do solo para a pedologia explicada como uma reorganização no arranjo das partículas que compõe o solo (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

Os fundamentos da qualidade física do solo devem abranger os atributos biológicos, físicos e químicos do solo, agregando a variabilidade de propriedades, serem consideráveis a variações provocadas por mudanças sazonais a longo prazo, serem também estimáveis por meio de uma grande variedade de condições e classes de solo, tornar simples de medir, possuir baixo custo, ser flexível para outros tipos de sistemas (STENBERG, 1999); (SCHOENHOLTZ et al., 2000).

No Brasil há um meio de se fazer avaliação da compactação do solo e se ele e

susceptível ou não ao tráfego de máquinas agrícolas, paralelamente com o momento ideal para efetuar operações mecanizadas nas lavouras, o que reduziria problemas de degradação de solos agricultáveis no nosso país (KONDO; DIAS JUNIOR, 1998; SILVA; REINERT; REICHERT, 2000a).

2.2. CAUSAS E FATORES DA COMPACTAÇÃO DE SOLO

No sistema convencional de preparo de solo, o implemento agrícola mais utilizado é a grade aradora. Geralmente a grade trabalha no solo em camadas mais superficiais, mostrando um alto rendimento na sua utilização em campo, no entanto o uso frequente da grade aradora pode causar a reorganização de partículas do solo, levando a formação de camadas compactadas, designada pelo nome de “pé-de-grade” (SILVA, 1992).

O manejo do solo, sendo no SPC (sistema de preparo convencional), onde acontece o revolvimento do solo, tanto para o SPD (sistema de plantio direto), onde não se faz o revolvimento do solo, tem que ser levado em consideração o intervalo hídrico ótimo. Esse critério tem como objetivo mostrar a quantidade de água no solo, determinada no limite superior pela umidade no solo, conjunta a capacidade de campo, ou na capacidade de água que torna-se limitante pela aeração, também pelo ponto de murcha permanente devido ao limite inferior de conteúdo de água, ou na capacidade em que a água torna-se limitante, pelo fato que o solo fique mais resistente dificultando sua penetração (KAY et al., 1997).

No SPD, geralmente os solos, após três a quatro anos, retratam valores maiores de microporosidade e densidade na camada superficial, assim reduzindo a quantidade de macroporos e porosidade total, se comparado ao SPC. Deste modo, isto ocorre pelo arranjo natural de solo não mobilizado, também pela pressão em que máquinas agrícolas fazem quando transitam juntamente com implementos, atividades essas que realizadas em solos mais argilosos, com elevados teores de umidade, acontecem com mais facilidade (SILVEIRA; STONE, 2003).

Com o manejo de solo utilizando o SPD o solo passa por reorganizações e transformações morfoestruturais, reduzindo sua macroporosidade, o que retrata uma diferença da colonização da quantidade de raízes que exploram o solo, assemelhado ao preparo com arados ou SPC (BRONICK; LAL, 2005).

Os diferentes sistemas de manejo do solo têm uma alta interferência nas propriedades físicas do solo, que são associados com a compactação. O SPD é um método que ajuda no

controle de erosão do solo, quando comparado ao SPC, todavia, estudos indicam que no sistema de plantio direto o solo sofre maior compactação, gerada pelo intenso tráfego de máquinas, fazendo com que ocorra a acomodação natural de partículas sólidas do solo (SILVA et al., 2000).

Com o passar dos anos cada vez mais os produtores vem utilizado em suas lavouras o SPD que ganha destaque em regiões do Cerrado, devido à baixa disponibilidade hídrica. Desta forma, cada vez mais vem sendo feito estudos com o objetivo da utilização de diferentes plantas de cobertura em locais com pouca precipitação de chuvas, e onde também possua solos compactados (PETTER; MADARI, 2012).

2.2.1. Tráfego de máquinas

A circulação de máquinas agrícolas é uma das principais causas da compactação de solos, tal fator tem crescido continuamente devido ao aumento no tamanho e no peso dos maquinários, além da intensidade em que são utilizados no manejo de solos agricultáveis. Com o aumento das máquinas, ocorreu-se um aumento correspondente ao tamanho e a largura dos pneus, essa desproporção acarreta em alterações nas propriedades físicas do solo (SILVA et al., 2000).

Boa parte dos pneus utilizados nas máquinas no Brasil apresentam as laterais firmes, o que os denominam pneus de banda diagonal. Deste modo o pneu não consegue se moldar às irregularidades do solo, diminuindo assim a superfície de contato e elevando o adensamento das partículas do solo (SILVA et al., 2000). Esse tipo de compactação pode ser mais grave quando não se realiza o revolvimento do solo, causando uma pressão inadequada dos pneus agrícolas e umidade imprópria quando se está acontecendo atividades agrícolas, sendo elevado quando a mesma está acima do ponto de friabilidade (SECCO et al, 2004).

Compreender a associação através da tensão imposta pelos pneumáticos e a alteração causada no solo é muito importante, pelo fato de se saber qual manejo fazer para diminuir a degradação dos solos. Visando melhorar a estrutura física do solo há o dever de manejar, mas pelo fato do mesmo estar bem estruturado, faz com que ele se torne mais apto à deformação. A maior dificuldade é fazer com que a pressão dos pneumáticos seja manejada de forma a não

danificar a estrutura do solo a fim de adequar a tensão imposta a resistência a deformação (SECCO, 2003).

2.2.2. Pisoteio de animais

O pisoteio animal é um dos fatores que causam a compactação do solo, que pode ser mais grave quando se tem a remoção da vegetação sofrida pelo pastejo, limitando a infiltração de água, elevando a erosão e interferindo no desenvolvimento radicular de plantas, impedindo a absorção de nutrientes (MARCHÃO et al., 2009). É considerável analisar que a compactação é influenciada por alguns fatores como a classe do solo, o índice de umidade, e a taxa de lotação do animal, e o que se tem plantado na área como o tipo de forrageira utilizada e sua massa de forragem (MARCHÃO et al., 2007).

Pelo fato de os animais sempre estarem se movimentando na área é normal que ocorra mais pisoteio em alguns locais, gerando um ponto mais compactado, demarcado pela marca dos cascos que se encontra distribuídos no solo de forma desuniforme. Deste modo, quanto mais tempo se passa, maior será a taxa de compactação da área contida, com os animais deteriorando cada vez mais o solo (LIMA et al., 2004).

2.2.3. Impacto da gota da chuva

Uma fonte natural de compactação pode ser caracterizada pelas gotas de chuva, quando caem e tem o impacto com o solo descoberto poderá o compactar e desagregar as partículas aos poucos (FERREIRA et al., 2005). O impacto ocasionado pelas gotas da chuva desagrega o solo em partículas menores, que diminuem os espaços entre os poros, gerando uma superfície coesa que impede a translocação rápida da água pelo solo (DERPSCH et al., 2010)

As gotas de chuva quando atingem o solo desagregam sua estrutura, e ainda favorece o selamento superficial. Conhecer características como velocidade final das gotas, intensidade e diâmetro é importante para saber qual o grau dessas ocorrências no solo (BORTOLOZZO; SANS, 2001). Com a colisão das gotículas de chuva sobre o solo vai ocorrer a fragmentação mecânica, formando camadas compactadas e mais densas, pelo fato de ter ocorrido o fracionamento dos agregados, resultando assim em um selamento na camada superficial do solo (SCHAEFER et al., 2002).

Juntamente com o impacto da gota da chuva, a textura é um fator que demonstra ampla

relevância no procedimento da compactação. É verificado um novo arrançamento das partículas do solo quando alguma pressão externa como, equipamentos ou animais, é empregada. Com esse arrançamento o espaço poroso diminui, o que aumenta a densidade e resistência à penetração, causando a compactação (HORN; LEBERT, 1994).

2.2.4. Modelagem e compressibilidade do solo

Para a compreensão dos solos a modelagem se apresenta em grande potencialidade para entender este processo. Dias Junior; Pierce (1995) apresentaram um modelo não linear que possibilita determinar uma pressão máxima, onde o solo pode sofrer sem que ocorra a compactação, estando em distintos teores de umidade em regiões de clima temperado.

Esse modelo desenvolvido por Dias Junior; Pierce (1995) foi utilizado no Brasil por Kondo (1998) em latossolos na região de lavras, onde se certificou que a compressibilidade do solo é afetada pelo sistema de manejo. A utilização de modelos de compressibilidade fundamentado na pressão de preconsolidação, prevêem a maior pressão que um solo pode aguentar em diferenciadas umidades, sem que haja compactação, sendo uma forma de prevenção para que não ocorra a compactação (DIAS JUNIOR, 1994).

Oliveira et al. (2003) visando estudar a conduta compressiva de um latossolo vermelho argiloso da região do cerrado, sujeito a diferenciados manejos e sistemas de uso e pressões de água no solo, certificaram que em uma profundidade de 0-5 cm, os fatores de compressão não se diferiu, independente da pressão de água no solo. Feito o mesmo em um solo virgem, a alteração da densidade no solo foi a mesma para diferentes pressões de água. Todavia, os valores de densidade final foram mais relevantes na medida em que se ampliou a quantidade de água no solo. Estas resultâncias apontam uma direção a uma maior deformação do solo sob condições de cerrado em quantidade maiores de água, retratando como consequência a uma menor densidade e com poros maiores sujeito a deformações .

Indiferente de qual seja a classe de solo, na medida em que se eleva a umidade no solo a densidade também irá se elevar, até alcançar um valor superior, obtendo dessa forma o valor máximo de densidade no solo e da umidade excelente para a compactação (DIAS JUNIOR; MIRANDA, 2000).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A revisão bibliográfica é uma importante ferramenta que se aproxima de pesquisas e estudos da mesma área ou do mesmo tema, considerando-se uma determinada perspectiva científica (DANE, 1990). Contudo, deve definir quais as palavras chave foram usadas, fontes de pesquisas, autores e termos de indexação. Nessa perspectiva, a revisão bibliográfica é vista como passo inicial para a pesquisa científica (WEBSTER; WATSON, 2002). Expandida com fundamento em material já elaborado como teses, livros e artigos, a exploração com a utilização da pesquisa bibliográfica permite maior vinculação com o problema, aperfeiçoamento de ideias ou evidenciação de intuições (GIL, 2008).

A revisão bibliográfica, apesar de ser seja popular na maioria das pesquisas científicas, deve ser elaborada e transparente de modo que seja compreendida de forma sistemática (WEBSTER; WATSON, 2002; WALSHAM, 2006; LEVY; ELLIS, 2006).

A literatura foi consultada em artigos científicos, sites nas bases de dados do Google acadêmico, Capes, Scielo, Researchgate e Embrapa sendo artigos em língua portuguesa. A pesquisa bibliográfica considera a importância do tema para o desenvolvimento da agricultura, no qual é possível conhecer, sob o olhar de vários autores o tema abordado.

Os termos de indexação utilizados foram: ‘o que é a compactação’, ‘como acontece o processo de compactação do solo’, ‘causas e fatores da compactação’, ‘plantas descompactadoras’, ‘ plantas de cobertura’.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MÉTODOS DE DESCOMPACTAÇÃO

4.1.1. Escarificação mecânica

Os solos cultivados no Cerrado, na maioria das vezes, têm propriedades que limitam o desenvolvimento das raízes das plantas, geralmente são solos que apresentam baixa eficácia de troca de cátions, com elevada acidez e com nutrientes como fósforo (P) pouco disponível. Demonstram ainda um elevado índice de lixiviação e de intemperização, causando problemas como a falta de nutrientes no perfil do solo, o que demanda um manejo diferente do convencional (SOUSA; LOBATO, 2004).

No plantio direto, muitos benefícios são mantidos devido aos equipamentos utilizados, por essa razão são priorizados os que possuam hastes, visto que estes atingem abaixo da camada compactada proporcionando uma menor superfície de contato e uma desagregação e mobilização do solo mais baixa (VERNETTI JÚNIOR; GOMES, 1999).

Na escarificação mecânica, é necessário uma grande demanda de energia o que exige tratores com alta potência, gerando uma operação com altos gastos de combustível, consumindo em torno de 20 L ha⁻¹ (KOCHHANN et al., 2000). Além disso, esse método pode causar o arraste e acúmulo dos resíduos de cobertura em alguns pontos do terreno, o que reduz o efeito protetor da palhada e dificulta o plantio da cultura seguinte (TORRES; SARAIVA, 1999).

A descompactação mecânica do solo tem como princípio o rompimento das camadas mais densas, utilizando equipamentos mecânicos como o escarificador de hastes, que atinge as camadas abaixo da área compactada. Qualquer implemento agrícola que opere em profundidades superiores a camada compactada, descompacta mecanicamente o solo. O escarificador e outros equipamentos com hastes são indicados pois causam menos intensidade de mobilização do solo (KOCHHANN, 2000).

Esse manejo requer implementos específicos. Os implementos agrícolas utilizados para se fazer a descompactação do solo são compostos de arados de disco, arado de aiveca e escarificador, e também muito utilizado o subsolador, que é utilizado para descompactar camadas que estão compactadas em profundidade que não se consegue descompactar com outros implementos, devido a profundidade maior que o subsolador pode alcançar sem revolver o solo (EMBRAPA, 2009).

Deste modo, para se fazer a descompactação mecânica com o uso de escarificadores, deve-se fazer o ajuste para operar a 5,0 cm de profundidade da camada que está compactada,

com isso o espaçamento das hastes do escarificador irá definir o nível de compactação que o solo apresenta (EMBRAPA, 2000). Para diminuir a compactação do solo em áreas de sistema de semeadura direta, a escarificação mecânica é a mais indicada, pelo fato de diminuir a densidade do solo e aumentar a capacidade de infiltração de água e condutividade hidráulica (CAMARA; KLEIN, 2005).

Porém, o uso da escarificação mecânica não tende a melhorar esses quesitos a longo prazo, tendo efeito provisório; assim o solo aumenta sua densidade novamente, o que demandará uma outra escarificação (BUSSCHER et al., 2002). Sendo assim, a descompactação mecânica soluciona o problema de densidade do solo somente nos primeiros centímetros de camada do solo, gerando complicações nas camadas profundas do solo, pelo fato que, logo abaixo onde são utilizados os descompactadores, o solo continuará intacto porém sofrendo o processo de compactação (PEDROTTI, NETO, 2008).

4.1.2. Escarificação Biológica

Para reduzir a utilização da escarificação mecânica, foi analisado como alternativa a utilização da escarificação biológica, que se tem mostrado um bom método, reduzindo dessa forma a utilização intensiva de maquinários agrícolas que não são capazes de solucionar problemas associados a estrutura física do solo (JIMENEZ et al., 2008). Para que se tenha uma boa cobertura no solo é desejado que se faça um manejo com rotação das espécies descompactadoras, que possuem um sistema radicular agressivo, capaz de romper camadas que estão compactadas, aumentando o índice de poros e aumentando as condições físicas do solo (CARDOSO et al., 2003).

A utilização da escarificação biológica é feita com a utilização de plantas de cobertura, que possibilitam uma desagregação mais homogênea de camadas que estão compactadas, e também colabora para uma melhor agregação do solo (CAMARGO; ALLEONI, 1997). As plantas de cobertura também promovem a transferência de nutrientes da camada mais profundas do solo para as camadas mais superficiais, disponibilizando-os gradativamente no período de decomposição (FIORIN, 1999). Deste modo, as raízes das plantas de cobertura preenchem os macroporos, melhorando a permanência dos agregados presentes (EMBRAPA, 2000).

Com a utilização da escarificação biológica se acarreta o acúmulo de cobertura sobre o solo, sendo ela viva e morta, aumenta o poder de retenção de água no solo, eleva o índice de matéria orgânica e conseqüentemente melhora a condição física (SÉGUY; BOUZINAC, 1995).

Deste modo, a adesão do uso de rotação de diferentes tipos e espécies, juntamente com

o manejo feito corretamente no solo, sucede o aumento de armazenagem, proporcionando o aumento de água para as plantas. Assim, algumas espécies apresentam raízes que melhoram o processo de infiltração de água no solo, aumentando os aspectos físicos do solo como o aumento da fração de bioporos verticais (LAL; VANDOREN, 1990).

A carência de nutrientes no solo após a safra principal é um dos problemas normalmente observados nas lavouras. Procurando uma forma de melhorar e prevenir estes efeitos, Calegari (1995) relata que com o uso de plantas de cobertura se tem a redução da vulnerabilidade à erosão, efetuando reciclagem de nutrientes no solo e ampliando a disponibilidade para as safras seguintes. A quantidade de palhada na camada superficial do solo contribui com a preservação da matéria orgânica e umidade do solo.

Müller et al. (2001) trabalhando com plantas que promovem a descompactação do solo, analisou culturas de adubação verde de inverno, sendo cinco espécies: a Aveia branca (*avena sativa*), Tremoço branco (*lupinus albus*), Ervilhaca (*vicia cracca*) e o Nabo forrageiro (*brassica rapa subsp. Rapa*). O nabo forrageiro e a aveia branca mostraram melhores resultados quanto ao comprimento de raiz e volume na camada compactada, sendo escolhidos entre as espécies que melhor descompactou as camadas adensadas do solo.

A cultura do milheto (*Pennisetum glaucum*) e do sorgo de guiné (*sorghum*), usadas como plantas de cobertura em solos já compactados, mostraram melhores resultados, quando comparados com as culturas de girassol, *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis*, por ter grande quantidade de raízes em todos os pontos de compactação experimentados. Porém as espécies de *C. spectabilis* e a *C. juncea* apresentam um crescimento radicular neutro à compactação do solo (ROSOLEM et al., 2001). Sendo assim, o uso das plantas de cobertura se torna efetiva no acúmulo de palhada em áreas de plantio direto, no entanto ainda apresentam poucos estudos no uso das espécies citadas acima. (CALONEGO et al., 2011).

Plantas de cobertura cada vez mais vem sendo empregadas na região do Cerrado, como a cultura do milheto, que vem sendo uma planta com alto índice de produção de fitomassa em entressafras (BOER et al., 2007; TORRES et al., 2008). A expansão do milheto nesse bioma se dá de forma suscita pela sua multifuncionalidade de usos, rusticidade, rápido estabelecimento e capacidade de romper camadas compactadas. Além disso, apresenta um bom potencial em períodos de estiagem, se adequa a solos com índice de fertilidade baixo e ainda uma excelente capacidade de gerar massa seca.

Deve ser ressaltado que o aumento rápido da cultura do milheto mostrada na agricultura brasileira ocorre principalmente na formação de palhadas no sistema de plantio direto,

amplamente realizado nas regiões de Cerrado, por possuir um sistema radicular profundo capaz de descompactar o solo e também recuperar os nutrientes (BOER et al., 2007). Apesar disso, a produção de fitomassa é diretamente relacionada com o índice de água fornecido para a planta (SODRÉ FILHO et al., 2004). Com boa tolerância a falta de água, o uso de espécies como a *Brachiaria brizanta* e *Brachiaria ruziziensis* está cada vez mais sendo utilizada, e pode ser visualizada na Figura 1 (PACHECO et al., 2011b).



Fonte: PAZ NETO (2015).

Figura 1 – Pastagem do híbrido de milheto cv. ADRf 6010 com 40 dias após a semeadura, na Fazenda São Paulo José

As espécies de *Brachiaria* demonstram um hábito de desenvolvimento diferente das outras plantas, destacando uma menor produção de fitomassa em período inicial da safrinha, comparando-se ao milheto. Porém, com início das chuvas, a capacidade de rebrota é alta, fazendo com que aumente a produção de fitomassa (PACHECO et al., 2011a). A eficiência da rebrota está diretamente relacionada com a boa formação do sistema radicular da planta, mostrado na Figura 2, sendo um fator de muita importância, fazendo com que espécies como a mucuna preta (*Mucuna aterrina*) seja indicada como uma boa opção de planta de cobertura a ser utilizada no Cerrado em entressafras (SODRÉ FILHO et al., 2004).



Fonte: PAZ NETO (2015).

FIGURA 2 - Cultivares de milho ADRf6010 (esquerda) e ADR500 (direita), ambos com 32 dias de plantio em canteiro experimental

De acordo com Jimenez et al. (2008), cultura do milho e do amarantho (*Amaranthus cruentus*) tem uma boa produção de fitomassa seca e um bom desenvolvimento radicular se destacando cada vez mais. Com a utilização dessas plantas de cobertura o sistema radicular agressivo das mesmas rompe camadas coesas do solo, facilitando o crescimento de outras culturas que serão plantadas em sucessão, formando canais naturais (BONFIM-SILVA et al., 2012).

As espécies de crotalaria (*Crotalaria spp.*) cada vez mais vem sendo utilizadas por produtores em regiões de Cerrado. Semeadas em época de safrinha a crotalaria apresenta alta adaptabilidade na falta de disponibilidade hídrica, e possuem características que diminuem a multiplicação de fitonematoides contidos no solo, produzindo um bom acúmulo de fitomassa e nutrientes em sua parte aérea, outra característica importante dessa espécie é sua grande capacidade de fornecer nitrogênio ao solo, fazendo a fixação biológica de nitrogênio. Estudos feitos destacaram a *C. junceaem* com um alto poder de descompactação nos solos (FOLONI et al., 2006).

Abreu et al. (2004), ao avaliarem o efeito da escarificação mecânica (escarificador) e biológica (*Crotalaria spectabilis*) na redução da compactação de um Argissolo franco-arenoso, constataram que se deve levar em consideração as alterações da umidade e densidade, propriedades usadas como indicadoras da estrutura do solo. Usando o indicador condutividade

hidráulica do solo, esses autores observaram maior eficácia da escarificação biológica na ruptura da camada compactada, e estabelecimento de poros condutores de água.

Barros; Jardine (2012) destacam a espécie nabo forrageiro, conhecido cientificamente por *Raphanus sativus* L., planta da família das Crucíferas. É bastante utilizada na adubação verde, pois suas raízes descompactam o solo, permitindo um preparo biológico do mesmo na rotação de culturas e na alimentação animal, e pela alta produção de matéria orgânica que retorna ao solo e devolve os nutrientes ao ciclo natural. É uma espécie com alta tolerância a geada e a seca, sendo cultivada principalmente em outono e inverno. Por ser muito resistente a solos com problemas de acidez, consegue se desenvolver relativamente bem em solos fracos, sendo resistente a doenças e pragas.

A simplicidade do cultivo do nabo forrageiro associado a elevada quantidade de óleo apresentada em suas sementes facilitando a extração do mesmo, faz com que os produtores se interessem nessa matéria prima (MARCARENHAS, 2010). O óleo extraído do nabo forrageiro é uma opção de matéria-prima para a produção de biodiesel no Brasil, pois apresenta diversas vantagens, principalmente quando comparado aos óleos de soja e de girassol, pois possui uma maior estabilidade química, o que diminui possíveis degradações e desenvolvimento de resíduos sólidos, caso seja armazenado ou transportado de maneira inadequada. Outra característica extremamente importante desse óleo é a sua viscosidade, a qual é classificada como baixa, fator que o torna ainda mais interessante para produção de biodiesel, já que tal aspecto melhora o desempenho do motor (BARROS, JARDINE, 2012).

Em um estudo sobre a decomposição e liberação de macronutrientes dos resíduos de nabo forrageiro, Crusciol et al. (2005) observaram que no estágio de pré-florescimento da cultura é manifestada uma degradação acelerada da palhada, causando a liberação de substâncias de macronutrientes. Aita; Giacomoni (2003) ainda acrescentam algumas características sobre o nabo forrageiro, classificando-o como uma planta recicladora e que dispõe de nutrientes, principalmente nitrogênio e potássio. É uma excelente opção de planta descompactadora de solo, pois é uma cultura rústica que apresenta sistema radicular do tipo pivotante, o qual alcança altas profundidades.

Além do alcance, as raízes do nabo forrageiro mostradas na Figura 3 estimulam significativos efeitos físicos no solo, resultando em uma melhora nos níveis de descompactação e permeabilidade, já que as raízes criam canúlos ou orifícios, por onde a água transpõe, melhorando a condutividade hídrica dos solos, todos esses fatores favorecem o manuseio biológico (HERNANI, 2012). Deve ainda ser ressaltado que a fitomassa apresentada tem

decomposição rápida causada pela baixa relação entre carbono e nitrogênio (HERNANI, 2012).



Fonte: RETKA (2018).

Figura 3 - Detalhe das raízes de nabo forrageiro e sua característica de desenvolvimento

As raízes de nabo forrageiro mostradas na figura 3 receberam adubação, o que fez com que elas se desenvolvessem com maior voracidade, assim elas são capazes de romper a camada compactada, tornando mais fácil a infiltração de água no solo e ainda melhora a estrutura física do mesmo (RETKA, 2018)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos principais problemas enfrentados nas lavouras brasileiras limitando a produção de muitos agricultores é a compactação do solo, o que torna necessário saber as melhores formas para solucionar este problema, e assim obter um solo propício que irá garantir uma melhor produção. O sistema de plantio convencional é especialmente um dos fatores que acarretou a atual situação de compactação dos solos cultiváveis, esse sistema degrada o solo e atinge suas estruturas químicas, físicas e biológicas.

A compactação pode ser revertida de duas maneiras, por meio da escarificação mecânica e da escarificação biológica. A mecânica é realizada com uso de implementos agrícolas como o escarificador com hastes. Esse sistema permite a melhoria do aspecto físico do solo, porém, é um método somente temporário, desta forma, adotando este método, a cada safra terá que ser realizada uma escarificação.

Já a escarificação biológica com a utilização de plantas recuperadoras, que promovem a descompactação do solo, permite uma descompactação mais homogênea através do sistema radicular agressivo que rompem as camadas mais densas do solo, proporcionando assim uma maior capacidade de retenção de água do solo, maior quantidade de macroporos, aumenta o índice de matéria orgânica, e conserva os microrganismos contidos no solo. Para realizar esse processo deve-se adotar o sistema de plantio de direto sem que haja o revolvimento do solo. Ambos os métodos de escarificação são eficientes mas é necessário observar as vantagens e desvantagens e determinar qual é superior.

Em virtude dos fatos mencionados, é mais viável adotar a escarificação biológica, pois as plantas recuperadoras aumentam a qualidade do solo, o que é essencial para as principais culturas destinadas para a alimentação humana, já que um solo de melhor qualidade aumenta a produção, a qual precisa atender ao aumento populacional. Juntamente a isto, há a necessidade de um desenvolvimento sustentável que também possui melhores resultados quando são usadas as plantas recuperadoras. Assim, é preciso conscientizar produtores e profissionais da área sobre a importância do manejo conservacionista.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.** R. Bras. Ci. Solo, 28:519-531, 2004.

AITA, C.; GIACOMONI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p.601- 612, 2003.

ALAKUKKU, L.; ELOMEN, P. **Long-term effects of a single compaction by heavy field traffic on yield and nitrogen uptake of annual crops.** Soil and Tillage Research, Amsterdam, v.36, p.141-152, 1994.

BARROS, T. D.; JARDINE, J. G.; **Agroenergia: Nabo forrageiro**, 2012.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. **Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, 2007.

BONFIM-SILVA, Edna M. *et al.* Compactação do solo e macronutrientes primários na *Brachiaria brizantha* cv. Piatã e *Panicum maximum* cv. Mombaça. **Agriambi: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 362-367, 31 jan. 2012. Semestral

BORTOLOZZO, A.R.; SANS, L.M.A. Selamento superficial e seus efeitos na taxa de infiltração: uma revisão. **Revista FactuCiência**, Unaí, ano 1, n.1, p.32-42, 2001.

BRONICK, C.J.; LAL, R. **Soil structure and management: a review.** Geoderma, v.124, p.3-22, 2005.

BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J.; FREDERICK, J.R. **Recompaction of a coastal loamy sand after deep tillage as a function of subsequent cumulative rainfall.** Soil Till. Res., 68:49-57, 2002.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná.** Londrina: Iapar, 1995. 118p. (Circular, 80).

Calonego, J. C.; Gomes, T. C.; Santos, C. H; Tiritan, C. S. **Desenvolvimento de plantas de cobertura em solo compactado.** **Bioscience Journal**, v.27, p.289-296, 2011.

CAMARA, R.K; KLEIN, V.A. **Propriedades físico-hídricas do solo sob plantio direto escarificado e rendimento da soja.** Ci. Rural, 35:813-819, 2005.

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

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.

CARDOSO, E. G.; ZOTARELLI, L.; PICCININ, J.; TORRES, J. **Distribuição do sistema radicular da cultura da soja em função do manejo do solo.** In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 29, 2003, Ribeirão Preto.

CHAMEN, W.C.T.; MOXEY, A.P.; TOWERS, W.; BALANA, B.; HALLETT, P.D. Mitigating arable soil compaction: **a review and analysis of available cost and benefit data.** *Soil and Tillage Research*, v.146, p.10-25, 2015. DOI: 10.1016/j.still.2014.09.011.

CRUSCIOL, C.A.C.; COTTICA, R.L.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E.; **Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília v.40, n.2, p.161-168, 2005.

DANE, F. C. **Research methods.** Pacific Grove: Brooks/Cole, 1990.

DIAS JUNIOR, M. S. **Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic.** 1994. Thesis (Ph.D. in Crop and Soil Science) – Michigan State University, East Lansing, EUA.

DIAS JUNIOR, M.S.; MIRANDA, E.E.V. **Comportamento da curva de compactação de cinco solos da região de lavras (MG).** *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v.24, n.2, p.337- 346, 2000.

DIAS JUNIOR, M.S.; PIERCE, F.J. **A simple procedure for estimating preconsolidation pressure from soil compression curves.** *Soil Technology*, Amsterdam, v.8, n.2, p.139-151, 1995.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T.; KASSAM, A.; HONGWEN, L. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** – 2. ed. rev. aplicada. – Brasília, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Compactação e descompactação de solos.** – Passo Fundo: EMBRAPA TRIGO, 2000. 20 p.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da. **Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, nov. 2001.

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.

FIORIN, J. E. **Plantas recuperadoras da fertilidade do solo.** In: Curso sobre aspectos básicos de fértil idade e microbiologia do solo em plantio direto. Resumos... Passo Fundo: Aldeia Norte, 1999. p. 39-55.

FOLONI, J. S. S.; LIMA, S. L.; BULL, L. T. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa,

v. 30, n. 1, p. 49-57, 2006.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUBIANI, P.I.; GOULART, R.Z.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Crescimento e produção de milho associados com o intervalo hídrico ótimo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.1502-1511, 2013. DOI: 10.1590/S0100-06832013000600007

HERNANI, L. C.; **Sistema Plantio Direto: Nabo forrageiro**. Embrapa, 2012.

HORN, R.; LEBERT, M. **Soil compactability and compressibility**. In: SOANE, B. D.; OUWERKERT, C. van. **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1994.p.45-69

IMHOFF, S.C. **Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de Latossolos e Argissolos Vermelhos**. 2002. 104p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP

JIMENEZ, L.R.; GONÇALVES, W.G.; FILHO, J.V.A.; ASSIS, R.L.; PIRES, F.R.; SILVA, G.P. **Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho**. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.12, n.2, p.116–121, 2008.

JIN, H.; HONGWEN, L.; XIAOYAN, W.; McHUGH, A.D.; WENYING, L.; HUANWEN, G.; KUHN, N.J. **The adoption of annual subsoiling as conservation tillage in dryland maize and wheat cultivation in northern China**. Soil and Tillage Research, v.94, p.493-502, 2007. DOI: 10.1016/j.still.2006.10.005.

KAY, B.D.; SILVA, A.P.; BALDOCK, J.A. Sensivity of soil structure to changes in organic carbon content: predictions using pedotransfer functions. **Canadian Journal of Soil Science, Ottawa**, v.77, p.655-667, 1997.

KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E. & BERTON, A.L. **Compactação e descompactação de solos**. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2000. 20p. (Embrapa Trigo. Documentos, 19)

KONDO, M.K. **Compressibilidade de três Latossolos sob diferentes usos**. 1998. 95p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

LAL, R.; VANDOREN, D. **Influence of 25 years of continuous corn production by three tillage methods on water infiltration of two soils in Ohio**. Soil Till. Res., 16:71-74, 1990.

LEVY, Y.; ELLIS, T.J. A system approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. **Informing Science Journal**, v.9, p.181-212, 2006.

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

MARCARENHAS, M. H. T. **Nabo forrageiro: seletividade de herbicidas para produção de agroenergia**. 2010. 04p. SBCPD. Artigo em anais de congresso (CNPMS). Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 27., 2010, Ribeirão Preto.

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.

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A.; Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Classificação do Solo**, Botucatu, v. 25, p 531 – 538, 2001.

OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; RESK, D.V.S.; CURI, N. **Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.38, n.2, p.291-299, 2003.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. O. de A.; ASSIS, R. L. de; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. **Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011a.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. O. de A.; ASSIS, R. L. de; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 1787-1799, 2011b

PEDROTTI, A.; NETO, M. D.; Mecanização agrícola: **Fontes mecanizadas como contribuição aos sistemas de produção agrícola**. Aracaju: Fundação Oviêdo Teixeira, 2008. 204 p.

PETTER, F. A.; MADARI, B. E. Biochar: agronomic and environmental potential in Brazilian savannah soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 761-768, 2012.

RETKA, Willian. **Efeito da cultura do nabo forrageiro na descompactação do solo**. 2018. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2018.

SANTOS, F.S., et al. **A utilização de plantas de cobertura na recuperação de solos compactados**. Acta Iguazu, Cascavel, v.3, n.3, p. 82-91, 2014.

SCHAEFER, C.E.R.; SILVA, D.D.; PAIVA, K.W.N.; PRUSKI, F.F.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; ALBUQUERQUE, M.A. **Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e**

efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.37, n.5, p.669-678, 2002.

SCHOENHOLTZ, S.H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J.A. **A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities.** Forest Ecology and Management, Wageningen, v.138, p.335-356, 2000.

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.

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.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S. **O plantio direto no cerrado úmido.** Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1995. p.1-2. (Informações Agronômicas, 69)

SILVA, J. G. **Ordens de gradagem e sistemas de aração do solo: desempenho operacional, alterações na camada mobilizada e respostas do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.).** 1992. 180p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; BLANCANEUX, P. **Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, p.2485- 2492, 2000.

SILVA, V. R.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Susceptibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.4, p.239- 249, 2000a.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. **Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo.** Ciência Rural, v.30, n.5, p. 795-801, 2000.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.240-244, 2003.

SINGER, M.; EWING, S. Soil quality. In: SUMNER, M.E. **Handbook of soil science.** Boca Raton: CRC Press, 2000. p.271-298.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMORAL, R.; CARVALHO, A. M. **Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 39, n. 4, p. 327-334, 2004.

SOUSA, D.M.G. LOBATO, E. eds. **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2.ed. Brasília, Embrapa, 2004. 416p.

STENBERG, B. **Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators.** Soil and Plant Science, v.49, n.1, p.1-24, 1999.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; KLUTHCOUSKI, J. **Influência das pastagens na melhoria dos atributos físico-hídricos do solo.** In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2003. p.173- 181.

STONE, LUÍS F.; GUIMARÃES, CLEBER M.; MOREIRA, JOSÉ A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, Pb, p.207- 212, 05 dez. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v6n2/v6n2a04.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2019.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja.** Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. 58p. (Circular Técnica, 23)

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. **Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008.

TORRES; JOSÉ LUIZ RODRIGUES ET AL. **Alterações causadas nos atributos físicos após preparo do solo com arado escarificador e enxada rotativa.** Magistra, Cruz das Almas – Ba, v. 27, p.316-325, jun. 2015. Trimestral. Disponível em: <<https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/397>>. Acesso em: 04 set. 2019.

VERNETTI JUNIOR, F.J. & GOMES, A.S. **Plantio direto: Uma opção de manejo para a produção agrícola sustentável.** Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 1999. 69p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 58).

WALSHAM, G. Doing interpretive research. **European Journal of Information Systems**, v.15, pp.320-330, 2006.

WEBSTER, J.; WATSON, J.T. **Analyzing the past to prepare for the future: writing a literature review.** MIS Quarterly & The Society for Information Management, v.26, n.2, pp.13-23, 2002.