



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CAMPUS DE CERRO LARGO

CURSO DE AGRONOMIA

ISMAEL SKALINSKI

**EFICIÊNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA NA RECUPERAÇÃO DA
ESTRUTURA DO SOLO**

CERRO LARGO

2018

ISMAEL SKALINSKI

**EFICIÊNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA NA RECUPERAÇÃO DA
ESTRUTURA DO SOLO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para a obtenção de grau
de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal
da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

Co-orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira

CERRO LARGO

2018

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Skalinski, Ismael

Eficiência das plantas de cobertura na recuperação da estrutura do solo / Ismael Skalinski. -- 2018.

42 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser.

Co-orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Agronomia, Cerro Largo, RS , 2018.

1. Agregados. 2. Qualidade física do solo. 3. Matéria
seca. I. Kaiser, Douglas Rodrigo, orient. II. Vieira,
Renan Costa Beber, co-orient. III. Universidade Federal
da Fronteira Sul. IV. Título.

ISMAEL SKALINSKI

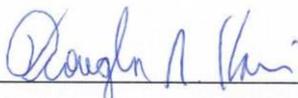
**EFICIÊNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA NA RECUPERAÇÃO DA
ESTRUTURA DO SOLO**

Trabalho de conclusão do curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do grau
de Bacharel em Agronomia da Universidade
Federal da Fronteira Sul.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

07 / 12 / 2018

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS

Orientador



Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira – UFFS

Co-orientador



Prof. Dr. Mario Sergio Wolski - UFFS

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me dado saúde e força para me amparar nos momentos de dificuldade.

Agradeço por todo apoio da minha família, especialmente aos meus pais Claudio e Salomea Skalinski, que não mediram esforços para conclusão desta etapa! Saibam que sou eternamente grato!

À minha avó Francisca Schinwelski, pelo incentivo nesta caminhada até o presente momento.

Agradeço ao meu irmão Samuel e minha cunhada Morgana Skalinski, meu muito obrigado pelo amparo e motivação!

À dona Flavia Podkowa, por todo carinho e cuidado ao longo destes anos.

Agradeço à minha namorada Laura Franke, que me acompanhou ao longo desta jornada, sempre de forma carinhosa e atenciosa. Obrigado por tudo meu amor!

A todos os professores do curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo, que compartilharam seus conhecimentos e foram essenciais na graduação. Agradeço em especial ao professor Dr. Douglas Rodrigo Kaiser pela indicação da proposta de pesquisa e pela orientação. Expresso aqui minha eterna gratidão por compartilhar seu tempo, experiência e sabedoria!

Da mesma maneira, sou muito grato ao meu co-orientador professor Dr. Renan Costa Beber Vieira. Meu muito obrigado!

Agradeço a todos os colegas do laboratório de Pedologia e Física do Solo, da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo, que contribuíram de alguma forma na execução deste trabalho.

Também agradeço aos meus amigos e colegas, que apoiaram e torceram para que esta etapa se concretizasse.

RESUMO

A estrutura do solo pode ser compreendida como o arranjo das partículas do solo, responsáveis pela formação dos agregados. Os usos de diferentes espécies de plantas de cobertura podem contribuir para a melhoria da qualidade física do solo, graças ao sistema radicular e deposição de matéria seca. Em razão disso, o objetivo do presente estudo é verificar a capacidade de diferentes plantas de cobertura em recuperar a agregação do solo em sistema de preparo convencional para viabilizar o início do sistema plantio direto. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo. Foram implantados os seguintes tratamentos: Crotalária juncea, Crotalária spectabilis, Feijão guandu, Capim sudão, Sorgo, Milheto, Pousio. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com 4 repetições. Foram avaliados os parâmetros de densidade, porosidade total, microporosidade e macroporosidade nas camadas 0 – 5; 5 – 10 e 10 – 20 cm na linha de cada cultura; distribuição do tamanho de agregados e o diâmetro médio geométrico dos agregados na camada 0 – 20 cm, nas entrelinhas de cada cultura; e massa seca das culturas. A metodologia utilizada para avaliação da estabilidade de agregados foi seguida de acordo com Método Padrão de via úmida de Kemper e Chepil (1965). Os dados obtidos foram submetidos a análise da variância (ANOVA), e para comparação entre as médias dos tratamentos foi utilizado o teste de Tukey, ao nível de probabilidade de 5%. Quanto ao efeito das espécies de plantas de cobertura na agregação do solo na camada 0 – 10 cm, os tratamentos diferiram significativamente somente na Classe 5, onde o tratamento pousio apresentou a maior porcentagem de agregados na Classe. Na camada 10 - 20 cm, os tratamentos diferiram significativamente somente na Classe 4, onde o tratamento pousio apresentou os maiores percentuais de agregados na Classe. Os valores de DMP não tiveram diferenças significativas em nenhuma das camadas. Na camada 0 – 10 cm os maiores valores de DMG foram observados no tratamento sorgo e na camada 10 – 20 cm, o tratamento capim sudão apresentou os maiores resultados. Os valores de densidade, porosidade total, microporosidade e macroporosidade não diferiram significativamente entre os tratamentos. O sorgo apresentou a maior produção de matéria seca por hectare.

Palavras-chave: Agregados. Qualidade física do solo. Matéria seca.

ABSTRACT

The soil structure can be perceived as an arrangement of particles from soil, responsible for the aggregations formation. The usage of different species of cover plants may contribute to the improvement of physical soil quality, due to a root system and dry matter deposition. In this account, the following research aimed to verify the capability of different cover plants to recover the aggregations of soils on conventional tillage system to enable the first no-tillage system. The experiment was conducted on the experimental area of Fronteira Sul Federal University, *campus* Cerro Largo. The following treatments were implanted: *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, Pigeon beans, Sudan grass, Sorghum, Millet, Fallow. Casual delimitation was adopted for the experimental design, with 4 repetitions. It was evaluated the density parameters, total porosity, micro porosity and macro porosity in the layers 0 – 5; 5 – 10 and 10 – 20 cm in each culture line; size distribution of the aggregations and average geographic diameter of the aggregations in layers 0 – 20 cm, between the lines of each culture; and the dry matter of cultures. The utilized methodology for the stability evaluation of aggregations followed accordingly to the Traditional Method of wet sieving from Kemper and Chepil (1965). Obtained data were submitted to the variance analysis (ANOVA), and to the comparison between treatment averages the Tukey test was utilized, with the level of probability of 5%. As for the species effect of cover plants on the aggregations of soil on the layer 0 – 10 cm, the treatments significantly differed only at the Class 5, where fallow treatment presented higher percentage of aggregates in the Class. On the 10 – 20 cm layer, the treatments significantly differed only in Class 4, where the fallow treatment presented higher percentage of aggregates in the Class. The DMP values had not significantly differences in none of the layers. On the 0 – 10 cm layer the greater DMG values were observed on the sorghum treatment and on the 10 – 20 cm layer, the sudan grass treatment presented better results. Density, total porosity, micro porosity and macro porosity values did not significantly differed between treatments. The sorghum presented better dry matter production per hectare.

Keywords: Aggregates. Physical soil quality. Dry matter.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Coletas dos monólitos de solo na entrelinha de semeadura.....	22
Figura 2 - Desagregação das amostras nos pontos de fraqueza.....	23
Figura 3 - Oscilador vertical do tipo (Yoder).....	24
Figura 4 - Conjunto de peneiras com diâmetros 0,250; 1,00; 2,00; 4,76 mm ...	25
Figura 5 - Coleta das amostras de solo com estrutura preservada	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da análise química e física do solo no local do experimento	21
Tabela 2 - Diâmetro médio da classe de agregados (ci)	27
Tabela 3 - Porcentagem dos agregados por classes na camada de 0 a 10 cm de um Latossolo Vermelho sob diferentes plantas de cobertura.....	30
Tabela 4 - Porcentagem dos agregados por classes na camada de 10 a 20 cm de um Latossolo Vermelho sob diferentes plantas de cobertura.....	31
Tabela 5 - Efeito das plantas de cobertura sobre a densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade nas camadas 0 – 5, 5 – 10 e 10 – 20 cm	33
Tabela 6 - Produção de massa seca das culturas.....	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1	ESTRUTURA DO SOLO	12
2.2	IMPORTÂNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA.....	14
2.2.1	Leguminosas	14
2.2.2	Gramíneas.....	15
2.3	EFEITO DAS RAÍZES SOBRE A ESTRUTURA DO SOLO	16
2.4	PREPARO DO SOLO PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO.....	17
2.5	ROTAÇÃO DE CULTURAS EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	19
3	MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1	DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO E ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM ÁGUA.....	22
3.2	DENSIDADE E POROSIDADE DO SOLO	27
3.3	MASSA SECA DAS CULTURAS	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	AGREGAÇÃO DO SOLO	29
4.2	DENSIDADE E POROSIDADE DO SOLO	31
4.3	PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DAS CULTURAS	33
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
	REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca mundialmente na produção de produtos agropecuários como grãos, carne e leite, tornando-se um grande exportador de alimentos. Isso tudo é possível devido a disponibilidade de terra, ao clima e a disponibilidade de recursos naturais, além do grande avanço tecnológico alavancados pelas pesquisas. Apesar disso, a utilização de novas tecnologias ainda vem sendo empregadas associadas a práticas inadequadas que fazem o uso intensivo do solo, proporcionando a redução da estabilidade dos agregados do solo e causando impactos ambientais como a erosão hídrica e redução da produtividade das culturas.

Uma alternativa encontrada pelos produtores foi a introdução do plantio direto na década de 70. Até então, somente praticava-se o plantio convencional, e este novo sistema adotado desencadeou a sensação de um agronegócio ideal para progresso do desenvolvimento regional. Porém, a falta de práticas conservacionistas e de informações complementares fizeram com que vários agricultores abandonassem este método de plantio. Após alguns anos de pesquisa, na década de 80, constatou-se que o plantio direto se tornaria viável se não fosse tratado somente como um simples método de preparo do solo eficaz no controle da erosão, mas como um sistema complexo que envolve a diversificação de espécies, rotação de culturas, plantas de cobertura e revolvimento do solo somente na linha de semeadura, surgindo assim o sistema plantio direto (SPD).

Visto que a implantação do SPD na região noroeste do Rio Grande do Sul não cumpriu todos os requisitos necessários para a sustentabilidade do sistema e recuperação da qualidade do solo, tais como ausência de rotação de culturas e terraceamento, pouca biomassa e baixos teores de matéria orgânica, tráfego de maquinários agrícolas e pisoteio animal em condições de solo muito úmido, uma das alternativas encontradas foi a utilização de plantas de cobertura de solo. Logo, o uso de espécies que melhor se adaptariam à região e aos possíveis sistemas de rotação representam uma alternativa para melhorar a qualidade física do solo.

Mesmo existindo pouca informação a respeito da influência de gramíneas e leguminosas em relação à estabilidade dos agregados (CAMPOS et al., 1999), recomenda-se a utilização de plantas com sistema radicular mais agressivo, profundo e ramificado, pois conseguem maior eficiência na obtenção de nutrientes que estão disponíveis nas camadas mais profundas do solo. Essas raízes, quando entram em

processo de decomposição, irão formar bioporos que são essenciais para aumentar a disponibilidade hídrica (SANTOS et al., 2014). E não menos importante, a utilização de leguminosas para a preservação ou restauração dos teores de matéria orgânica e nutrientes dos solos (MATEUS; WUTKE, 2011).

Portanto, o objetivo do presente estudo foi verificar a capacidade de diferentes plantas de cobertura em recuperar a agregação do solo em sistema de preparo convencional para viabilizar o início do sistema plantio direto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ESTRUTURA DO SOLO

Um solo apropriado para o desenvolvimento das plantas é aquele que oferece condições físicas adequadas, as quais são responsáveis pelo crescimento e pelas funções do sistema radicular trazendo como resultado o crescimento e a produtividade final dos cultivos (COLLARES et al., 2006). Tormena, Silva e Libardi (1998) afirmam que se denomina qualidade física do solo a capacidade do mesmo em oferecer às raízes das plantas condições físicas apropriadas ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Os mesmos autores garantem que as práticas de manejo do solo podem afetar a sua estrutura, comprometendo a disponibilidade de água e impedindo a penetração das raízes, o que reflete na produtividade das culturas.

Estrutura do solo compreende o agrupamento e organização das partículas do solo em agregados e relaciona-se com a distribuição das partículas e agregados em um volume de solo. Os espaços ocupados pelos poros possuem a mesma importância que o espaço sólido, podendo ser definido estrutura do solo como o arranjo de poros pequenos, médios e grandes, decorrentes da organização dos agregados e partículas de solo. Estes poros podem ser considerados um dos principais efeitos da estrutura sobre a qualidade do solo (REINERT; REICHERT, 2006). Para Aguiar (2008), podemos avaliar a estrutura do solo levando em conta a resistência à penetração, infiltração de água, macro e microporosidade, densidade do solo e a estabilidade dos agregados.

A estrutura do solo se refere ao arranjo das partículas de argila, silte e areia, formando diferentes tipos de agregados: bloco (poliédrico)- aquele em que as três dimensões da estrutura são aproximadamente iguais, podendo ser subdividida em blocos angulares (faces planas e maioria dos vértices com ângulos vivos) e em subangulares que tem mistura de faces arredondadas e planas com muitos vértices arredondados; prismática- quando as partículas do solo estão arranjadas em torno de uma linha vertical; granular- partículas arranjadas em torno de um ponto e laminar onde as partículas do solo estão arranjadas em torno de um plano horizontal, com aspecto de laminas com espessuras variáveis sendo que a linha horizontal é sempre a maior (PRADO, 1995).

Para haver a formação dos agregados dos solos devem ocorrer dois acontecimentos: a aproximação das partículas e a estabilização ou cimentação dos agregados. A floculação da argila e cátions trocáveis, a desidratação do solo, o

secamento localizado e a pressão causados pelas raízes e organismos (ex: minhocas) agem na aproximação das partículas de solo. Já a quantidade e tipo de argila, matéria orgânica (polissacarídeos, ácidos húmicos), forças eletrostáticas (Van der Waals), hifas de fungos, produção de compostos orgânicos, vegetação pela ação mecânica das raízes e fontes de material orgânico na superfície agem na estabilização dos agregados (REINERT; REICHERT, 2006).

Um dos métodos mais empregados para avaliar a qualidade física dos solos é a determinação da agregação do solo (SALTON et al., 2012). A densidade do solo, distribuição do tamanho dos poros, condutividade hidráulica, resistência mecânica, distribuição do tamanho das partículas e agregação, e a profundidade de crescimento das raízes no solo são os fatores físicos e propriedades utilizados para determinar a qualidade do solo (INGARAMO, 2003).

Os solos compactados com estruturas degradadas apresentam uma limitação ao crescimento e à função da raiz. A força e a estrutura do solo influenciam muito a distribuição da raiz e, portanto, exercem forte controle sobre nutrientes e absorção de água por raízes. As relações entre a estrutura do solo e o crescimento radicular e a função ainda são mal compreendidas, devido às dificuldades experimentais em estudar adequadamente os sistemas radiculares (KROON; VISSER, 2003).

Analisando dois Latossolos Vermelhos em sistema de plantio direto, Dufranc et al. (2004) verificaram que as bactérias, a matéria orgânica e os teores de ferro e potássio são os principais responsáveis pela agregação do solo. Os autores ainda asseguram que, devido à matéria orgânica ter cadeias longas de carbono e estrutura complexa, acaba agregando partículas minerais. Vezzani e Mielniczuk (2011) avaliaram a agregação do solo e o estoque de carbono em diferentes manejos do solo e observaram que um solo cultivado próximo das condições de campo nativo sob uso e manejo de culturas por um período de 15 a 17 anos, sem ser revolvido, associado ao incremento de carbono, é capaz de recuperar a agregação e estoque de carbono desse solo.

A adoção de sistemas de rotação de culturas, especialmente quando aliado ao sistema plantio direto, tem gerado benefícios para o solo. Em relação a parte física do solo, a rotação de culturas é muito utilizada para manter e/ou aumentar os teores de matéria orgânica, melhorar a estrutura, criar bioporos cobrir a superfície do solo com palha (ANDRADE et al., 2009).

O uso de arado, grade e escarificador para o revolvimento do solo, se comparado com o sistema plantio direto, pode diminuir a estabilidade dos agregados, teor de carbono dos compostos orgânicos e a densidade do solo, porém acarreta no aumento da macroporosidade, da porosidade total e a aeração do solo (COSTA et al., 2009). Corroborando com a ideia de Costa et al. (2009), Stefanoski et al. (2013) garante que é necessário a adoção de práticas de manejo e conservação para melhorar os atributos do solo e ter condições de aumentar a produtividade das culturas sem agredir a estrutura do solo e a qualidade da água.

2.2 IMPORTÂNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA

A utilização de espécies com sistema radicular agressivo e com boa deposição de matéria seca, em rotação de culturas, podem melhorar as propriedades físicas do solo (STONE; SILVEIRA, 2001). Por possuir invernos mais frios e uma melhor distribuição das chuvas, a região sul do Brasil têm maior facilidade de manter uma adequada cobertura de solo. Alvarenga et al. (2001) ainda ressaltam que, além do sistema radicular, deve-se levar em conta a relação Carbono/Nitrogênio para escolha das espécies usadas para plantas de cobertura, podendo serem classificadas como Leguminosas e Gramíneas.

2.2.1 Leguminosas

Analisando o comportamento do sistema radicular em sistemas de produção em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico com sucessão de plantas de cobertura de verão (Crotalária juncea, Guandú anão, Mucuna cinza e Feijão de porco), de Nabo forrageiro e Milho, em terceiro ciclo anual, Martin et al. (2002) puderam observar que a Crotalária juncea, Guandú anão, Mucuna cinza, Feijão de porco e Nabo forrageiro, em mais de 85% das parcelas ultrapassaram a camada mais compactada, sendo que para este solo o valor era considerado alto, mesmo ocorrendo deformações nas raízes. Houve também o crescimento das raízes em espaços criados por raízes de culturas antecedentes, diminuindo o efeito da compactação.

Avaliando o efeito de uma leguminosa (Feijão de porco) como adubação verde, Araújo e Almeida (1993) salientam que a mesma gerou um acréscimo na produção de milho, proporcionando resultados equivalentes ao incremento de 80 kg de nitrogênio por hectare na forma de ureia. Do mesmo modo, houve um aumento representativo na população de microrganismos benéficos do solo pois quando avaliado o efeito de

Mucuna preta e Crotalária sobre Batata-doce, observou-se maior colonização por fungos micorrízicos arbusculares em comparação ao solo sem cobertura vegetal (ESPINDOLA et al.,1998). Já Santos et al. (2001) avaliando a eficiência de duas leguminosas (Feijão guandu e Siratro) e de duas gramíneas (Capim- pangola e Capim- elefante) sobre a recuperação de solos degradados, comprovaram que essas culturas promoveram aumento nos teores de carbono orgânico no solo, sendo viáveis para melhoria da qualidade do solo.

Prestar atenção a época de corte das leguminosas é extremamente importante. A época de corte das leguminosas possui influência direta na decomposição dos resíduos adicionados no solo. Quando se tem por finalidade o fornecimento de nutrientes para outras culturas, recomenda-se fazer o corte das leguminosas durante a floração pois apresenta máxima acumulação de nitrogênio em seus tecidos. Quando o objetivo da planta de cobertura é de melhorar as características físicas do solo, orienta-se efetuar o corte das leguminosas na fase de produção de sementes, pois nesse período dá-se um acréscimo na relação C/N (ESPÍNDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 1997).

2.2.2 Gramíneas

O vasto sistema radicular das gramíneas às torna mais eficientes na agregação do solo (SALTON et al., 2008). Campos et al. (1999), medindo o diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados observaram que, devido ao adensamento radicular das gramíneas, a estabilidade da estrutura do solo é maior se comparado à outras culturas.

Estudando a estabilidade e agregação do solo sob diferentes sistemas de cultivos em Latossolo Roxo de Santo Ângelo (RS) e Podzólico Vermelho Escuro de Eldorado do Sul (RS), Silva e Mielniczuk (1998), constataram que gramíneas perenes tiveram efeito satisfatório na agregação e estabilidade dos agregados do solo e nos teores de carbono orgânico devido ao seu sistema radicular. Corroborando a ideia de Silva e Mielniczuk (1998), Heinrichs et al. (2001) em estudo sobre a consorciação de aveia e ervilhaca no sul do Brasil, constataram que adicionando mais aveia ao consórcio aveia + ervilhaca, teve um aumento na relação C/N e o solo ficou coberto por mais tempo por essa palhada. Como consequência, houve uma diminuição na produtividade do milho em sucessão devido à redução no fornecimento de nitrogênio para a cultura.

2.3 EFEITO DAS RAÍZES SOBRE A ESTRUTURA DO SOLO

O sistema radicular em solos com menor densidade é menos danificado do que em solos compactados, mesmo sabendo que ainda não existem muitos artigos científicos que afirmam isso devido ao grande trabalho. As raízes fazem papel importante, comprimindo o solo ao redor delas, ajudando na agregação bem como na descompactação do solo. O efeito que a raiz exerce sobre o solo varia de acordo com a força do solo, densidade e teores de água, afetando assim a porosidade e o transporte de nutrientes, água e ar para planta. Com a compactação do solo, a continuidade dos macroporos tende a diminuir, assim diminuindo a condutividade hidráulica saturada e também o fluxo de água e ar. Portanto, em solos compactados o impedimento mecânico é maior para o crescimento das raízes e diminuem o comprimento, resultando em uma menor absorção de água e nutrientes (KROON; VISSER, 2003).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) provem de forma natural no solo e se associam com as raízes da maioria das plantas, chamada de micorriza arbuscular. Desta forma, os filamentos dos fungos entram nas raízes e tornam-se uma espécie de sistema radicular complementar, penetrando por espaços antes não alcançados pelas raízes. Culturas anuais como soja e milho e culturas de adubação verde como *Crotalaria*, *Guandu*, *Milheto* aumentam a população de FMAs no solo quando usadas em um correto sistema de rotação (DE MIRANDA et al., 2001). Reiterando a ideia de Miranda et al. (2001), Truber (2013) assegura que os fungos micorrízicos participam para a estabilidade dos agregados também por meio da ação química, produzindo uma glicoproteína chamada glomalina, que é capaz de cimentar as partículas do solo, formando agregados estáveis.

Os pioneiros a relatarem a glomalina, Wright et al. (1996) confirmam o efeito desta proteína sobre a agregação, estabilização e selamento entre as partículas de solo. Logo para Driver et al. (2005), a glomalina é liberada no solo quando as hifas não são mais capazes de transportar nutrientes e a partir daí iniciam seu papel na agregação das partículas orgânicas e minerais do solo.

A liberação de exsudados orgânicos pelas raízes exercem função cimentante, auxiliando diretamente no processo de agregação do solo e da mesma forma servindo de energia para a atividade microbiana, liberando polissacarídeos e ácidos húmicos que contribuirão para a união das partículas de solo (MIELNICZUK, 1999 apud CALONEGO; ROSOLEM, 2008, p. 1401). A glomalina possui esse poder cimentante

pois estimula ligações entre as partículas de argila melhorando a estabilidade dos microagregados do solo (RILLIG, 2004).

Os fungos micorrízicos arbusculares tem maior ocorrência na camada arável, fração do solo com maior quantidade de raízes, onde o manejo influencia diretamente na comunidade fungica (TRUBER, 2013). Miranda et al. (2001) e Miranda e Miranda (2007) asseguram que a quantidade de estrutura dos fungos micorrízicos arbusculares pode ser alterada pelo uso do plantio direto em um sistema de rotação de culturas, aumentando a população dos FMAs e dando condições adequadas para produzirem a glomalina.

A utilização de culturas com sistema radicular agressivo e com capacidade de melhorar a estrutura do solo podem suavizar os efeitos negativos da degradação do solo (WOHLENBERG et al., 2004). A sucessão de culturas de gramíneas por leguminosas gera uma melhoria na agregação do solo devido à taxa de decomposição das leguminosas e ao sistema radicular das gramíneas, bem como facilitam o desenvolvimento de microrganismos do solo (CAMPOS et al., 1999).

As plantas descompactadoras de solo conseguem romper a camada de solo compactada de forma mais homogênea, melhorando a agregação do solo, o que não ocorre com o uso de subsoladores (CAMARGO; ALLEONI, 1997 apud CALONEGO et al., 2011, p. 289). Para Fiorin (1999 apud CALONEGO et al., 2011, p. 290), além de exercer papel importante na descompactação de solo, as plantas com sistema radicular mais agressivo conseguem extrair nutrientes das camadas mais profundas e liberam pouco a pouco os nutrientes quando entram em processo de decomposição.

2.4 PREPARO DO SOLO PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO

O início do plantio direto no Brasil ocorreu na região sul do país, no início da década de 70, com a finalidade de reduzir os efeitos da erosão do solo (FABIAN, 2009). A maior erosão de solo que se tem conhecimento no sul do Brasil ocorreu em 1978, época em que grande parte dos solos ainda eram cultivados convencionalmente, revolvendo-o para o cultivo da soja e sem deixar palhada na superfície (GROWN, 2013).

Somente a partir do início da década de 80 passou-se a evidenciar que o plantio direto deveria deixar um simples método alternativo de preparo do solo e ser tratado como um sistema de exploração agropecuário, composto por complexas práticas agrícolas. O sucesso do sistema plantio direto é dependente de um conjunto de fatores

para sua implantação e continuidade, tais como manejo da fertilidade do solo, sistematização da lavoura, rotação de culturas, culturas de cobertura de solo e manejo dos restos culturais, descompactação do solo, dentre outros (KOCHHANN; DENARDIN; BERTON, 2000).

O primeiro passo para a implementação do sistema plantio direto deve ser a sistematização da lavoura. Práticas como escarificações e/ou arações seguidas por gradagens, uso de moto niveladoras ou plainas para a retirada de irregularidades do terreno, deixando o solo mais homogêneo possível já podem sanar grande parte dos problemas com infiltração de água, erosão, dificuldade no tráfego do maquinário agrícola e manchas de menor fertilidade (DENARDIN et al., 2000).

Em seguida é necessário fazer o processo de descompactação do solo, que tem como finalidade o aumento da porosidade e diminuição da densidade do solo, melhorando a estabilidade dos agregados. Assim, propicia o desenvolvimento radicular das plantas, aumenta a taxa de infiltração e de armazenamento de água e reduz o risco de erosão. Os implementos mais indicados para efetuar o processo de descompactação do solo são os escarificadores, pois apresentam menor desagregação e mobilização do solo e operam abaixo da camada compactada. Porém, somente a ruptura da camada compactada não é suficiente para garantir as vantagens desta técnica (KOCHHANN; DENARDIN, 2000). Uma solução encontrada por Koakoski et al. (2007) para descompactação do solo foi o emprego do mecanismo rompedor de solo do tipo facão em semeadoras de plantio direto, que gerou um aumento de 24,3% na porosidade do solo e também reduziu a resistência à penetração, se comparado ao uso exclusivo de discos.

É indispensável que logo em seguida à descompactação se estabeleça uma cultura com sistema radicular abundante e de elevada produção de matéria seca para incrementar o teor de matéria orgânica e que ajude a estabilizar os agregados do solo e previna contra o processo de recompactação (KOCHHANN; DENARDIN; BERTON, 2000). É necessário utilizar plantas de cobertura de solo que se adaptem ao sistema de rotação de culturas, ao clima da região e que somado aos resíduos das plantas comerciais, produzam um ambiente bastante favorável ao crescimento vegetal e que contribuam para manutenção ou recuperação da qualidade do solo (ALVARENGA et al., 2001).

Outro fator importante que deve ser levado em conta na implantação do sistema plantio direto é a correção da acidez do solo com a incorporação do calcário. A

calagem e incorporação uniforme do calcário na camada de 0 a 20 cm de profundidade, sem estratificação, se torna fundamental para a sustentabilidade, principalmente até a consolidação do sistema. Nos primeiros anos após o seu estabelecimento o sistema plantio direto começa a incrementar material orgânico, que associado aos microrganismos do solo, passam a reduzir os efeitos do gradiente químico (KOCHHANN; DENARDIN, 2000).

2.5 ROTAÇÃO DE CULTURAS EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

O uso do sistema de rotação de culturas no sistema plantio direto (SPD) tem por finalidade a melhoria da estrutura do solo, a criação de bioporos, o aumento dos teores de material e matéria orgânica e de palha na superfície do solo (ANDRADE; STONE; SILVEIRA, 2009). Para esses autores, a rotação de culturas é fundamental em sistema de plantio direto pois a diversidade de plantas utilizadas nesse sistema possibilitam a penetração das raízes em camadas de solo compactadas e melhorando a qualidade do solo. Atestando a ideia de Andrade, Stone e Silveira (2009), Wohlenberg et al. (2004) afirmam que a diferença na agregação do solo pode estar atribuída a variedade de espécies de plantas, diferindo no material orgânico sintetizado ou na configuração das raízes.

Como ressaltado anteriormente, um dos princípios do SPD é o acúmulo de material orgânico que devido à ausência de revolvimento do solo faz com que os restos vegetais depositados na superfície do solo tenham uma taxa de decomposição mais lenta, pois ficam menos expostos aos microrganismos do solo, conseqüentemente gerando menos perda por erosão (AMADO et al., 2001). Corazza et al. (1999), registraram aumento nos teores de matéria orgânica na superfície de solos em plantio direto graças a inexistência do revolvimento de solo. A matéria orgânica fica menos exposta aos microrganismos decompositores que não conseguem efetuar a quebra da estrutura de proteção da matéria orgânica.

O sistema de culturas escolhido determinará a quantidade de material orgânico e de matéria orgânica depositado no solo (BAYER et al., 2000). Culturas com alta produção de matéria seca e baixa relação carbono/ nitrogênio, ocasionam maior acréscimo de matéria orgânica no solo (ANDRADE; STONE; SILVEIRA, 2009) e, portanto, uma melhora na agregação do solo (CALEGARI et al., 2006).

Realizando rotação de culturas de no mínimo 3 anos poderá ocorrer a quebra do ciclo de patógenos, aumento da fertilidade do solo e maximização dos insumos

agrícolas (CARVALHO et al., 2004). Já no que diz respeito à semeadura direta e plantas de cobertura, esses manejos devem ser utilizados num período de 3 a 4 anos para a construção de uma porosidade mais adequada ao crescimento das raízes (ALBUQUERQUE et al., 1995).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus Cerro Largo, localizado na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, onde o experimento foi implantado em 2017 com os seguintes tratamentos: *Crotalaria juncea* (*Crotalaria Juncea* L.) - (T1); *Crotalaria spectabilis* (*Crotalaria spectabilis* Roth)- (T2), Feijão guandu (*Cajanus cajan*)- (T3), Capim sudão (*Sorghum sudanense* L.)- (T4), Sorgo (*Sorghum bicolor*)- (T5), Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.)- (T6), Pousio (T7). O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições. As parcelas possuíam 4 metros de comprimento por 3 de largura, totalizando 12 m². O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho e pertence a Unidade de Mapeamento Santo Ângelo (EMBRAPA, 2006).

A adubação foi efetuada de acordo com a interpretação dos resultados da análise química do solo, onde a área foi submetida ao preparo convencional, com aração e duas gradagens para destorroamento e nivelamento do solo, incorporação do calcário e homogeneização da área (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultados da análise química e física do solo no local do experimento

Prof. (cm)	pH água 1:1	Al	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC pH 7	V	
		%	cmolc dm ⁻³						%
0-20 cm	5,4	1,2	6,0	1,4	0,1	4,9	13,0	62,3	

Prof. (cm)	Argila	M.O.	Índice SMP	S	P-Mehlich	K	Cu	Zn	B
	%	%		mg dm ⁻³					
0-20 cm	54,0	2,8	5,9	--x--	13,7	312,0	--x--	--x--	--x--

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A semeadura foi efetuada no dia 26 de dezembro de 2017, manualmente, onde utilizou-se uma trena de 50 metros para marcar o espaçamento de 40 centímetros entre linhas, uma corda de nylon para garantir o alinhamento da linha de semeadura e um sacho para a abertura dos sulcos. Em seguida à abertura dos sulcos, foi feita a deposição das sementes, esperando atingir a seguinte densidade de semeadura: Feijão guandu- 25 a 30 sementes/m/linear; Crotalarias- 25 a 30 sementes/m/linear; Sorgo- 35 a 40 sementes/m/linear; Capim sudão- 35 sementes/m/linear; Milheto- 25 a

30 sementes/m/linear. Ao final, efetuou-se o enterrio das sementes com o auxílio de enxadas

3.1 DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO E ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM ÁGUA

Realizou-se a amostragem de solo nas camadas 00- 10 cm e 10- 20 cm, quando o solo se encontrava em condições de umidade adequada. As amostras foram coletadas em cada parcela na fase de maturação fisiológica das plantas de cobertura, na entrelinha de semeadura. Para a coleta das amostras na entre linha (Figura 1), foi aberto uma trincheira e com o auxílio de uma pá de corte retirou-se os monólitos de solo com dimensões de solo de 10 cm x 10 cm x 10 cm, que foram colocados em sacolas plásticas de 8 kg.

Figura 1 - Coletas dos monólitos de solo na entrelinha de semeadura



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Em seguida, foram realizados os procedimentos de separação dos agregados nos pontos de fraqueza, no laboratório de Pedologia e Física do Solo (Kemper e Chepil, 1965). As amostras foram desagregadas nos pontos de fraqueza (Figura 2), cuidadosamente com as mãos para evitar deformação e compactação da amostra. Após o processo de desagregação, transpassaram-se as amostras de solo pelo conjunto de peneiras de 9 mm de abertura de malha e ficaram retidas sob o conjunto

de peneiras de 4,76 mm. As amostras secaram a sombra e foram alocadas em sacolas plásticas.

Figura 2 - Desagregação das amostras nos pontos de fraqueza



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O próximo passo é a pesagem de 3 subamostras de 25 gramas cada. Utilizou-se uma amostra para a correção da umidade até alcançar a massa constante em estufa a 105 C°. As 2 subamostras restantes foram utilizadas para agitação em água no aparelho de oscilação vertical do tipo (Yoder). Este aparelho (Figura 3) deve ter o nivelamento ajustado para a homogeneização da lamina de água na superfície.

Figura 3 - Oscilador vertical do tipo (Yoder)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Em seguida, posicionou-se as peneiras (Figura 4) na seguinte ordem: 0,250; 1,00; 2,00; 4,76 mm, atentando para que as peneiras fossem colocadas na água em posição inclinada e em seguida colocadas em posição normal, para que não fique ar entre as peneiras de malha mais fina (1,00 e 0,250 mm). Com o nível do aparelho de agitação vertical ajustado, acrescentou-se água até atingir cerca de 1 cm da base das peneiras 4,76 mm quando o conjunto estava na posição mais elevada e quando o conjunto estava na posição mais baixa a água não deverá submergir completamente as peneiras de 4,76 mm. Logo após ajustou-se a rotação do aparelho para 30 oscilações por minuto. Posteriormente ocorreu a distribuição da amostra sobre a peneira de 4,76 mm de um conjunto, cuidando para que os agregados fossem bem distribuídos sobre a malha da peneira. Este procedimento foi realizado para os restantes conjuntos de peneiras e a partir de então, os agregados ficaram em repouso na água por 10 minutos para umedecimento. Passados os 10 minutos, ligava-se o aparelho, que ficava oscilando verticalmente por 10 minutos, distribuindo os agregados nas peneiras de baixo.

Figura 4 - Conjunto de peneiras com diâmetros 0,250; 1,00; 2,00; 4,76 mm



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Ao término da oscilação, desligava-se o aparelho e retirava-se os conjuntos de peneiras da água, transferindo o material retido em cada peneira com jatos de água para latas de alumínio, que já estavam identificadas e pesadas. Em seguida, as latas eram colocadas em estufa de circulação de ar a 105 °C por 48 horas para secagem. Passadas as 48 horas, o material retido em cada peneira era pesado. Então determinava-se a quantidade de material inerte (cascalhos e areia) retido em cada peneira, transferindo os agregados de cada lata para sua respectiva peneira usando jatos de água. No momento em que as amostras estavam em suas respectivas peneiras, as mesmas eram emergidas em uma solução de hidróxido de sódio (NaOH 1N) e mexidas com auxílio de um bastão de vidro até sobrar apenas cascalho e areia. Lavava-se este material inerte e transferia-os para a mesma lata de alumínio e era então secado em estufa a 105 °C até atingir massa constante. Imediatamente o material seco era pesado e descontado da massa de cada classe de agregados. Logo após calculava-se a percentagem de agregados por classe de tamanho, o diâmetro médio ponderado (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG), de acordo com as fórmulas abaixo descritas.

a) Cálculo da umidade gravimétrica do solo (U_g)

$$U_g(\text{kg. kg}^{-1}) = \left(\frac{m_{SU} - m_{SS}}{m_{SS}} \right)$$

Onde:

- m_{SU} : massa do solo úmido (g)

- m_{SS} : massa do solo seco (g)

b) Massa seca inicial de agregados (T_{Agr})

$$T_{Agr} = \frac{\text{massaAmostra}}{(1 + U_g)}$$

c) Percentagem de agregados por intervalo de classe de tamanhos

$$\%AGR_i = \frac{(m_{Agri} - m_i)}{(T_{Agr} - m_{iT})} * 100$$

d) Diâmetro Médio Ponderado (DMP):

$$DMP(\text{mm}) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_{Agri} - m_i}{T_{Agr} - m_{iT}} * c_i \right)$$

e) Diâmetro Médio Geométrico (DMG):

$$DMG(\text{mm}) = \text{EXP} \sum_{i=1}^n \left(\frac{(m_{Agri} - m_i) * \text{Ln. } c_i}{T_{Agr} - m_{iT}} \right)$$

Onde:

- m_{Agri} = massa de agregados em cada classe (g)

- m_i = massa de material inerte em cada classe (g)

- T_{Agr} = massa de agregados da amostra inicial (g)

- m_{iT} = massa de material inerte total (de todas as classes) (g)

- c_i = diâmetro médio da classe de agregados (mm) (tabela 2)

- Ln = Logaritmo natural

Tabela 2 - Diâmetro médio da classe de agregados (ci)

Classes	Limites da classe (mm)	Diâmetro médio da classe – ci (mm)
Classe 1	9,00 – 4,76	6,38
Classe 2	4,76 – 2,00	3,38
Classe 3	2,00 – 1,00	1,50
Classe 4	1,00 – 0,25	0,625
Classe 5	<0,25	0,125

Fonte: Adaptado de Métodos de análises físicas do solo – UDESC

3.2 DENSIDADE E POROSIDADE DO SOLO

Para avaliar a densidade do solo (D_s), porosidade total (P_t), microporosidade (Mic) e macroporosidade (Mac), realizou-se a coleta de amostras de solo com estrutura preservada utilizando anéis metálicos medindo 4 cm de altura e 6 cm de diâmetro e com volume de aproximadamente 100 cm³.

As amostras foram coletadas nas camadas de solo de 00 – 5 cm; 5 – 10 cm e 10 – 20 cm, quando o solo se encontrava em condições adequadas de umidade. As coletas foram realizadas na linha de semeadura (Figura 5) e após a coleta, os anéis foram alocados em potes plásticos para preservar a estrutura e a umidade das amostras.

Figura 5 - Coleta das amostras de solo com estrutura preservada



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

No laboratório, essas amostras foram preparadas, pesadas, saturadas e colocadas em uma mesa de tensão, onde ajustou-se a coluna de água abaixo da mesa para 60 cm, obtendo-se uma tensão de 0,006 MPa (EMBRAPA, 1997). Em seguida, as amostras foram pesadas e levadas à estufa por um período de 48 horas, até atingirem peso constante, a uma temperatura de 105 °C, para a determinação da porosidade total, micro e macroporosidade e densidade do solo, conforme as fórmulas abaixo descritas.

a) Cálculo da densidade do solo (D_s):

$$D_s(\text{g.cm}^{-3}) = \frac{\text{Massa do solo seco}}{\text{Volume do anel}}$$

b) Cálculo da porosidade total (P_t):

$$P_t (\text{m}^3.\text{m}^{-3}) = 1 - \left(\frac{\text{Densidade do solo}}{\text{Densidade de partículas}} \right)$$

c) Cálculo da microporosidade (Mic):

$$Mic (\text{m}^3.\text{m}^{-3}) = \frac{(\text{Massa do solo a 6 kPa} - \text{massa do solo seco})}{\text{Volume do anel}}$$

d) Cálculo da macroporosidade (Mac):

$$Mac (\text{m}^3.\text{m}^{-3}) = \text{Porosidade total} - \text{Microporosidade}$$

3.3 MASSA SECA DAS CULTURAS

Para determinação da matéria seca das culturas utilizou-se uma moldura de 0,25 m², que era colocada em cada parcela e onde todas as plantas presentes neste espaço eram cortadas rente ao solo, na fase de maturação fisiológica. Após o corte, as plantas foram colocadas em estufa de ar forçado, a 105 °C, até atingir peso constante. Posteriormente, as amostras foram pesadas e efetuado o cálculo da massa seca por hectare das culturas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AGREGAÇÃO DO SOLO

A Tabela 3 apresenta o efeito das espécies de plantas de cobertura na agregação do solo na camada 0 – 10 cm. As Classes 1, 2, 3 e 4 não diferiram significativamente em nenhum dos tratamentos. Quanto a Classe 5, esta apresentou diferença significativa entre os tratamentos, onde o pousio apresentou a maior porcentagem de agregados e diferiu somente do tratamento sorgo, que apresentou os menores valores na classe.

Garcia e Rosolem (2011) encontraram efeitos positivos das plantas de cobertura em relação à agregação na camada 0 – 10 cm somente a partir do terceiro ano. O experimento encontra-se em seu primeiro ano de avaliação e passou por práticas de aração e gradagem antes da implantação, que podem provocar a desestruturação dos agregados e oxidação da matéria orgânica. Motivos pelos quais as plantas de cobertura não conseguiram expressar totalmente seus efeitos sobre a estabilidade dos agregados.

Ainda na Tabela 3, temos os valores de DMP e DMG na camada 0 – 10 cm. Em relação ao DMP, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Mesmo não diferindo significativamente, o sorgo apresentou os maiores valores de DMP e o pousio os menores.

Quanto ao DMG, pode-se observar diferença significativa onde o sorgo apresentou os maiores valores, diferindo apenas do tratamento pousio que expressou os menores resultados e diferiu somente do sorgo. Este trabalho está de acordo com os estudos de Pinheiro, Pereira e Anjos (2004), que em Latossolo Vermelho Distrófico, verificaram maiores valores de DMG e DMP na camada 0 – 10 cm em área com cultivo de gramíneas e menores em área de cultivo convencional e sem cobertura do solo. A longo prazo, as gramíneas tendem a serem mais eficientes na indução da estabilidade dos agregados (BASSO; REINERT, 1998).

A melhoria na estrutura do solo utilizando a cultura sorgo pode ser notada por apresentar altos percentuais nas classes de maior diâmetro e diminuição de agregados nas classes de menor diâmetro. Já o pousio, por apresentar menores valores de DMG e DMP, demonstra que diminui a estabilidade dos agregados.

Tabela 3 - Porcentagem dos agregados por classes na camada de 0 a 10 cm de um Latossolo Vermelho sob diferentes plantas de cobertura

Plantas de cobertura	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	DMP	DMG
	-----%-----					(mm)	(mm)
Guandu	57,42 a*	17,83 a	8,50 a	11,57 a	4,66 ab	4,47 a	3,22 a
Sorgo	57,41 a	18,19 a	8,38 a	11,55 a	4,45 b	4,48 a	3,35 a
Capim Sudão	54,45 a	18,85 a	9,03 a	12,02 a	5,64 ab	4,32 a	3,06 ab
Crotalaria juncea	48,46 a	17,87 a	11,51 a	15,36 a	6,80 ab	3,97 a	2,61 ab
Crotalaria spectabilis	45,05 a	17,86 a	10,65 a	17,00 a	6,42 ab	3,94 a	2,70 ab
Milheto	45,20 a	17,27 a	10,97 a	19,21 a	7,33 ab	3,76 a	2,57 ab
Pousio	38,48 a	18,37 a	13,83 a	21,10 a	8,21 a	3,42 a	2,12 b

*Médias não seguidas pela mesma letra, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A Tabela 4 apresenta o efeito das espécies de plantas de cobertura na agregação do solo na camada 10 – 20 cm. As Classes 1, 2, 3 e 5 não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Na Classe 4, o pousio apresentou o maior percentual de agregados, diferindo significativamente do capim sudão e crotalaria spectabilis. O tratamento que apresentou a menor porcentagem de agregados foi a crotalaria spectabilis, que diferiu significativamente somente do capim sudão.

Isso indica que, pelo menos, até os 20 cm de profundidade, o solo sofreu os impactos causados pelo revolvimento do solo e ainda não conseguiu se recuperar a sua qualidade física. Cogo et al. (2003) afirma que o preparo convencional deixa o solo menos resistente aos processos erosivos, comprovando a perda da estabilidade dos agregados.

Na Tabela 4 também estão presentes os valores de DMG e DMP na camada 10 – 20 cm. Os valores de DMP não diferiram significativamente entre os tratamentos. O tratamento capim sudão obteve os maiores e o pousio os menores valores de DMP.

Referente ao DMG, o capim sudão teve os maiores valores, diferindo significativamente apenas do tratamento pousio. Logo, o pousio apresentou os

menores valores de DMG e diferiu significativamente apenas do pousio. Silva & Mielniczuk (1997) afirmam que as gramíneas podem ser capazes de recuperar a estrutura do solo em áreas degradadas, por apresentarem melhor distribuição do sistema radicular e maior densidade de raízes, o que favorece a formação e estabilidade dos agregados.

Tabela 4 - Porcentagem dos agregados por classes na camada de 10 a 20 cm de um Latossolo Vermelho sob diferentes plantas de cobertura

Plantas de cobertura	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	DMP (mm)	DMG (mm)
	-----%-----						
Guandu	31,94 a*	19,42 a	16,19 a	24,34 ab	8,08 a	3,09 a	1,98 ab
Sorgo	30,15 a	19,28 a	17,06 a	24,86 ab	8,63 a	2,99 a	1,80 ab
Capim Sudão	40,96 a	18,18 a	15,35 a	20,08 b	5,41 a	3,59 a	2,42 a
Crotalária juncea	28,51 a	21,05 a	19,60 a	24,21 ab	6,62 a	2,98 a	1,89 ab
Crotalária spectabilis	37,32 a	19,83 a	15,83 a	20,07 b	6,94 a	3,42 a	2,18 ab
Milheto	23,04 a	18,32 a	21,28 a	29,82 ab	7,52 a	2,60 a	1,61 ab
Pousio	23,01 a	18,91 a	17,33 a	31,65 a	9,37 a	2,57 a	1,48 b

*Médias não seguidas pela mesma letra, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

4.2 DENSIDADE E POROSIDADE DO SOLO

Conforme os dados apresentados na Tabela 5, os valores de densidade do solo não tiveram diferença significativa entre os tratamentos em nenhuma das camadas avaliadas. No entanto, nota-se que o solo fica mais denso nas camadas mais profundas do perfil, concordando com os resultados apresentados por Abrão et al. (1979), que verificaram maior densidade do solo na camada subsuperficial. Em profundidade há uma redução de matéria orgânica e a presença de raízes é menor (REINERT; REICHERT, 2006) e pode indicar um solo com dificuldades de melhorar a qualidade física (ALBUQUERQUE et al., 1995).

De acordo com Alvarenga et al. (1996), as raízes do feijão guandu são eficientes em reduzir a densidade do solo em camadas superficiais compactadas.

Percebe-se que na camada 0 – 5 cm, o solo do tratamento feijão guandu apresentou a menor densidade graças ao seu sistema radicular agressivo e robusto. A maior densidade do solo foi constatada no tratamento pousio, devido a pequena presença de raízes de plantas espontâneas. Solos mantidos permanentemente descobertos apresentam degradação física e um aumento na densidade (ENÍVAR et al., 2010).

Quando comparados os valores de porosidade total, verificou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos em nenhuma das camadas avaliadas. Na camada 0 – 5 cm, o feijão guandu apresentou os maiores valores de porosidade total e os menores valores foram encontrados no tratamento pousio. Nas camadas 5 – 10 cm e 10 – 20 cm, ocorreu redução nos valores em profundidade em todos tratamentos.

Em relação à microporosidade, os valores não diferiram significativamente entre os tratamentos em nenhuma das camadas avaliadas. Na camada 0 – 5 cm, a maior presença de microporos foi encontrada no tratamento pousio, ao contrário do que afirmam os trabalhos Netto et al. (2007), que verificaram maior microporosidade em solos cultivados. Os menores valores de microporosidade foram constatados no tratamento conduzido sob feijão guandú.

Quanto à macroporosidade, este parâmetro também não teve diferença significativa entre os tratamentos em nenhuma das camadas avaliadas. Para Foloni et al. (2006), a crotalaria apresentou maior potencial em formar bioporos em camadas compactadas se comparado ao guandu e assim melhorar as condições físicas do solo. No presente trabalho, na camada 0 – 5 cm, a maior presença de macroporos foi constatada no tratamento com feijão guandu, divergindo com os resultados de Foloni et al. (2006). Nesta mesma camada, os menores valores de macroporosidade foram encontrados no tratamento pousio.

Em consequência do intenso revolvimento do solo para a implantação do experimento, que se encontrava em transição do plantio convencional para o plantio direto, as plantas de cobertura não foram capazes de recuperar a qualidade física do solo, no que se refere aos parâmetros densidade e porosidade. Para obtenção de resultados significativos, indica-se a continuidade do projeto por um período mais longo pois o tempo de utilização dos sistemas de manejo é uma variável importante no efeito das plantas sobre a qualidade do solo (COSTA et al., 2003; REINERT et al., 2008).

Tabela 5 - Efeito das plantas de cobertura sobre a densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade nas camadas 0 – 5, 5 – 10 e 10 – 20 cm

Camada (cm)	Capim s.	Crotalária j.	Crotalária sp.	Feijão G.	Milheto	Sorgo	Pousio	CV (%)
Densidade (g cm ⁻³)								
0 – 5	1,17 a	1,25 a	1,23 a	1,16 a	1,26 a	1,20 a	1,36 a*	9,22
5 – 10	1,43 a	1,38 a	1,47 a	1,39 a	1,49 a	1,28 a	1,44 a	13,63
10 – 20	1,55 a	1,69 a	1,54 a	1,63 a	1,66 a	1,51 a	1,64 a	7,57
Porosidade Total (cm ³ cm ⁻³)								
0 – 5	0,59 a	0,56 a	0,57 a	0,60 a	0,56 a	0,58 a	0,53 a	6,98
5 – 10	0,50 a	0,52 a	0,48 a	0,51 a	0,48 a	0,55 a	0,50 a	13,25
10 – 20	0,46 a	0,41 a	0,46 a	0,43 a	0,42 a	0,47 a	0,43 a	9,66
Microporosidade (cm ³ cm ⁻³)								
0 – 5	0,36 a	0,38 a	0,38 a	0,35 a	0,39 a	0,37 a	0,40 a	9,32
5 – 10	0,46 a	0,43 a	0,47 a	0,43 a	0,48 a	0,41 a	0,46 a	14,4
10 – 20	0,47 a	0,50 a	0,46 a	0,47 a	0,53 a	0,47 a	0,50 a	7,76
Macroporosidade (cm ³ cm ⁻³)								
0 – 5	0,23 a	0,18 a	0,19 a	0,25 a	0,17 a	0,21 a	0,12 a	38,29
5 – 10	0,09 a	0,09 a	0,07 a	0,09 a	0,03 a	0,15 a	0,06 a	128,3
10 – 20	0,04 a	0,00 a	0,02 a	0,04 a	0,00 a	0,03 a	0,01 a	260,1

*Médias não seguidas pela mesma letra, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

4.3 PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DAS CULTURAS

Em condições tropicais e subtropicais é necessária uma quantidade elevada de massa seca sob o solo para o bom sistema plantio direto, sendo recomendado para um ano o mínimo de seis toneladas de matéria seca por hectare (SANTI; AMADO; ACOSTA, 2003). Para Carvalho e Amabile (2006), o rendimento da massa seca das plantas de cobertura do solo depende das condições fitossanitárias, climáticas, edáficas, práticas de manejo e do sistema radicular agressivo, visto que maior produção de biomassa está ligada ao alcance das raízes em profundidade.

Em relação a massa seca das culturas, o sorgo foi o tratamento que apresentou os maiores valores, produzindo 27,51 toneladas por hectare. Resende (1995), avaliando a produção de matéria seca de sorgo semeado em fevereiro, relatou que o mesmo produziu 16,7 toneladas de massa seca por hectare. O milho e o capim sudão também tiveram produção de matéria seca elevada, produzindo 27,08 e 22,88 toneladas por hectare, respectivamente. Isso comprova que o uso de gramíneas como plantas de cobertura são destaques na produção de biomassa. Além de elevada produção de biomassa, as gramíneas possuem relação C/N elevada que contribui

para redução na taxa de decomposição e liberação mais lenta dos nutrientes no solo (DA SILVA et al., 2012).

Os tratamentos feijão guandu, crotalaria juncea e crotalaria spectabilis produziram 23,36; 15,34 e 11,91 toneladas de massa seca por hectare, respectivamente. Estes tratamentos, por pertencerem à família das leguminosas, possuem grande potencial de produção de biomassa e capacidade de fornecer nitrogênio à cultura sucessora (MATHEIS; AZEVEDO; VICTÓRIA, 2006). Porém, essas plantas apresentam alta taxa de decomposição de seus resíduos devido à baixa relação C/N (TEIXEIRA et al., 2009).

O tratamento que apresentou os menores valores foi o pousio, produzindo em média 0,34 toneladas de massa seca por hectare. Esses valores foram inferiores aos encontrados por Noce (2008), que obteve 1,61 toneladas por hectare de massa de plantas daninhas.

Tabela 6 - Produção de massa seca das culturas

Tratamento	Massa seca (Mg há ⁻¹)
Pousio	0,34
Crotalaria spectabilis	11,91
Crotalaria juncea	15,34
Capim sudão	22,88
Feijão guandu	23,36
Milheto	27,08
Sorgo	27,51

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação ao efeito das espécies de plantas de cobertura na agregação do solo na camada 0 – 10 cm, os tratamentos diferiram significativamente somente na Classe 5, onde o tratamento pousio apresentou a maior porcentagem de agregados na Classe. Na camada 10 - 20 cm, os tratamentos diferiram significativamente somente na Classe 4, onde o tratamento pousio apresentou os maiores percentuais de agregados na Classe.

Os valores de DMP não tiveram diferenças significativas em nenhuma das camadas. Na camada 0 – 10 cm os maiores valores de DMG foram observados no tratamento sorgo e na camada 10 – 20 cm, o tratamento capim sudão apresentou os maiores resultados.

Os valores de densidade, porosidade total, microporosidade e macroporosidade não diferiram significativamente entre os tratamentos.

O sorgo apresentou a maior produção de matéria seca por hectare.

REFERÊNCIAS

- ABRÃO, P.U.R et al. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre características de um Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 169-172, 1979.
- AGUIAR, Maria Ivanilda de et al. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) – Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2008. Disponível em: >
<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5396/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y><. Acesso em: 02 abr. 2018.
- ALBUQUERQUE, J.A. et al. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 115-119, 1995.
- ALVARENGA, Ramon Costa et al. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 319-326, 1996. Disponível em:
<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38797/1/Crescimento-raizes.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2018.
- ALVARENGA, Ramon Costa et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- AMADO, Telmo Jorge Carneiro et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 25, n. 1, 2001.
- ANDRADE, R. da S.; STONE, Luís F.; SILVEIRA, PM da. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 411-418, 2009.
- BAYER, Cimelio; MIELNICZUK, Joao; MARTIN-NETO, Ladislau. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 3, 2000.
- BASSO, Claudir José; REINERT, Dalvan José. Variação da agregação induzida por plantas de cobertura de solo no inverno e plantio direto de milho em um solo podzólico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, nº 4, p. 567-571, 1998.
- CALEGARI, Ademir et al. Melhoria da agregação do solo através do sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 2, 2006.
- CALONEGO, Juliano Carlos et al. Desenvolvimento de plantas de cobertura em solo compactado. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 2, 2011.
- CALONEGO, Juliano Carlos; ROSOLEM, Ciro Antonio. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 1399-1407, 2008
- CAMPOS, B. C. et al. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 23, n. 2, 1999.

- CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R. & CASSOL, L.C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.23 p.386-391, 1999.
- CARVALHO, Marco Antonio Camillo de et al. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 1141-1148, 2004.
- CARVALHO, AM de; AMABILE, R. F. Plantas condicionadoras de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF. **Embrapa Cerrados**, p. 143-170, 2006.
- COGO, N.P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declividade e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.27, p.743-753, 2003.
- COLLARES, Gilberto Loguércio et al. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 11, p. 1663-1674, 2006.
- COSTA, André da et al. Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, 2009.
- COSTA, F. de S. et al. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista brasileira de ciência do solo**. Campinas. Vol. 27 n. 3 (maio/jun. 2003), p. 527-535, 2003.
- DA SILVA, João Alfredo Neto et al. Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-mansão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 769-775, 2012.
- DE ARAÚJO, Adelson Paulo; DE ALMEIDA, Dejair Lopes. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 245-251, 1993.
- DE MIRANDA, Jeanne Christine Claessen et al. Manejo da micorriza arbuscular por meio da rotação de culturas nos sistemas agrícolas do Cerrado. **Embrapa Cerrados-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2001.
- DENARDIN, José Eloir et al. Sistema plantio direto: evolução e implementação. **Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico (ALICE)**. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da (Ed.). Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Cap. 7, p. 185-216.
- DRIVER, James D.; HOLBEN, William E.; RILLIG, Matthias C. Characterization of glomalin as a hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, n. 1, p. 101-106, 2005.
- DUFRANC, G. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois latossolos em plantio direto no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 505-517, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**, 1997.

ENÍVAR, Mastrângello Lanzanova et al. Atributos físicos de um Argissolo em sistemas de culturas de longa duração sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, 2010.

ESPINDOLA, José Antônio Azevedo et al. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 339-347, 1998.

ESPÍNDOLA, José Antonio Azevedo; GUERRA, José GM; DE ALMEIDA, D. L. Adubação verde: Estratégia para uma agricultura sustentável. **Embrapa Agrobiologia-Documentos (INFOTECA-E)**, 1997.

FABIAN, Adelar José. **Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação**. 2009. xiv, 83 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/105289>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

FOLONI, José Salvador Simoneti; LIMA, Sergio Lázaro de; BÜLL, Leonardo Theodoro. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 49-57, 2006.

GARCIA, Rodrigo Arroyo; ROSOLEM, Ciro Antonio. Agregados em um Latossolo sob sistema plantio direto e rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 12, p. 1489-1498, 2011.

GROWN, Crops Are. 14 Sustainable Soil. **Principles of Sustainable Soil Management in Agroecosystems**, p. 337, 2013.

HEINRICH, Reges et al. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, 2001.

INGARAMO, Octavio Enrique. **Indicadores físicos de la degradación del suelo**. 2003. 298 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo e Meio Ambiente) - Universidade da Coruña, Corunã, 2003. Disponível em: >
<http://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/1132><. Acesso em: 22 abr. 2018.

KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D. & WHITE, J.L., eds. Methods of soil analysis. Part 1. Madison, American Society of Agronomy, p.499-509, 1965.

KOAKOSKI, André et al. Desempenho de semeadora-adubadora utilizando-se dois mecanismos rompedores e três pressões da roda compactadora. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 725-731, 2007.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E.; BERTON, A. L. **Compactação e descompactação de solos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000.

- KOCHHANN, Rainoldo Alberto; DENARDIN, José Eloir. **Implantação e manejo do sistema plantio direto**. Embrapa Trigo, 2000.
- KROON, Hans de; VISSER, Eric J.W. **Root Ecology**. Editora Springer, v. 168, 2003.
- LUCIANO, Rodrigo Vieira; ALBUQUERQUE, Jackson Adriano; PÉRTILE, Patrícia. **Métodos de análises físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Catarina, Lages, 2010.
- MACHADO VEZZANI, Fabiane; MIELNICZUK, João. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, 2011.
- MARTÍN, M. A. et al. **Plantas de Cobertura do Solo em Sistema Plantio Direto – uma alternativa para aliviar a compactação**. Disponível em: >
http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Producao_Artigos/50.pdf<.
 Acesso em: 03 abr. 2018.
- MATEUS, G. P.; WUTKE, E. B. Espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 103, 2011.
- MATHEIS, H.; AZEVEDO, FA de; VICTÓRIA, R. F. Adubação verde no manejo de plantas daninhas na cultura de citros. **Laranja, Cordeirópolis**, v. 27, n. 1, p. 101-110, 2006.
- NETTO, Antonio Angelotti; FERNANDES, Edemo João; CENTURION, José Frederico. Propriedades físicas e indicador de qualidade de um latossolo vermelho submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Irriga**, v. 12, n. 1, p. 27-37, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/69434>>. Acesso em: 26 out. 2018.
- NOCE, MARCO AURÉLIO. Interferência da palhadas de sorgo, capim braquiária e milho sobre a cultura do milho e plantas daninhas. 2008. 47 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) – Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal da Lavras, Minas Gerais, 2008. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/483160>>. Acesso em: 18 out. 2018.
- PRADO, Hélio do. Pedologia Simplificada. **Potafos Arquivo do Agrônomo – nº1**. Piracicaba, 2 ed, p. 01-16, 1995.
- PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 77, n. 1, p. 79-84, 2004.
- REINERT, Dalvan José; REICHERT, José Miguel. Propriedades físicas do solo. **Centro de Ciências Rurais**, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, p. 01-18, 2006.
- REINERT, Dalvan José et al. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, 2008.
- RILLIG, Matthias C. Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 84, n. 4, p. 355-363, 2004.

SALTON, J. C. et al. Determinação da agregação do solo-metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste. **Embrapa Agropecuária Oeste-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2012.

SALTON, Júlio Cesar et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, 2008.

SANTI, Anderson; AMADO, Telmo Jorge Carneiro; ACOSTA, José Alan. Adubação nitrogenada na aveia preta. I - Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.6, 2003.

SANTOS, A. C. et al. Gramíneas e leguminosas na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características químicas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 4, p. 1063-1071, 2001.

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

SILVA, Ivandro de Franca da; MIELNICZUK, João. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 21, n. 1, p. 113-117, 1997.

SILVA, Ivandro de Franca da; MIELNICZUK, Joao. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista brasileira de ciência do solo**, Campinas, vol. 22, n. 2, p. 311-317, 1998.

STEFANOSKI, Diane C. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 17, n. 12, 2013.

STONE, L. F.; SILVEIRA, PM da. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, 2001.

TEIXEIRA, Cícero Monti et al. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milheto e milheto+ crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 31, n. 4, 2009.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. & LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 22, p. 573-581, 1998.

TORMENA, Cássio Antonio et al. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.

TRUBER, Priscila Viviane. **Agregação do solo e ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em sistemas de rotação de culturas**. 2013. iii, 63 p. Dissertação (mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/88240>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

WOHLENBERG, E. V. et al. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 5, p. 891-900, 2004.

WRIGHT, S. F. et al. Time-course study and partial characterization of a protein on hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi during active colonization of roots. **Plant and Soil**, v. 181, n. 2, p. 193-203, 1996.