



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA**

ANDERSON LUIS STOLBEN MACHADO

**EFEITO DE DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA SOBRE ATRIBUTOS
FÍSICOS DE UM LATOSSOLO SOB PREPARO CONVENCIONAL E NA
PRODUTIVIDADE DA SOJA**

CERRO LARGO

2017

ANDERSON LUIS STOLBEN MACHADO

**EFEITO DE DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA SOBREATRIBUTOS
FÍSICOS DE UM LATOSSOLO SOB PREPARO CONVENCIONAL E NA
PRODUTIVIDADE DA SOJA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Agronomia da Universidade Federal da Fronteira
Sul, como requisito para obtenção do título de
Bacharel.

Orientador: Douglas Rodrigo Kaiser

CERRO LARGO

2017

PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas

Machado, Anderson Luis Stolben

Efeito de diferentes plantas de cobertura sobre atributos físicos de um latossolo sob preparo convencional e na produtividade da soja/ Anderson Luis Stolben Machado. -- 2017.

50 f.:il.

Orientador: Douglas Rodrigo Kaiser.

Co-orientador: Renan Costa Beber Vieira.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia , Cerro Largo, RS, 2017.

1. Estrutura do solo. 2. Densidade do solo. 3. Macroporosidade. 4. Microporosidade . 5. Estabilidade de agregados. I. Kaiser, Douglas Rodrigo, orient. II. Vieira, Renan Costa Beber, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

ANDERSON LUIS STOLBEN MACHADO

**EFEITO DE DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA SOBRE ATRIBUTOS
FÍSICOS DE UM LATOSSOLO SOB PREPARO CONVENCIONAL E NA
PRODUTIVIDADE DA SOJA**

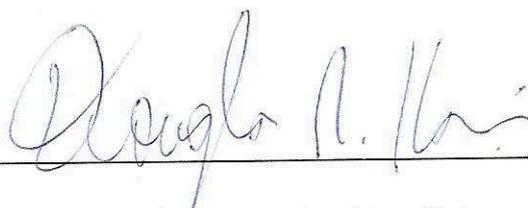
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

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

08/12/2017

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS



Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira - UFFS



Engenheira Florestal Caren Daiana Perius Webler - UFSM

RESUMO

O uso e manejo das plantas de cobertura é fundamental para melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo. Espécies de cobertura de solo, aliadas as práticas de manejo e conservação recuperam ou mantêm características físicas do solo como a agregação. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo verificar o efeito das plantas de cobertura vegetal, de ciclo anual, antecedendo a cultura da soja, sob distribuição de tamanho de agregados em água nas camadas 0,1m e 0,1-0,2m, a influência das plantas de cobertura na macroporosidade, microporosidade, porosidade total do solo e densidade do solo, nas camadas 0,00-0,05m, 0,05-0,1m, 0,1-0,2m e 0,2-0,3m, massa seca das plantas de cobertura e da soja, peso de mil grãos e produtividade da soja. Para isso, foi conduzido um estudo a campo no ano de 2016/17, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus de Cerro Largo, sendo que as análises laboratoriais para a determinação dos atributos físicos em análise, foram realizados no Laboratório de Física dos Solos. Os tratamentos implantados foram os seguintes: capim sudão, nabo forrageiro, aveia branca consorciada com centeio e pousio. O delineamento utilizado foi blocos ao acaso, com 4 repetições. Os resultados foram submetidos a teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro. O nabo forrageiro apresentou maior quantidade de massa seca de parte aérea da planta. Quando comparado o efeito das plantas de cobertura sobre a densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, observou-se que não houve diferença significativa. Quando comparado o efeito das plantas de cobertura sobre a agregação do solo nas camadas 0,0-0,1 m e 0,1-0,2 m, não houve diferença significativa entre os tratamentos, o mesmo aconteceu quando comparados o efeito da cultura da soja sucedendo as plantas de coberturas, na camada 0,0-0,1 m. O tratamento Aveia + Centeio na camada 0,1-0,2 m, obteve uma resposta satisfatória sobre a agregação do solo nas Classes 1 e 2, e o tratamento pousio teve o maior índice de agregados nas Classes 3, que juntamente ao tratamento Capim Sudão, obtiveram os maiores índices de agregados nas Classes 4 e 5. O tratamento Aveia + Centeio apresentou maior valor de DMP e DMG na camada 0,1-0,2 m, após a cultura da soja, apresentando dessa forma efeito positivo na agregação do solo. A massa seca da parte aérea da cultura da soja, assim como a massa de mil grão e a produtividade da soja não demonstraram diferença significativa entre os tratamentos.

Palavras-chave: Estrutura do solo. Agregação. Estabilidade de agregados.

ABSTRACT

The use of cover crops is essential to improve the physical, chemical and biological characteristics of the soil. Soil cover species, allied to management and conservation practices recover or maintain soil physical characteristics such as aggregation. In this context, the present study we had as objective to verify the effect of the annual cover plants, grasses and legumes, preceding the soybean crop in no-tillage, under the distribution of aggregate size in water in layers 0,0 - 0, 1m and 0.1 - 0.2m, the influence of cover crops on macroporosity, microporosity, total soil porosity, soil density, 0.0 - 0.05m, 0.05 - 0.1m, 0, 1 - 0.2m and 0.2 - 0.3m, dry matter of cover crops and soybean, soybean yield. For that, a field study was conducted in 2016/17, in the experimental area of the Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo, and the laboratory analyzes for the determination of the physical attributes under analysis were carried out in the Laboratory of Soil Physics. The treatments implanted were the following: sudan grass, forage turnip, white oat consortium with rye and fallow. The experimental design was a completely randomized block design with four replications and the means were compared by the Tukey test at 5% probability. Based on the results obtained, it can be concluded that the cover plants on the physical attributes of the soil, the soil density did not differ statistically. Comparing the effect of the cover plants on the distribution of aggregate size in water in the layers 0.0 - 0.1 m and 0.1 - 0.2 m, there was no significant difference between the treatments. The same happened when comparing the effect of the soybean crop succeeding the cover plants, in the 0.0-0.1 m layer. However, the Oat/Rye treatment in the 0.1 - 0.2 m layer was the one that best answered the evaluation on soil aggregation in Classes 1 and 2, and the Fallow treatment had the highest aggregate index in Classes 3, which together with the Sudan Grass treatment, obtained the highest rates of aggregates in Classes 4 and 5. The Oat/Rye treatment presented higher value of mean wight diameter (MWD) and mean geometric diameter (MGD) in the 0.1-0.2 m layer after soybean cultivation, thus presenting a positive effect on soil aggregation. The dry matter of the soybean crop showed no difference between the treatments. Forage turnip produced the largest amount of dry matter. The soybean yield did not differ from the other evaluated treatments.

Keywords: Soil structure. Aggregation. Stability of aggregates.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação pluviométrica durante o período de avaliações.	22
Figura 2 - Croqui do experimento.....	23
Figura 3 - Coleta de amostras indeformadas utilizando anéis de metal.	25
Figura 4 - Amostras divididas em 0-0,1m e 0,1-0,2m de profundidade.	27
Figura 5 - Processo de preparo das amostras de agregação do solo.	28
Figura 6 - Amostra para avaliações de agregação.	28
Figura 7 - Amostras após avaliações no agitador de peneiras tipo Yoder.	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas do solo, na profundidade de 0-0,2m.	24
Tabela 2 - Densidade de sementes utilizadas nos tratamentos.....	24
Tabela 3 - Massa seca da parte aérea das plantas de cobertura.	33
Tabela 4 - Efeito nos atributos físicos do solo após cobertura vegetal.	34
Tabela 5 - Efeito nos atributos físicos do solo após cultura da soja.	35
Tabela 6 - Efeito das espécies de cobertura na distribuição do tamanho de agregados estáveis em água	37
Tabela 7 - Efeito na distribuição do agregados estáveis em água em sucessão da soja.....	38
Tabela 8 - Quantificação da massa seca da parte aérea, peso de 1000 grãos e produtividade da soja.	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 SISTEMAS DE CULTIVO E PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO	11
2.2 DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS	12
2.3 INFLUÊNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA NA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO	14
2.3.1 Agregação do solo	15
2.3.2 Porosidade do solo	16
2.3.3 Densidade do solo e resistência à penetração	17
2.4 PLANTAS DE COBERTURA	18
3.4.1 Aveia Branca	19
3.4.2 Centeio	20
3.4.3 Nabo forrageiro	20
3.4.4 Capim sudão	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO EXPERIMENTO	22
3.3 AMOSTRAGEM E ANÁLISES REALIZADAS	25
3.3.1 Análises físicas do solo	25
3.3.2 Estabilidade de agregados	26
3.3.3 Quantificação da massa vegetal seca	30
3.3.4 Avaliações da produtividade da soja e massa de mil grãos	31
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 QUANTIFICAÇÃO DE MASSA SECA DA COBERTURA VEGETAL DO SOLO ..	32
4.2 DENSIDADE, MACROPOROSIDADE, MICROPOROSIDADE E POROSIDADE TOTAL	33
4.3 AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DE AGREGADOS	37
4.4 QUANTIFICAÇÃO DA MASSA SECA DA CULTURA SOJA, PESO DE MIL GRAOS E PRODUTIVIDADE DA SOJA.	40
5 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

O sistema de cultivo convencional pode promover uma rápida deterioração do solo, uma vez que o intensivo revolvimento acaba propiciando o rompimento de agregados, a compactação e a decomposição da matéria orgânica incorporada. Esse processo de deterioração do solo ocorre devido à falta de cobertura vegetal e o impacto direto de gotas das chuvas acarretando as erosões hídricas e eólicas, sobretudo quando não se utilizam práticas conservacionistas associadas ao preparo do solo, semeadura em nível ou terraceamento (LOSS et al., 2015).

Para melhorar a estrutura do solo, é necessária uma transição do sistema convencional para o sistema semeadura direta. No entanto, a transição utiliza plantas de cobertura de solo, rotação de culturas, práticas conservacionistas e o revolvimento do solo ocorre apenas na linha da semeadura. A eficácia deste sistema está relacionada com a qualidade e quantidade de resíduos vegetais produzidos, a porcentagem de cobertura e a persistência destes resíduos na superfície do solo, principalmente no início do período chuvoso quando as culturas de verão ainda não se estabeleceram por completo (FABIAN, 2009). Por outro lado, mudanças no uso do solo com práticas de revolvimento e a própria qualidade do material orgânico depositado no solo podem alterar a agregação e conseqüentemente a estabilidade dos agregados (PINHEIRO; PEREIRA; ANJOS, 2004).

Quanto à qualidade física do solo, a transição do sistema convencional para sistema direto, utiliza coberturas protetoras de solo, pois podem diminuir as variações de temperatura, particularmente próximo da superfície, podendo alterar consideravelmente o ambiente para o desenvolvimento da sua flora e fauna, sendo importante para o aumento da porosidade do solo. Além disso, atuam para a incorporação de grande quantidade de matéria orgânica, contribuindo através da biomassa produzida, para o sequestro e fixação de carbono no solo (SANCHEZ, 2012).

Quanto à redução da erosão hídrica no solo, a cobertura do solo tem ação direta e efetiva, pois promove a dissipação da energia cinética das gotas da chuva, diminuindo a desagregação das partículas de solo e o selamento superficial, aumentando a infiltração de água (FERREIRA; TAVARES FILHO; FERREIRA, 2010).

Para solos que estão fisicamente degradados, é importante utilizar plantas de cobertura com sistema radicular agressivo e com características de subsoladores naturais, pois essas plantas são capazes de romper camadas impeditivas em subsuperfície, melhorando a área para a semeadura das culturas comerciais e aumentando a porosidade total do solo. Esta técnica promove um grande aporte de resíduos, favorecendo o acúmulo de matéria orgânica ao solo e beneficiando em suas propriedades físicas (SANCHEZ, 2012).

Dentre as propriedades físicas do solo, a estrutura é sensível ao manejo, cuja qualidade pode ser analisada segundo variáveis relacionadas com sua forma (ALBUQUERQUE et al., 1995) e/ou, com sua estabilidade (CAMPOS et al., 1995). O efeito do manejo sobre as propriedades físicas do solo é dependente da sua textura e mineralogia, as quais influenciam a resistência e a resiliência do solo à determinada prática agrícola (BERTOL et al., 1998).

No manejo convencional, o adensamento do solo na superfície, em decorrência da ausência de manejo conservacionista, acarreta diminuição do volume de poros, especialmente de macroporos, o que implica num aumento da resistência do solo a penetração de raízes, redução da estabilidade dos agregados e na infiltração de água no solo (BERTOL et al., 1998).

O uso e manejo de plantas de coberturas é fundamental para melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo estudar o efeito de plantas de coberturas vegetais anuais, antecedendo a cultura de soja em plantio direto, sobre a estabilidade de agregados em água. Além disso, este trabalho busca analisar a variação temporal da estabilidade de agregados nos diferentes tratamentos, avaliar a influências das plantas de cobertura na macroporosidade e microporosidade do solo, densidade do solo, massa seca, peso de mil sementes e a produtividade da soja.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMAS DE CULTIVO E PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO

O sistema de preparo convencional do solo, em muitas regiões do país, teve como objetivo principal o controle de plantas invasoras e a melhoria nos atributos físicos e químicos do solo, com a intenção de possibilitar a manutenção e/ou melhoria da produtividade das culturas implantadas. Em contrapartida, o revolvimento do solo para a implantação das culturas, pode coincidir com períodos com elevada precipitação, elevando o risco de erosão, seja pela água (erosão hídrica) seja pelo vento (erosão eólica) em regiões de forte influência (VOLK et al., 2004).

Nesse contexto, o sistema de semeadura direta ascendeu com o intuito de tentar diminuir os problemas causados nas áreas agrícolas pelo sistema de preparo convencional. Tão logo, esse sistema de semeadura direta foi introduzido no Sul do Brasil, no início da década de 70, como um manejo conservacionista dos solos cultivados, onde controlava os processos erosivos e adaptava-se bem ao clima regional, permitindo o cultivo de espécies de outono/inverno, mantendo o solo com cobertura vegetal (FABIAN, 2009).

No sistema plantio direto, a semeadura é feita diretamente sobre os resíduos vegetais de culturas antecedentes, com o mínimo de revolvimento no solo, objetivando manter o solo com a máxima cobertura durante o maior tempo possível (FABIAN, 2009). Este sistema tem como objetivo básico a utilização de coberturas vegetais em sucessão ou consorciadas, e na manutenção dos seus resíduos vegetais sobre a superfície do solo, em rotação de culturas, permitindo maior diversidade biológica. A eficácia desse sistema está relacionada com a quantidade dos resíduos vegetais produzidos pelas plantas de cobertura (SATURNINO & LANDERS, 1997).

Para melhorar o desempenho do sistema plantio direto é necessário uma boa cobertura de massa seca sobre o solo (FABIAN, 2009). No entanto, para reduzir a erosão hídrica em relação ao solo descoberto, qualquer quantidade é satisfatória, seja grande ou pequena. Por outro lado, se a quantidade de resíduos for excessiva, as produções das culturas subsequentes poderão ser afetadas negativamente, dificultando a emergência das plantas devido ao impedimento físico (BERTOL et al.,

1998). Ademais, existe a possibilidade de acarretar maior necessidade de adubo nitrogenado para as plantas sucessoras, especialmente se não for adotado um adequado sistema de rotação de culturas com sistemas radiculares diferentes que possam alternar a extração de nutrientes (BOER et al., 2007).

Ao utilizar as plantas de cobertura, necessita-se observar cuidadosamente as características que predeterminam a capacidade de uma planta em ser utilizada como cobertura vegetal. Segundo Fabian (2009), as plantas precisam ter capacidade de produção de matéria seca; elevada taxa de crescimento; resistência à seca e ao frio; não apresentar problemas de infestação às áreas agrícolas; facilidade de manejo; possuir sistema radicular vigoroso, vasto e profundo para melhor reciclar, descompactar e absorver os nutrientes; além de uma baixa relação carbono/nitrogênio (C/N), para que a massa seca se decomponha de forma elevada e aumente a disponibilidade de nitrogênio para as plantas sucessoras.

Para recompor a matéria orgânica no solo, na região Sul do Brasil, Sá (1995) e Darolt (1998) apontam que é necessária uma quantidade mínima de 6 Mg ha⁻¹ de massa seca de cobertura vegetal no solo. Para esta região, Seguy e Bouzinac (1995) sugeriram a necessidade de atingir com o programa de rotação de culturas, a produção de 11 a 12 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal por ano. Tão logo trabalhos foram feitos com algumas espécies de coberturas e Rigon et al. (2011), citam que a aveia preta produz cerca de 8,3 Mg ha⁻¹ indicando ser uma ótima cultura para ser utilizada na cobertura de solo em um ciclo de cultura. Quanto ao rendimento da cobertura vegetal utilizando a planta nabo forrageiro, a quantidade média produzida de matéria seca foi de 6,7 Mg ha⁻¹, evidenciando o grande potencial de produção da cultura (SILVA et al., 2007).

Para a área em pousio (vegetação espontânea), Cutti et al. (2014) encontraram um rendimento de 4,4 Mg ha⁻¹, de matéria seca. Contudo, apresentavam pontos de alta e outros de baixíssima produção de massa seca devido à emergência de plantas espontâneas, prejudicando o crescimento da cultura sucessora e afetando as propriedades físicas do solo.

2.2 DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS

Os componentes carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S) formam os resíduos vegetais, sendo o C o elemento químico

predominantemente na massa com teores de até 60%, com uma variação de N de 0,13% a 15% e os outros três elementos P, K, e S, chegando no máximo a 1% (FABIAN, 2009).

Quanto à decomposição dos resíduos vegetais, este é preconizado por um processo que leva em função principalmente as características qualitativas do material, pela porcentagem de carbono, nitrogênio, ou seja, pela relação C/N (ROMAN & VELLOSO, 1993).

No solo estão presentes compostos orgânicos, como ácidos húmicos e fúlvicos, ácidos orgânicos de baixa massa molecular e outros. Conforme é adicionado resíduos orgânicos em forma de matéria seca no solo, essa massa molecular composta por ácidos aumenta a sua concentração (PAVINATO e ROSELEM, 2008). Durante o período de decomposição destes resíduos adicionados ao solo, ocorre um aumento rápido na concentração destes compostos. Após o processo de decomposição ocorre uma diminuição desses ácidos no solo. Com a manutenção dos resíduos vegetais sobre o solo, diminui a decomposição feita pelos microrganismos, pois reduz a área de contato dos mesmos tornando o processo mais lento. (BARROS, 2013).

Existindo esta proteção exercida por resíduos vegetais, torna-se possível produzir de forma contínua os compostos orgânicos de baixa massa molecular, produzindo efeitos positivos na fertilidade, não apenas no período da decomposição, mas também na manutenção desses resíduos sobre o solo (BARROS, 2013).

Nos solos do Brasil, o Carbono Orgânico do Solo (COS) contribui de forma determinante para aprimorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (IWATA et al., 2010). Neste sentido, Barros (2013) destaca que o COS atua no processo de armazenamento e fornece nutrientes para o solo; contribui na formação e estabilização dos agregados; favorece resistência e promove melhorias significativas na densidade. Para aumentar o estoque de carbono no solo, são necessárias técnicas de manejo e conservação do solo, que mantenham a matéria seca sobre o mesmo, desencadeando um efeito positivo nas condições físicas, químicas e biológicas.

2.3 INFLUÊNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA NA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO

A qualidade física do solo está associada a aspectos como capacidade de infiltração, retenção e disponibilização de água às plantas; respostas ao manejo e resistência a degradação; trocas de calor e de gases com a atmosfera e raízes de plantas, bem como o crescimento radicular (FERREIRA; TAVARES FILHO; FERREIRA, 2010).

Com a retirada da mata nativa por meio da expansão agrícola, somando ao manejo incorreto do solo, a degradação e a alteração de alguns atributos físicos do solo, agravaram-se. Contudo, em áreas que foram implantadas os sistemas conservacionistas, como o sistema de semeadura direta, plantio em nível, implementação de cobertura vegetal e práticas que reduzem o revolvimento do solo, notou-se a recuperação das características do solo, além da diminuição dos processos erosivos, que atualmente são considerados a principal causa da degradação dos solos agrícolas do mundo (COSTA et al., 2003).

No sistema convencional, onde há o revolvimento superficial do solo, tem-se encontrado uma intensa decomposição da matéria orgânica, ocasionando considerável efeito prejudicial na qualidade estrutural do solo. Estas alterações ocasionadas na estrutura do solo são evidenciadas nas propriedades físicas do solo como: densidade do solo, volume e distribuição de poros, aumento do volume de poros e permeabilidade do solo dentro da camada preparada convencionalmente, armazenamento de ar, resistência a penetração e crescimento das raízes nesta camada, em relação à semeadura direta e campo nativo (BERTOL et al., 2001).

Em diferentes condições edafoclimáticas, os diferentes tipos de coberturas e sistema radicular deixados no solo através dos resíduos vegetais conseguem manter e até mesmo melhorar índices que expressam os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Essa melhoria é oriunda da liberação de nutrientes, acúmulo de matéria seca, sistema radicular e proteção da cobertura vegetal advinda da cultura antecessora (BERTOL et al., 1998).

2.3.1 Agregação do solo

A estrutura do solo é representada pelos agregados e pelos poros do solo, atributos físicos passíveis de alterações via práticas agrícolas (BASSO; REINERT, 1998). Os autores argumentam que a degradação da estrutura do solo prejudica o desenvolvimento do sistema radicular das culturas, diminuindo o desenvolvimento vegetal e aumentando os fatores de erodibilidade do solo. Quando o sistema de manejo tem a cobertura do solo com resíduos vegetais incluídos, estes amenizam os problemas anteriormente citados e ajudam na estruturação do solo.

Os agregados têm sua formação dividida em duas fases, sendo a primeira caracterizada pela existência de uma aproximação entre duas partículas do solo decorrente da variação de água que acontece durante o ciclo de umedecimento e secagem, pela formação de hifas de fungos, pela ação mecânica das raízes e pela atração eletrostática entre as partículas de solo; a segunda fase se caracteriza como a fase de finalização da formação dos agregados e acontece quando há uma ação cimentante nas partículas durante a união das mesmas (BOCHNER et al., 2008). Segundo Castro Filho, Muzzili e Podanoschi (1998) esta ação ocorrerá se existir raízes no solo, pois os exsudatos para a formação do agente cimentante são liberados pelas mesmas.

Os agregados conferem maior resistência do solo ao processo erosivo, proteção à matéria orgânica e, conseqüentemente à população microbiana (FONSECA et al., 2007). No entanto, a matéria orgânica também atua sobre a formação dos agregados devido ao seu efeito cimentantes (CASTRO FILHO; MUZZILI; PODANOSCHI, 1998).

As plantas da família das gramíneas, devido ao sistema radicular fasciculado, são as que melhor auxiliam o estado de agregação. A recuperação da agregação do solo pelas gramíneas está associada a grande capacidade de produção de raízes ao efeito de secamento localizado, maior liberação de exsudatos, grande quantidade de raízes finas e também a grande quantidade de matéria orgânica depositada no solo, otimizando um ambiente propício à agregação (BASSO; REINERT, 1998).

Campos et al. (1995) também destacam as gramíneas como as principais plantas de cobertura para favorecer a agregação do solo, devido ao maior número de raízes expostas durante o ciclo de umedecimento e secagem, exsudatos liberados, maior infecção por micorrizas e maior deposição de matéria orgânica. No

entanto, os autores enfatizam que a leguminosa tem uma melhor agregação do solo em relação às gramíneas, devido ao tipo de material orgânico depositado no solo pelas leguminosas e pela maior taxa de decomposição dos resíduos.

2.3.2 Porosidade do solo

A porosidade do solo é representada pelo arranjo das partículas sólidas de solo em agregados, formando a estrutura do solo. Corresponde ao volume do solo não ocupado por partículas sólidas, incluindo todo o espaço poroso ocupado pelo ar e água resultando na porosidade total do solo (BEUTLER et al., 2001). A classificação da porosidade quanto ao tamanho do poro divide-se em macroporos, maiores que 0,05 mm e microporos, menores que 0,05 mm (EMBRAPA, 1997). Os macroporos são responsáveis pela aeração, movimentação de água e penetração de raízes das culturas e os microporos, responsáveis pela retenção de água pelo solo (COSTA et al., 2003)

A porosidade total do solo é utilizada para avaliar a estrutura do solo, e relaciona-se com o armazenamento de água no solo, influenciando o desenvolvimento das plantas, em especial nas épocas de menor pluviosidade e nos períodos críticos de suprimento hídrico (VEIGA, 2005). Em solo compactado, o número de macroporos é reduzido, e em solos que possuem maior quantidade de microporos, a densidade também é maior (JIMENEZ et al., 2008). O crescimento e desenvolvimento do sistema radicular é influenciado pela busca de água e nutrientes, ou seja, com a presença de macroporos, o sistema encontra os suprimentos sem gasto elevado de energia. Com a redução dos macroporos, as plantas são induzidas a produzir raízes laterais que consomem mais energia, por conta do diâmetro inferior a fim de penetrarem nos poros menores (BEUTLER, 2001).

Ao completar o ciclo, a planta de cobertura deixa sobre o solo resíduos vegetais, onde, com sua decomposição liberam nitrogênio e aumentam os índices de poros deixados pelas raízes culminando na melhoria da fertilidade do solo e infiltração de água e ar, com ganhos à estrutura do solo (BERTOL et al., 1998). Quanto ao acúmulo de resíduos vegetais sobre o solo, os autores argumentam que para aumentar índices na porosidade há necessidade de aumentar a quantidade de

fitomassa sobre o solo, propiciando a atividade biológica e aumenta os índices de matéria orgânica.

2.3.3 Densidade do solo e resistência à penetração

A densidade do solo é caracterizada entre a relação de massa de solo seca e seu volume, sendo afetada se houver modificações na estrutura, no arranjo e no volume dos poros. Quanto ao tipo de solo, a densidade varia de acordo com as características de cada um, ou seja, solos arenosos apresentam densidade superior aos argilosos enquanto que solos siltosos apresentam densidade intermediária (KLEIN; MARCOLIN, 2011). No entanto, os solos agrícolas apresentam grande amplitude de densidade em função de suas características mineralógicas, de textura e de teor de matéria orgânica. O aumento no teor de matéria orgânica no solo reduz a densidade do solo, quer pelo efeito positivo na estabilidade estrutural do solo, quer pelo fato de o material orgânico apresentar baixa densidade, menor do que os sólidos minerais do solo (BRAIDA, 2006).

O crescimento das raízes e o desenvolvimento da planta pode ser influenciado pela compactação do solo e a alta densidade de solo. Esse efeito que impede as raízes de desenvolver, depende das características pedogenéticas e das práticas de manejo que o solo é submetido (LIMA et al. 2007). A compactação do solo é avaliada pela resistência do solo à penetração, quando o solo apresentar um aumento na resistência a penetração, afetará as relações entre ar, água e temperatura, influenciando a germinação, a brotação e a emergência das plantas, podendo comprometer a produtividade da área (CAMARGO; ALLEONI, 2006).

O pleno desenvolvimento das plantas necessita que o solo esteja em condições favoráveis, ou seja, a densidade do solo não pode ser elevada. Reinert et al. (2008), estabeleceram valores críticos de densidade do solo como $1,45 \text{ g cm}^{-3}$ sendo para solos com horizonte de textura argilosa (mais de 55 % de argila), $1,55 \text{ g cm}^{-3}$ para solos com horizonte de textura média (argila entre 20 e 55%) e de $1,65 \text{ g cm}^{-3}$ para solos com textura arenosa (menos de 20% de argila). Diante disso, solos que estejam com índices de densidade dentro dessa faixa não afetarão no crescimento da raiz e no desenvolvimento das plantas (REINERT et. al., 2008).

A densidade do solo é o atributo físico que fornece indicações sobre o estado que se encontra o solo em nível de conservação, infiltração e retenção de água no

solo, desenvolvimento do sistema radicular, resistência do solo à penetração das raízes, trocas gasosas, possíveis erodibilidades e compactação do solo (JIMENEZ et al.,2008), capacidade de drenagem, condutividade hidráulica, capacidade de saturação e volume de sedimentação (HEINRICHS, 2010). O uso pode compactar o solo, notado pelo aumento da densidade devido ao pisoteio animal, tráfego de máquinas e implementos agrícolas, cultivo intensivo e sistema de manejo inadequado (REINERT et al., 2008).

A utilização das plantas de cobertura vegetal dentro de um manejo de solo, influencia em criação de poros biológicos, conseqüentemente beneficia a alta troca de gases e a infiltração de água no solo, diminuindo a densidade e a resistência a penetração (CUBILLA et al. 2002). Além disso, a utilização de material vegetal protege o solo do contato direto diminuindo a compactação. No entanto, solos que recebem baixa ou nenhuma quantidade de resíduos vegetais são expostos a compactação, seja por tráfego de máquinas ou pisoteio de animais, podendo aumentar a densidade do solo, e como conseqüência, prejudicando o pleno desenvolvimento das plantas e a produtividade da área (EMBRPA, 2006).

2.4 PLANTAS DE COBERTURA

A melhoria na qualidade do solo é advinda da utilização das plantas de cobertura no processo de rotação de culturas, proporcionando efeitos positivos, como supressão de plantas espontâneas, conservação da umidade do solo, acúmulo de nutrientes na superfície e controle da erosão. As plantas são cultivadas para esta finalidade onde seus resíduos são depositados no solo, protegendo-o do impacto das gotas da chuva e liberando nutrientes para as próximas culturas(SANTOS e REIS, 2001).

As plantas de coberturas podem ser oriundas de qualquer espécie vegetal,porém, considerando-se as características desejadas, algumas espécies devem ser prioritárias para integrar um sistema de produção, destacando-se as características: sistema radicular profundo para facilitar a reciclagem de nutrientes; elevada produção de massa seca, tanto da parte aérea quanto radicular; velocidade de crescimento e de cobertura do solo; ser agressiva e rústica; possuir baixo custo de sementes ou apresentar facilidade em sua produção; possuir efeitos alopáticos e/ou supressores em relação às plantas não cultivadas (FERREIRA et al., 2000)

Segundo Capeche et al. (2008) e Rossi et al. (2002), os benefícios das plantas de cobertura podem ser ainda complementados, como na manutenção de elevadas taxas de infiltração de água pelo efeito combinado do sistema radicular e da cobertura vegetal; promoverem grande e contínuo aporte de massa vegetal ao solo, de maneira a manter, ou até mesmo elevar o teor de matéria orgânica; atenuarem a amplitude térmica e diminuir a evaporação, e assim apresentando múltiplos usos na propriedade rural.

3.4.1 Aveia Branca

A aveia (*Avena sativa* L.) pertence à família Poaceae. A cultura da aveia caracteriza-se por ser uma excelente alternativa para o cultivo de inverno e para o sistema de rotação de culturas.

É uma cultura de ciclo anual, variando de 110 a 120 dias da germinação a maturação. A altura varia de 0,8 até 1,2 m e, em condições favoráveis, produz de 4 a 5 perfilhos e até 30 toneladas de massa verde por hectare. Seu sistema radicular é fasciculado, fino e muito volumoso, com uma formação fibrosa que facilita a penetração no solo. Em relação à temperatura, a aveia é tradicionalmente de climatemperado (ARRUDA, 2011). Temperaturas frias na fase inicial favorecem o perfilhamento, e altas temperaturas com baixa umidade favorecem a qualidade dos grãos. A aveia não é muito exigente em solos, no entanto apresenta melhor produção em solos permeáveis e bem drenados, com boa resposta de produtividade à correção de pH. Possui boa adaptação ao plantio direto, principalmente em sucessão à soja, com grande aproveitamento dos resíduos da cultura anterior (TAVARES et al., 1993).

Possui abundante sistema radicular e grande colonização do solo, melhora atributos físicos do solo, crescendo o número de agregados estáveis. Também tem como características reduzir a infestação por plantas daninhas, devido à sua rápida cobertura do solo (PEREIRA et al., 2011).

3.4.2 Centeio

O centeio (*Secale cereale* L.) planta anual de inverno, desenvolve-se bem em diferentes tipos de solo e de clima (BAIER, 1994). Destaca-se pelo crescimento inicial vigoroso e pela rusticidade - resistência ao frio, à acidez nociva do solo, ao alumínio tóxico e a doenças, possuindo sistema radicular profundo e agressivo, capaz de absorver nutrientes indisponíveis a outras espécies. É o mais eficiente dos cereais de inverno no aproveitamento de água, pois produz a mesma quantidade de massa seca com apenas 70% da água que o trigo requer. É gramínea rústica que suporta condições adversas de clima e de solo, crescendo em condições de baixa e elevada fertilidade. Em comparação com demais forrageiras de estação fria, apresenta maior produção de forragem durante os meses mais frios que as demais espécies anuais de inverno. Centeio pode perfeitamente ser estabelecido em sistema plantio direto. A densidade de semeadura indicada é de 250 a 350 sementes aptas m⁻² (40 a 60 kg ha⁻¹). Centeio é indicado para cultivo em solos arenosos, degradados e exauridos, sendo indicado para recupera-los e para proteger áreas em processo de desertificação. É pouco exigente em adubação, mas requer temperatura baixa durante o afilhamento e solos bem drenados. A aplicação de calcário para correção de acidez somente é necessária em solos com pH extremamente baixo. Pode produzir de cerca de 4,0 t ha⁻¹ de MS (BAIER, 1988) a 10,7 t MS ha⁻¹ com a cultivar BRS Serrano (SANTOS, 2006).

3.4.3 Nabo forrageiro

O nabo forrageiro é uma planta da família das Crucíferas, muito utilizada para cobertura de solo no inverno, sendo uma planta muito vigorosa, que em 60 dias cobre cerca de 70% do solo (COSTA et al., 1992). Seu sistema radicular é pivotante, bastante profundo, atingindo em média 40 cm, com o florescimento ocorrendo entre 65 a 75 dias após o plantio, atingindo sua plenitude aos 100 dias, com a altura variando de 1,00 a 1,60 m e, devido ao seu rápido crescimento, compete com as plantas espontâneas desde o início, diminuindo os gastos com herbicidas ou capinas, o que facilita a cultura seguinte (MONEGAT, 1991). É excelente para cobertura do solo no inverno produzindo grande volume de palha para a prática do plantio direto, sendo a recomendação de 15 Kg ha⁻¹ de sementes, com população média de 60 plantas m² (COSTA et al., 1992). A produção média de massa seca desta espécie é de 2 a 7 Mg ha⁻¹ (CALEGARI, 2002).

3.4.4 Capim sudão

O capim Sudão (*Sorghumsudanense* L.) O sistema radicular consiste em muitas raízes longas e fibrosas, alcançando mais de 2,00 metros de comprimento. Raízes aéreas ou raízes adicionais brotam da parte inferior do caule. O capim Sudão pode ser encontrado em diversos ambientes que variam desde estepes de clima temperado frio à florestas, que variam de úmidas e muito secas. Esta variedade de sorgo se desenvolve melhor em temperatura na faixa dos 25-30°C, com um mínimo de 15°C e pH de 4,9 a 8,2. A espécie é resistente a seca, tolerante a salinidade no solo e termofílica, requerindo altas temperaturas para germinação. Se desenvolve bem sob irrigação em regiões secas e raramente cresce acima dos 2.700 metros de altitude(RODRIGUES, 2000).

A planta consegue se desenvolver numa ampla gama de ambientes, crescendo onde o verão é quente e seco. Não é indicado para locais de zona temperada, fria e úmida ou para regiões tropicais e subtropicais mais úmidas. Não tolera geada e morre quando a temperatura cai à 3-5°C abaixo do ponto de congelamento.

É uma planta de dia curto que no começo da época vegetativa se desenvolve lentamente; o crescimento intenso do caule começa no momento em que sai do cartucho e para no ato do florescimento.

É capaz de crescer em quase todos tipos de solos (de argilosos a arenosos), exceto em solos de pântano e solos salinos compactados. Não tolera solos alcalinos.

A densidade de semeadura varia entre 4 e 12 quilos de sementes por hectare (à lanço ou em linha). Quando plantado em linha, o espaçamento sugerido é de 18 centímetros. A profundidade de plantio não deve ser inferior a 1 centímetro nem superior a 3 centímetros e o contato do solo com a semente deve ser garantido, sem compactação elevada. As sementes irão emergir em menos de uma semana quando as condições ambientais proporcionarem calor e umidade. Usualmente o capim Sudão é semeado sozinho em áreas com poucas chuvas(ZAGO, 1997).

As exigências em fertilidade de solo são semelhantes às de gramíneas anuais. Cresce rapidamente e a adubação com nitrogênio no plantio garante o estabelecimento da cultura e acelera o seu desenvolvimento(PINTO et al.,1998).

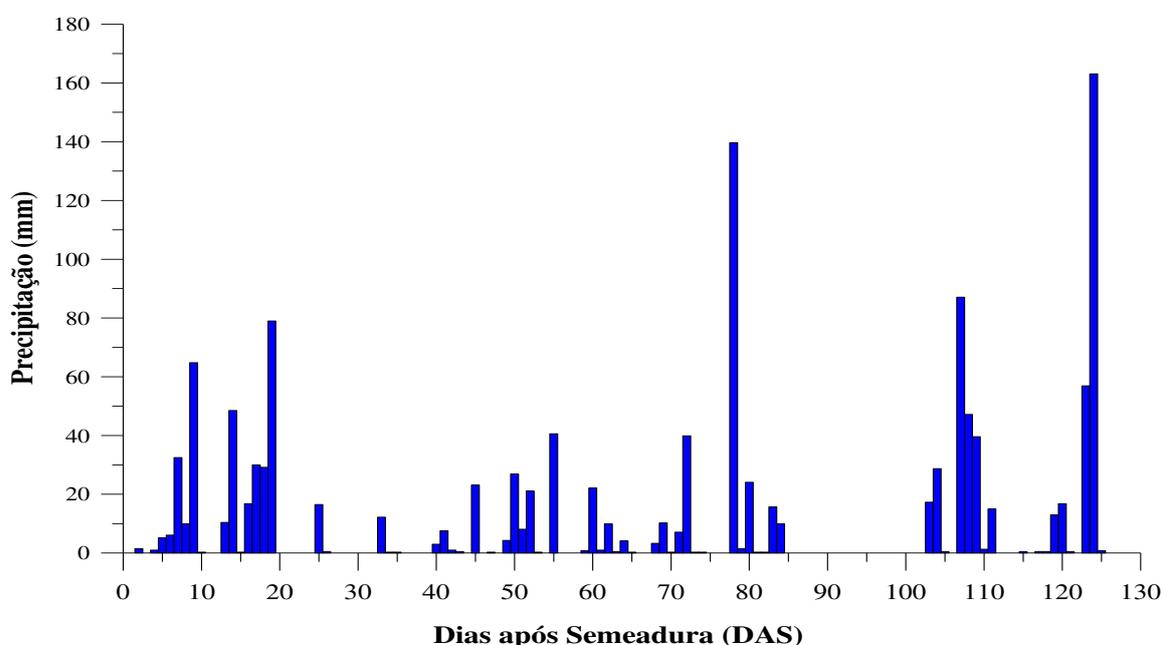
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO EXPERIMENTO

Para atingir o objetivo do estudo, foi conduzido um experimento a campo no ano de 2016/17, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo. As coordenadas locais são: Latitude 28°08'15.36" S e Longitude 54°45'34.56" W, sendo a altitude de 211 m, município de Cerro Largo, região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, região Sul do Brasil.

O clima regional, pela classificação de Koeppen, é do tipo Cfaúmido (KUINCHTNER e BURIOL, 2001). A precipitação média da região sul do Brasil varia ao longo do ano em 1050 a 1900 milímetros/ano (RAMIREZ, 1996). O solo na área experimental classifica-se como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006), pertencente à Unidade de Mapeamento Santo Ângelo. A precipitação pluviométrica (Figura 1) foi coletada através da estação meteorológica da Universidade, localizada ao lado da área experimental.

Figura 1 - Precipitação pluviométrica durante o período de avaliações.



Fonte: Elaborado pelo autor.

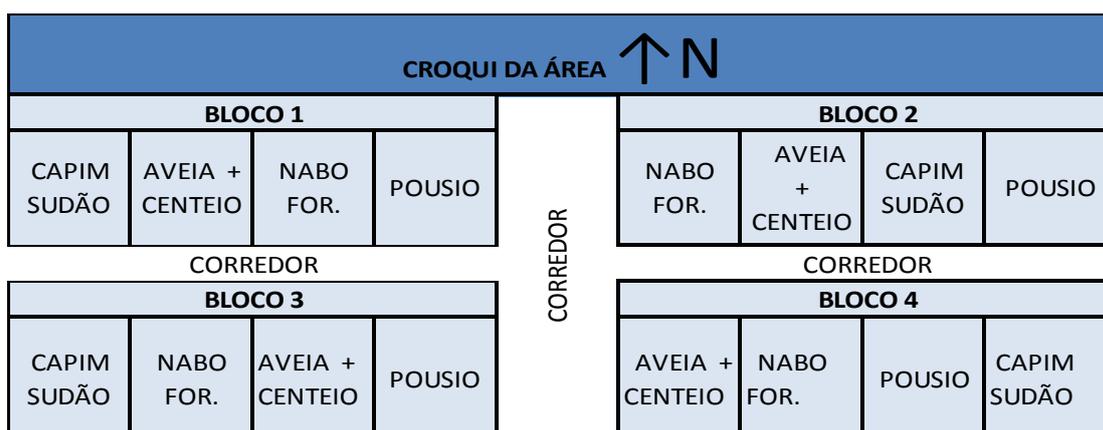
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com 4 repetições, dividido em 16 parcelas com 7,0 metros de largura e 6,0 metros de comprimento, totalizando o tamanho da parcela de 42 m² cada, com 5 metros de espaçamento entre blocos (Figura 2).

Os tratamentos utilizados foram: capim sudão (*Sorghumsudanense* L.), aveia branca 50% (*Avena sativa*) + centeio 50% (*Secalecereale*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e pousio.

As plantas invasoras de maior ocorrência no tratamento pousio foram: Aveia preta, nabo forrageiro, azevem e serralha.

Figura 2 – Croqui do experimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na instalação do experimento, o solo foi preparado pelo sistema convencional, com aração, escarificação e gradagem. Neste momento, fez-se uso do calcário para corrigir a acidez do solo para pH 6, conforme a análise de solo (Tabela 1).

As atividades agrícolas de preparo do solo foram, em sequência: grade aradora, escarificação em profundidade de 0,2 m com a utilização de escarificador de 5 hastes, grade niveladora de 32 discos, calagem utilizando 4 toneladas ha⁻¹ de calcário, revolvimento com arado de discos com finalidade de incorporar parte do calcário em profundidade aproximada de 0,17 m, aplicação do restante da dose de calcário em superfície, sendo esta 1 tonelada ha⁻¹; e por fim, utilização da grade niveladora iniciando um processo de plantio convencional.

Tabela 1 - Características químicas do solo, na profundidade de 0-0,2m.

LAUDO DA ANÁLISE DO SOLO								
Argila %	Classe Textural	pH H ₂ O 1:1	Índice SMP	M.O. %	P ----- mg L ⁻¹ -----	K 320	Al --- cmol L ⁻¹ ---	H + Al
74	1	5	5,6	3,4	10		0,8	6,9

Fonte: Laboratório de análise Química do Solo da Universidade Federal Santa Maria.

A quantidade de sementes das espécies de cobertura vegetal de solo utilizadas nos tratamentos foi estimada conforme a recomendação (OLIVEIRA, 2009).

A quantidade necessária de sementes, foi corrigido pela germinação das sementes em laboratório, colocando-se 100 sementes em papel filtro umedecido com água destilada e na forma de rolo, com 4 repetições, sendo alocado em câmara úmida por sete dias a 25° C. Após este período, foi calculado o percentual de sementes que germinaram, e a média foi utilizada para determinar a quantidade de sementes por parcela (Tabela 2).

Tabela 2 – Densidade de sementes utilizadas nos tratamentos.

Espécies	Quantidade	
	-- sementes/ha-- (kg)	-- sementes/parcela -- (kg)
Capim sudão	27,7	0,2
Aveia branca ₍₁₎ 50%+ centeio ₍₂₎ 50%	47,0 ₍₁₎ + 32,5 ₍₂₎	0,2 ₍₁₎ + 0,15 ₍₂₎
Nabo forrageiro	16,5	0,1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os tratamentos foram semeados a lanço, sem adubação e incorporados com grade niveladora. Durante o período de estabelecimento das espécies de cobertura, realizou-se manualmente o controle das plantas invasoras.

3.3 AMOSTRAGEM E ANÁLISES REALIZADAS

Para cumprir com os objetivos do estudo, os parâmetros avaliados foram: densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total, sendo essas em quatro profundidade 0-0,05m, 0,05-0,10m, 0,10-0,20m e 0,20-0,30m; agregação do solo nas camadas 0-0,1m e 0,10-0,20m; massa seca das plantas de cobertura e da parte aérea da soja, peso de mil grãos e produtividade da soja.

3.3.1 Análises físicas do solo

As análises físicas do solo foram realizadas no Laboratório de Física dos Solos da Universidade Federal da Fronteira Sul, utilizando o método do anel volumétrico (Anel deKopecky), com 5,3 cm de altura e 5 cm de diâmetro, com bordas cortantes e volume aproximado de 100 cm³, submetido à Mesa de Tensão (EMBRAPA,1997).

Para tanto, foram realizadas duas coletas de amostras indeformadas de solo (Figura 3) em épocas diferentes, nas camadas de 0-0,05m, 0,05-0,10m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30m de profundidade. A primeira coleta foi realizada no período anterior à implantação da cultura da soja, ou seja, após a maturação das plantas de cobertura, e a segunda coleta foi realizada no florescimento da cultura da soja.

Figura 3—Coleta de amostras indeformadas utilizando anéis de metal.



Fonte: Arquivo pessoal.

Após as coletas, as amostras indeformadas de solo foram saturadas por 48 horas em bandejas com uma lâmina de água inicialmente a 2/3 da altura total do anel.

Em seguida, foram pesadas e submetidas em coluna de água de 60 cm em uma mesa de tensão, drenando assim a água contida nos macroporos. As amostras foram novamente pesadas e colocadas em estufa para secagem a 105°C por 48 horas, sendo novamente pesadas. Os dados obtidos no laboratório foram utilizados para a determinação da densidade do solo, microporosidade do solo, macroporosidade do solo e porosidade total do solo de acordo com Embrapa (2011).

Para o cálculo da densidade utilizou-se a fórmula abaixo:

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

Para a determinação da porosidade total, foi determinada a densidade de partículas conforme a Embrapa (1997) para o solo estudado. Para o cálculo da PT utilizou-se a fórmula abaixo:

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

Para as determinações de microporosidade e macroporosidade, foram utilizadas as fórmulas, respectivamente:

$$Mic \text{ (m}^3 \cdot \text{m}^{-3}\text{)} = \frac{(\text{Massa do solo a 6kpa} - \text{massa do solo seco})}{\text{volume do anel}}$$

$$Mac \text{ (m}^3 \cdot \text{m}^{-3}\text{)} = \text{Porosidade Total} - \text{Microporosidade}$$

3.3.2 Estabilidade de agregados

A estabilidade de agregados foi avaliada em duas etapas: na primeira etapa de avaliações foi realizada quando as plantas de cobertura atingiram o pleno florescimento, visto que neste estágio as plantas atingem o máximo desenvolvimento. Nessa coleta as amostras foram retiradas em camadas de 0-

0,10m e 0,10-0,20m de profundidade(Figura 4), em duas repetições por parcela. A segunda coleta foi realizada após a colheita da soja, repetindo o mesmo procedimento anterior.

Figura 4 - Amostras divididas em 0-0,1m e 0,1-0,2m de profundidade.



Fonte: Arquivo pessoal.

Concluída a etapa de cada coleta, as amostras foram encaminhadas ao laboratório onde foram preparadas e dispostas pelo método de Kemper e Chepil (1965). Essa metodologia consiste na separação de agregados de forma manual e natural, respeitando a força de fraqueza dos agregados (Figura 5).

Figura 5 – Processo de preparo das amostras de agregação do solo.



Fonte: Arquivo pessoal.

Prosseguindo o método, para separar as amostras, foram utilizadas peneiras 9,0 mm e 4,76 mm, obtendo-se o material para avaliação (Figura 6).

Figura 6 - Amostra para avaliações de agregação.



Fonte: Arquivo pessoal.

Após a separação de agregados, os mesmos foram dispostos em peneiras de

4 tamanhos sendo 4,75mm; 2,0mm; 1,0mm e 0,250mm dentro do agitador (AGITADOR DE PENEIRAS TIPO YODER) para a realização das análises (Figura 7).

Figura 7 - Amostras após avaliações no agitador de peneiras tipo Yoder.



Fonte: Arquivo pessoal.

Essa metodologia é utilizada para obter a distribuição do tamanho e estabilidade dos agregados estáveis em água. Em todas as etapas com a mesma metodologia, foram avaliadas: umidade gravimétrica do solo; massa seca inicial de agregados; percentagem de agregados por intervalo de classe de tamanho; Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e Diâmetro Médio Geométrico (DMG). O DMP e o DMG são índices de agregação calculados através do peso do solo que ficou retido em cada peneira. Quanto maior a percentagem de agregados grandes que ficam sob as peneiras de malha maior, maior o DMP.

As classes avaliadas foram:

Classe 1: 4,75mm

Classe 2: 2,0mm

Classe 3: 1,00mm

Classe 4: 0,25mm

Classe 5: <0,250mm

Para calcular a percentagem de agregados por intervalo de classes de tamanho, foi utilizada a fórmula:

$$\%AGri = \frac{(mAgr_i - mi)}{(TAgr - mT)} * 100$$

Para calcular o DMP:

$$DMP(mm) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{mAgr_i}{TAgr - miT} * ci \right)$$

Para calcular o DMG:

$$DMG(mm) = EXP \sum_{i=1}^n \left(\frac{(mAgr_i - mi) * Ln. ci}{TAgr - miT} \right)$$

Onde:

- $mAgr_i$ = massa de agregados em cada classe (g);
- mi = massa de material inerte de cada classe (g);
- $TAgr$ = massa de agregados da amostra inicial (g);
- MiT =massa de material inerte total (de todas as classes) (g);
- ci = diâmetro médio das classes de agregados (mm)
- Ln = Logaritmo natural.

3.3.3 Quantificação da massa vegetal seca

Em setembro de 2016, foram coletadas as amostras de plantas de cobertura, retirando-se os indivíduos correspondentes a 1 m² de cada parcela, segundo a metodologia do quadrado de madeira descrito por Chaila (1986), respeitando-se a área de bordadura (1 m) e os locais de coleta de amostras de solo.

A coleta foi realizada visando calcular a massa vegetal seca da parte aérea das culturas. Para tanto, foram coletados os exemplares inteiros, ao redor do gabarito de 1 m². As embalagens com as plantas, identificadas por parcela, foram levadas ao laboratório, limpas de partículas de solo e colocadas em estufa a 65° C, permanecendo pelo tempo necessário para atingir o peso constante do material, sendo pesadas e transformados em Mg ha⁻¹.

3.3.4 Avaliações da produtividade da soja e massa de mil grãos

Após avaliados os atributos físicos do solo e massa seca das plantas de cobertura, iniciou-se a implantação da cultura da soja. Dessa forma, a semeadura da soja, cultivar TMG 7262 IPRO, foi realizada no dia 22 de dezembro de 2016 em forma de plantio direto, utilizando-se um conjunto trator New Holland TL75; uma semeadora adubadora compacta KF de 6 linhas com haste sulcadora; discos de corte; mecanismo sulcador para deposição do fertilizante no solo, sendo trabalhado em profundidade média de 0,13m; discos duplos para deposição da semente; rodas limitadoras de profundidade e rodas compactadoras, com espaçamento de 0,50m entre linhas, com uma população de 220 mil sementes por hectare, sendo 11 viáveis por metro linear.

As sementes foram inoculadas com *Bradirizhobium* específico para a cultura e tratadas com fungicida e inseticida recomendado pela empresa produtora da semente. O controle de plantas espontâneas e os tratamentos fitossanitários foram realizados de acordo com a recomendação da empresa produtora das sementes TMG (Tropical Melhoramento e Genética).

A colheita foi realizada manualmente com uma amostragem aleatória de 4,5m² (3 metros lineares x 3 linhas de plantio x 0,50m de espaçamento entre linhas) por parcela, respeitando-se as bordaduras e os locais onde foram coletadas as amostras de plantas e de solo, que não foram utilizados. O rendimento de grãos foi determinado após ser corrigida a umidade para 13%.

A massa de 1.000 grãos foi determinada através da contagem de 400 grãos e determinação da massa e umidade no momento da pesagem, sendo realizadas 2 repetições por parcela. A massa de 400 grãos foi então multiplicada por 2,5 para se obter a massa de 1.000 grãos, sendo em seguida ajustada a umidade (13%).

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Software SAS. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) (ZIMMERMANN, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 QUANTIFICAÇÃO DE MASSA SECA DA COBERTURA VEGETAL DO SOLO

A massa seca das plantas de cobertura teve variação de 1,90 Mg ha⁻¹ a 6,48 Mg ha⁻¹. O nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) foi a cultura que produziu a maior quantidade de massa seca sendo 6,48 Mg há⁻¹, o capim sudão (*Sorghumsudanense*) atingiu uma quantidade de massa seca de 6,05 Mg há⁻¹, a mistura de aveia branca (*Avena sativa*) em consórcio com centeio (*Secale cereale*) rendeu uma quantidade de massa seca de 5,28 Mg há⁻¹ e o pousio foi o tratamento que teve menor quantidade de massa seca por hectare sendo de 1,9 Mg ha⁻¹, conforme visto na Tabela 3. Heinz et al. (2011) encontraram quantidades semelhantes de massa seca de nabo forrageiro, confirmando com Lima et al. (2007) que encontraram valores próximos de 5,48 Mg há⁻¹. Em estudos avaliando rendimento de matéria seca de parte aérea da aveia branca em consórcio com centeio, Floss et al. (2003) encontraram valores próximos a 6,0 Mg há⁻¹, confirmando com os valores encontrados neste trabalho.

A construção de um solo bem estruturado depende muito da manutenção da palhada sobre o solo. Para Santi, Amado e Acosta (2003), solos das regiões tropicais e subtropicais necessitam indispensavelmente de no mínimo seis toneladas de matéria seca por hectare para manter o solo em boa proteção. Conforme Embrapa (2004), para se obter bons resultados é necessário construir um ambiente favorável às plantas. Para desenvolver esse ambiente, é importante manter e melhorar as características físico-químicas e biológicas do solo, e isso só ocorre se mantém a palhada das culturas de coberturas ou anuais sobre o solo.

A manutenção da palhada sobre o solo concede inúmeros benefícios, como a diminuição de impactos das gotas da chuva diminuindo a compactação e aumentando a infiltração de água no solo (FIORIN, 2012). Outra importante melhoria no solo com a manutenção da palhada é o aumento dos teores da matéria orgânica, da biodiversidade e o aumento da agregação, tornando o solo mais estruturado e menos vulnerável a erosão (EMBRAPA, 2014).

Tabela 3 – Massa seca da parte aérea das plantas de cobertura.

Tratamento	Média (Mg ha⁻¹)
Nabo Forrageiro	6,48
Capim Sudão	6,05
Aveia + Centeio	5,28
Pousio	1,90
C.V.(%)	13,53

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 DENSIDADE, MACROPOROSIDADE, MICROPOROSIDADE E POROSIDADE TOTAL

Os efeitos sob os atributos físicos de um solo são observados a partir da avaliação de densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo (Embrapa, 2011). A Tabela 4 mostra o efeito advindo do uso de plantas de cobertura, sob os atributos físicos do solo após o preparo convencional do solo, em quatro profundidades: 0-0,05m, 0,05-0,10m, 0,10-0,20m e 0,20-0,30m.

Tabela 4 - Efeito nos atributos físicos do solo após cobertura vegetal.

Camada (m)	Aveia + Centeio	Capim Sudão	Nabo Forrageiro	Pousio	CV%
Densidade do solo					
0,00-0,05	1,20 a	1,23 a	1,13 a	1,26 a	5,92
0,05-0,10	1,27 a	1,26 a	1,22 a	1,25 a	3,55
0,10-0,20	1,34 a	1,36 a	1,26 a	1,37 a	4,34
0,20-0,30	1,39 a	1,44 a	1,34 a	1,42 a	4,21
Porosidade Total (cm³cm⁻³)					
0,00-0,05	0,57 a	0,55 a	0,59 a	0,55 a	4,41
0,05-0,10	0,54 a	0,54 a	0,56 a	0,55 a	2,82
0,10-0,20	0,52 a	0,51 a	0,54 a	0,51 a	4,03
0,20-0,30	0,50 a	0,48 a	0,52 a	0,49 a	4,56
Microporosidade (cm³cm⁻³)					
0,00-0,05	0,31 a	0,33 a	0,33 a	0,34 a	6,97
0,05-0,10	0,36 a	0,36 a	0,35 a	0,35 a	5,01
0,10-0,20	0,38 a	0,37 a	0,35 a	0,37 a	3,74
0,20-0,30	0,39 a	0,39 a	0,37 a	0,38 a	5,86
Macroporosidade (cm³cm⁻³)					
0,00-0,05	0,25 a	0,22 a	0,26 a	0,20 a	13,45
0,05-0,10	0,18 a	0,18 a	0,21 a	0,21 a	14,05
0,10-0,20	0,14 a	0,13 a	0,19 a	0,13 a	23,19
0,20-0,30	0,10 a	0,08 a	0,14 a	0,11 a	36,86

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Verificando a tabela acima, observou-se que não houve diferença significativa quanto aos atributos físicos do solo, todos os tratamentos responderam de forma semelhante, demonstrando que as espécies de plantas de coberturas utilizadas, em seu primeiro ciclo de cultivo, não promoveram nenhum tipo de efeito significativo, não havendo assim, possibilidades de diferenciar as espécies com maior potencial na melhoria destes atributos físico do solo.

Já a Tabela 5 mostra o efeito sob os atributos físicos do solo após o ciclo da soja, da mesma forma, em quatro profundidades: 0,00-0,05m, 0,05-0,10m, 0,10-0,20m e 0,20-0,30m.

Tabela 5 - Efeito nos atributos físicos do solo após cultura da soja.

Camada (m)	Aveia + Centeio	Capim Sudão	Nabo Forrageiro	Pousio	CV%
Densidade do solo (g cm⁻³)					
0,00-0,05	1,19 a	1,13 a	1,2 a	1,14 a	4,85
0,05-0,10	1,23 a	1,16 a	1,22 a	1,16 a	5,94
0,10-0,20	1,34 a	1,27 a	1,31 a	1,3 a	3,61
0,20-0,30	1,36 a	1,35 a	1,37 a	1,35 a	3,95
Porosidade Total (cm³cm⁻³)					
0,00-0,05	0,57 a	0,59 a	0,56 a	0,59 a	3,28
0,05-0,10	0,56 a	0,58 a	0,56 a	0,58 a	4,23
0,10-0,20	0,52 a	0,54 a	0,53 a	0,53 a	3,13
0,20-0,30	0,51 a	0,51 a	0,51 a	0,51 a	3,85
Microporosidade (cm³cm⁻³)					
0,00-0,05	0,37 a	0,36 a	0,38 a	0,36 a	4,84
0,05-0,10	0,4 a	0,37 a	0,4 a	0,36 a	6,91
0,10-0,20	0,43 a	0,4 a	0,41 a	0,41 a	6,59
0,20-0,30	0,43 a	0,42 a	0,42 a	0,42 a	3,5
Macroporosidade (cm³cm⁻³)					
0,00-0,05	0,2 a	0,23 a	0,19 a	0,23 a	17,41
0,05-0,10	0,15 a	0,21 a	0,16 a	0,21 a	25,57
0,10-0,20	0,09 a	0,14 a	0,12 a	0,11 a	37,75
0,20-0,30	0,08 a	0,09 a	0,08 a	0,08 a	35,49

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A análise feita após o ciclo da soja (Tabela 5), demonstrou que esses mesmos atributos também não tiveram diferença significativa entre os tratamentos, demonstrando que para haver melhorias no atributo é necessário maior tempo de cultivo das espécies, pois a cada ciclo de cultura, o solo acumula matéria orgânica, e raízes, afetando positivamente nesses atributos.

Os resultados encontrados no presente estudo são semelhantes aos resultados obtidos por Bertol et al. (2004), onde os autores também não observaram variações nas propriedades físicas do solo pelo uso de diferentes culturas de coberturas em apenas um ciclo de produção, possivelmente sendo necessário conduzir o experimento por um maior período de tempo, para que fosse diagnosticada a ação das plantas sob as propriedades físicas do solo.

Estudos realizados por Cubilla et al. (2002), também não demonstraram diferença significativa entre os tratamentos em relação à densidade, assim como os

resultados apresentados por Lima et al. (2007) que também não foram significativos, onde consideraram que o uso de plantas de cobertura de solo está ligado principalmente na criação e produção de poros biológicos aumentando assim a aeração e infiltração de água no solo. Entretanto, esses trabalhos foram estudados e repetidos por longos períodos de tempo.

A porosidade do solo, representada nas Tabelas 4 e 5, apresentam os volumes separados de macroporos, microporos e porosidade total em diferentes épocas de coletas. Observando os dados, nota-se que não houve diferença significativa em nenhum atributo físico do solo, tendo um ciclo de plantas de coberturas seguido por um ciclo de cultivo da soja, não produzindo nenhuma alteração. Esses resultados podem ser comparados com o trabalho apresentado por ALVES DE AGUIAR et al. (2010), que mesmo com a incorporação da biomassa das plantas de cobertura, não encontrou diferença significativa para a porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo.

As plantas de cobertura, em trabalhos conduzidos por Ferreira et al. (2000), podem produzir melhorias na estrutura do solo aumentando a porosidade e aeração do solo após a decomposição das raízes formando galerias e poros no solo, facilitando infiltração de água das chuvas. Abreu (2000) ressalta que a quantidade de poros criados pela decomposição das raízes e a formação dos mesmos, são mais estáveis em função da ação dos microrganismos que provocam essa decomposição do material, produzindo agentes cimentantes que os torna mais estáveis que os poros formados por processos de descompactação mecânica. Ressalta-se que para essa melhoria na estrutura do solo acontecer, é necessário um maior período de tempo e não apenas um ciclo de cultura, como desenvolvido e apresentado no trabalho.

Quanto ao pleno desenvolvimento radicular das plantas, Andrade e Stone (2009) apontam como índice de 10% de volume de macroporos como limite crítico que afeta esse desenvolvimento. Balarezo Giarola et al. (2007) e Souza et al. (2005) destacam que a redução dos macroporos podem reduzir a aeração do solo e diminuir as trocas gasosa implicando no desenvolvimento negativo das raízes prejudicando o crescimento das mesmas. As Tabelas 4 e 5 apresentam índices superiores a esse índice, confirmando que as plantas não tiveram problema de desenvolvimento radicular.

Conforme Andrade e Stone (2009), índices de 50% de porosidade total nos solos são excelentes para a produção agrícola. Nas Tabelas 4 e 5 nota-se que o índice é superior ao citado pelos autores, isso pode indicar que o solo não afetou o desenvolvimento das culturas, havendo toda a aeração e trocas gasosas no solo necessária para o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular.

4.3 AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DE AGREGADOS

A Tabela 6 apresenta o efeito das espécies de cobertura na distribuição do tamanho de agregados estáveis em água nas camadas 0,0-0,1m e 0,1-0,2m de profundidade. Nota-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Os agregados, em todos os tratamentos e nas classes, obtiveram valores muito próximos entre si. Pode-se explicar essa ocorrência devido as plantas não terem características intrínsecas para a agregação do solo em curto período de tempo.

Tabela 6 - Efeito das espécies de cobertura na distribuição do tamanho de agregados estáveis em água .

Classe (%)	Capim Sudão	Nabo	Aveia + Centeio	Pousio	CV (%)
Camada 0,10m					
Classe 1	23,89 a	26,15 a	27,42 a	23,91 a	25,32
Classe 2	17,93 a	19,66 a	18,15 a	18,82 a	10,56
Classe 3	15,36 a	17,63 a	15,16 a	17,82 a	12,51
Classe 4	26,11 a	24,18 a	24,55 a	25,13 a	12,62
Classe 5	16,68 a	12,33 a	14,71 a	14,30 a	24,34
DMP (mm)	2,54 a	2,76 a	2,76 a	2,6 a	14,14
DMG (mm)	1,30 a	1,54 a	1,5 a	1,4 a	19,74
Camada 0,1-0,2m					
Classe 1	19,93 a	20,04 a	21,29 a	16,36 a	29,34
Classe 2	17,28 a	18,22 a	18,51 a	18,39 a	12,91
Classe 3	17,51 a	18,21 a	18,8 a	19,34 a	10,05
Classe 4	30,4 a	30,04 a	29,11 a	32,15 a	14,74
Classe 5	14,85 a	13,48 a	12,26 a	13,72 a	14,51
DMP (mm)	2,32 a	2,37 a	2,46 a	2,17 a	14,24
DMG (mm)	1,23 a	1,29 a	1,36	1,2 a	15,32

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A agregação não teve efeito diferente entre os tratamentos. Quanto ao diâmetro médio ponderado, as duas camadas não apresentaram diferença entre os tratamentos, nota-se que na camada 0,0-0,1m os valores foram maiores que na

camada 0,1-0,2m, isso pode ser explicado devido essa camada conter uma quantidade maior de raízes das plantas de cobertura e conseqüentemente maior quantidade de agregados na classe 1.

Solos com índices de agregação ou diâmetro médio ponderado abaixo de 0,5mm são solos de baixa estabilidade, tornam-se impermeáveis quando irrigados, formando-se crostas à superfície e solos com diâmetro médio ponderado maior que 0,5mm são considerados relativamente resistentes ao esboroamento e à dispersão (SILVA E MIELNICZUK, 1997). Portanto, observando em todas as camadas e épocas de avaliações, considera-se o solo resistente a dispersão, permeável, pois o DMP está acima de 0,5mm.

A Tabela 7 apresenta o efeito na distribuição do tamanho de agregados em água nas camadas 0,0-0,1m e 0,1-0,2m de profundidade após o ciclo da soja. Comparando os valores das classes e os tratamentos na camada 0,01m, observa-se que não houve diferença significativa em seus valores. Nota-se que, ao comparar a classe 1 na época após soja com a classe 1 na época antes da soja, essa teve um aumento na quantidade de agregados após a soja. Pode se explicar esse resultado devido ao aumento de raízes nessa época comparando com a época antes da soja.

Tabela 7 - Efeito na distribuição do agregados estáveis em água em sucessão da soja.

Classe (%)	Capim Sudão	Nabo	Aveia + Centeio	Pousio	CV (%)
Camada 0,1m					
Classe 1	27,53 a	27,4 a	25,52 a	17,93 a	45,62
Classe 2	17,42 a	18,0 a	16,66 a	17,50 a	14,92
Classe 3	13,83 a	16,44 a	15,95 a	16,16 a	14,16
Classe 4	25,56 a	28,8 a	28,32 a	29,69 a	22,21
Classe 5	15,63 a	15,33 a	13,53 a	18,7 a	38,11
DMP (mm)	2,73 a	2,76 a	2,62 a	2,18 a	25,41
DMG (mm)	1,48 a	1,51 a	1,44 a	1,11 a	31,48
Camada 0,1-0,2m					
Classe 1	16,26 bc	27,36 ba	29,57 a	9,38 c	39,96
Classe 2	16,01 ba	19,03 a	18,51 a	15,19 b	13,26
Classe 3	16,30 b	15,26 b	15,04 b	19,43 a	13,11
Classe 4	33,7 a	26,32 b	26,34 b	37,7 a	15,99
Classe 5	17,71 a	11,81 b	12,32 b	18,27 a	25,61
DMP (mm)	2,05 b	2,12 b	2,58 a	1,66 b	19,51
DMG(mm)	1,04 b	1,67 a	1,55 a	0,89 b	25,42

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Observa-se que na classe 1 onde os agregados têm tamanho maior, houve diferença significativa entre os tratamentos trazendo maior quantidade de agregados no tratamento Aveia + Centeio e uma menor quantidade no tratamento pousio. Explica-se esse resultado como a quantidade de raízes que existia no solo era maior no tratamento aveia/centeio em comparação com o pousio, trazendo uma maior agregação das partículas unidas pelos agentes cimentantes oriundos da decomposição das raízes. A resposta a essa diferença na agregação só pôde ser vista após um período maior de tempo.

Também pode ser observado que o pousio foi o tratamento que teve a maior média de porcentagem de agregados de menor tamanho. Wohlenberg et al. (2004) argumenta que deixar a lavoura em pousio diminui os teores de matéria orgânica, não protege o solo dos impactos das gotas de chuva, degrada a estrutura do solo e aumenta a porcentagem de agregados de menor diâmetro.

Quanto ao DMP e DMG, a maior média foi nos tratamentos aveia/centeio trazendo assim a resposta foi positiva no tratamento que possivelmente continha maior quantidade de raízes em decomposição.

Observando as tabelas, verificou-se que, para melhorar a estabilidade de agregados foi fundamental um tempo maior de experimento, pois as diferenças apareceram após a decomposição completa das raízes. Basso e Reinert (1998), encontram resultados positivos de agregação do solo utilizando plantas da família das gramíneas em longos períodos de experimentos. Os autores citam que as gramíneas possuem sistema radicular fasciculado, altas densidades de raízes, maior acúmulo de matéria orgânica decomposição das raízes liberando exsudatos, que agem como agentes cimentantes entre uma e outra partícula do solo, tornando um solo agregado e maior resistência a degradação.

A recuperação na estrutura do solo, melhorando a formação e estabilidade de agregados utilizando plantas de coberturas da família das gramíneas também foi observado por Silva e Mielniczuk (1997). Os autores apontam que a melhoria na estrutura do solo é consequência do volume e distribuição de raízes das gramíneas, favorecendo a ligação entre partículas de solo. Isso mostra que a raiz das gramíneas tem maior efeito sobre a agregação do solo, quando comparadas com as raízes de dicotiledôneas (CASTRO FILHO; MUZZILI; PODANOSCHI, 1998).

Comparando o efeito das espécies na distribuição do tamanho de agregados estáveis em água nas camadas de 0,0-0,1m e 0,1-0,2m, percebe-se que os valores referentes à DMP e DMG diminuíram na camada de 0,1-0,2m em todos os tratamentos. Essa resposta pode estar associada ao maior teor de concentração de raízes e material orgânico nas camadas superficiais do solo. Wendling et al. (2005) também encontrou maiores valores de estabilidade de agregados na camada superficial.

Para Bastos et al. (2005), a estabilidade de agregados pode ser melhorada com raízes de plantas e com hifas de fungos, pois promovem a atuação mecânica, pressionando os elementos do solo. Manejos do solo que propiciem melhoria de crescimento radicular, melhoram as características, principalmente físicas, e asseguram melhor agregação do solo (CALEGARI et al., 2006).

4.4 QUANTIFICAÇÃO DA MASSA SECA DA CULTURA SOJA, PESO DE MIL GRAOS E PRODUTIVIDADE DA SOJA.

A massa seca da parte aérea da cultura da soja, cultivada após o ciclo das culturas de cobertura em sistema de rotação de culturas, apresentou diferenças entre os pesos, variando entre 2,84 Mg há⁻¹ e 3,34 Mg há⁻¹, com destaque para o tratamento Pousio, que produziu a menor quantidade, e a cobertura de nabo forrageiro que atingiu a maior quantidade (Tabela 8). Entretanto, os resultados não foram suficientes para diferir estatisticamente entre si.

Comparando a matéria seca da parte aérea da cultura em função dos atributos físicos do solo, não houve influência estatística dos tratamentos. Como não houve diferença nos atributos físicos após o ciclo das plantas de cobertura, conforme visto na Tabela 4, pode-se dizer que as plantas de cobertura não desempenharam influência sob os atributos físicos do solo, e que conseqüentemente não influenciaram sob a produção de massa seca da parte aérea da soja, como pode ser visto na Tabela 10. Rosolem, Almeida e Sacramento (1994), assim como Fernandez et al. (1995), não encontraram diferença de massa seca da parte aérea em função dos atributos físicos do solo. Silva e Rosolem (2001), verificam um aumento de matéria seca da parte aérea da soja em todos os tratamentos, diferentes de pousio, porém sem diferenças estatísticas.

Tabela 8- Quantificação da massa seca da parte aérea, peso de 1000 grãos e produtividade da soja.

Tratamento	Massa Seca da parte aérea da Soja	Peso de 1000 grãos da Soja	Produtividade da Soja
	-- Mg ha⁻¹ --	-- g --	-- Mg ha⁻¹ --
Nabo Forrageiro	3,34 a	175,76 a	2,19 a
Capim sudão	3,16 a	171,36 a	2,18 a
Aveia + Centeio	3,07 a	170,1 a	2,16 a
Pousio	2,84 a	175,22 a	2,00 a
C.V.(%)	13,11	2,04	21,78

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A massa de 1.000 grãos foi maior no tratamento nabo forrageiro, não diferindo estatisticamente dos demais tratamentos avaliados. O tratamento aveia + centeio apresentou a menor média, com uma diferença de aproximadamente 5 gramas entre os tratamentos de maior e menor média para o item em avaliação (Tabela 8). Em seus estudos, Santos e Reis (1990) concluíram que as culturas antecessoras não tiveram efeito sobre o peso de 1000 sementes. Fontaneli et al. (2000), verificaram que a cultura antecessora de aveia-branca, nabo forrageiro e pousio não influenciou significativamente sobre a produção de grãos de soja.

Na avaliação da produtividade da soja, as plantas de cobertura não interferiram, ou seja, não houve diferença estatística entre os tratamentos. No entanto, houve variações de rendimento de grãos de 0,19 Mg há⁻¹ entre os tratamentos de maior e menor média (Tabela 8). Os dados indicam que os tratamentos envolvendo plantas de coberturas podem ser incluídas, sem prejuízos na produtividade, num sistema de rotação com a cultura de soja, uma vez que o rendimento de grãos não mostrou diferença significativa.

Comparando os atributos físicos do solo (conforme Tabelas 4 e 5) em função da produtividade, nota-se que não foram suficientes para comprometer o rendimento de grãos da cultura. Como o solo foi desagregado inicialmente, tal resultado pode advir do efeito da escarificação, causando a perda de água por evaporação e infiltração, resultando um menor armazenamento de água.

Em estudos realizados por Gazola e Cavariani (2011), avaliando o desempenho de cultivares de soja em sucessão a culturas de inverno (aveia branca,

nabo forrageiro, cevada, trigo e ervilhaca), verificaram que a produtividade da soja não foi influenciada pelas culturas de inverno semeadas anteriormente. Também foram obtidos esses resultados em estudos de Nicoloso et al. (2008) com o consórcio aveia+nabo forrageiro, assim como Debiasi et al. (2010) que não encontraram diferença entre os tratamentos, confirmando com esse estudo.

Esses índices de produtividade (Tabela 8) podem ser explicados pela interrupção da Universidade Federal Fronteira Sul em usar defensivos agrícolas nos experimentos. Dessa forma, a produtividade encontrada nesse estudo pode ser considerada anormal, pois essa decisão coincidiu com o período em que a planta estava em estágio de enchimento de grãos.

5 CONCLUSÃO

O nabo forrageiro apresentou maior quantidade de massa seca de parte aérea da planta.

Quando comparado o efeito das plantas de cobertura sobre a densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, observou-se que não houve diferença significativa, ou seja, todos os tratamentos responderam de forma semelhante, demonstrando que as espécies de plantas de cobertura utilizadas em seu primeiro ciclo de cultivo, não promoveram nenhum tipo de efeito significativo, não havendo assim, possibilidades de diferenciar as espécies com maior potencial na melhoria desses atributos no período avaliado.

Quando comparado o efeito das plantas de cobertura sobre a agregação do solo nas camadas 0,0-0,1 m e 0,1-0,2 m, não houve diferença significativa entre os tratamentos, o mesmo aconteceu quando comparados o efeito da cultura da soja sucedendo as plantas de coberturas, na camada 0,0-0,1 m.

No entanto, o tratamento Aveia + Centeio na camada 0,1-0,2 m, obteve uma resposta satisfatória sobre a agregação do solo nas Classes 1 e 2, e o tratamento Pousio teve o maior índice de agregados nas Classes 3, que juntamente ao tratamento Capim Sudão, obtiveram os maiores índices de agregados nas Classes 4 e 5.

O tratamento Aveia + Centeio apresentou maior valor de DMP e DMG na camada 0,1-0,2 m, após a cultura da soja, apresentando dessa forma efeito positivo na agregação do solo.

A massa seca da parte aérea da cultura da soja, assim como a massa de mil grão e a produtividade da soja não demonstraram diferença entre os tratamentos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, S. L. **Propriedades hídricas e mecânicas afetadas por sistemas de manejo e variabilidade espacial de um Argissolo**. 2000. 66f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.
- ALBUQUERQUE, J. 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 Ciências do Solo**, Campinas, v. 19, p.115-119, out. 1995.
- ALVES DE AGUIAR, R. et al. Sustentabilidade de sistemas orgânicos com plantas de cobertura na cultura do arroz, por meio de alterações físicas do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 2, 2010.
- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. 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.
- ARRUDA, M. P. **Herança da resistência a ferrugem do colmo em genótipos brasileiros de aveia (*Avena sativa* L.)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre, RS, 2011.
- BAIER, A. C. Centeio. In: BAIER, A. C.; FLOSS, E. L.; AUDE, M. I. da S. As lavouras de inverno 1: aveia, centeio, triticale, colza, alpiste. Rio de Janeiro: **Globo**, 1988. p. 107-130.
- BAIER, A. C. Centeio. Passo Fundo: **EMBRAPA-CNPT**, 1994. 29 p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 15).
- BALAREZO GIAROLA, N. F.; TORMENA, C. A.; CASSOL DUTRA, A. Degradação física de um Latossolo Vermelho utilizado para produção intensiva de forragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, 2007.
- BARROS, J. D. S.. Contribuições da matéria orgânica do solo para mitigar as emissões agrícolas de gases de efeito estufa. **PolÊM!ca**, v. 12, n. 2, p.341-351, 2013. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/6436>>. Acesso em: 17 jun. 2017.
- BASSO, C. J.; REINERT, D. J. Variação da agregação induzidas por plantas de cobertura de solo no inverno e plantio direto de milho em um solo podzólico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p.567-571, abr. 1998.
- BASTOS et al.. Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29 p.21-31, 2005

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 28, n. 1, p. 155-163, fev. 2004.

BERTOL, I. et al. Persistência dos resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, [S.l.], v. 22, n. 4, p.705-712, dez.1998.

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **ScientiaAgricola**, [S.l.], v.58, n. 3, p. 555-560, set. 2001.

BEUTLER, A. et al. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, 2001.

BOCHNER, J. K. et al. Matéria orgânica e agregação de um planossolo sob diferentes coberturas florestais. **Revista Cerne**, Lavras, v. 14, n. 1, p.46-53, jan./mar. 2008. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74414106>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

BRAIDA, J.A. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 605-614, 2006.

BOER, C. A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 42, n. 9, p.1269-1276, set. 2007.

CALEGARI et al.. Melhoria da agregação do solo através do sistema plantio direto. **Ciências agrárias**, Londrina, v. 27, n.2, p. 147-158, 2006

CAMARGO, O. A. de; ALLEONI, L. R. F..**Conceitos Gerais de Compactação do solo**. 2006. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/Comp1.htm>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

CAMPOS, B. C. de et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p.121-126, 1995.

CAPECHE, C. L. et al. **Estratégias de recuperação de áreas degradadas**, EMBRAPA, Rio de Janeiro, 2008.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 22, n. 3, p.527-538, set. 1998.

CHAILA, S. Métodos de evaluación de malezas para estudios de población y control. **Malezas**, v. 14, n. 2, p. 1-78, 1986.

COSTA, F. S. et al. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 27, n. 3, p.527-535, jun. 2003.

COSTA, M. B. B. et al. Adubação Verde no Sul do Brasil. **AS-PTA, Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa**. 1992. 346p.

CORCINI, A. L. M. et al. Variação temporal da estrutura do solo em sistemas integrados de cultivo da cebola no Uruguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.12, n.4, p 266-269, abr. 2008.

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

CUTTI, L. et al. Coberturas invernais na supressão de plantas daninhas e produtividade da cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 29., 2014, Gramado. **Anais de Congresso**. Londrina: [s.n.], 2014. 1 CD-ROM.

DAROLT, M. R. Princípios para implantação e manutenção do sistema. In: DAROLT, Moacir Roberto (Org.). **Plantio Direto: pequena propriedade sustentável**. Londrina: IAPAR, 1998. Cap. 2. p. 16-45. **Circular**, 101.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.6, p. 603-612, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990374/1/ManualdeMtodosdeAnilisedeSolo.pdf>>. Acesso em 29 abr. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja - Paraná 2004**. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosojapR/manejo.htm>>. Acesso em: 21 nov. 2017

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA; **A importância da matéria orgânica nos solos tropicais**, 2014.

FABIAN, A. J. **Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação**. 2009. 83 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/pv/d/2877.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

FERNANDEZ, E. et al. Matéria seca e nutrição da soja em razão da compactação do solo e adubação fosfatada. **Científica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 117-132, 1995.

FERREIRA, T. N.; SCHWARZ, R. A.; STRECK, E. V. **Manejo integrado e ecológico: Elementos básicos**. Porto Alegre: Emater/RS, 2000. 95 p. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/solos_manejo_integrado_ecologico.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2017.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p.913-932, out. /dez. 2010.

FIORIN, J. E. Rotação de culturas e as plantas de cobertura do solo. In: **Manejo e Fertilidade do solo no Sistema Plantio Direto**. Cruz Alta, Cap 7. p.145-184, 2012.

FLOS, E. L. Et al. Efeito do estágio de maturação sobre o rendimento e valor nutritivo da aveia branca no momento da ensilagem. **Boletim de indústria Animal**, v. 60, n.2, p.117-126, 2003.

FONTANELI, R.S et al. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno em sistema de plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, n. 11, p.2129-2137, 2000.

FONSECA, G. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de latossolo vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 1, n. 37, p.22-30, mar. 2007.

GAZOLA, E.; CAVARIANI, C. Desempenho de cultivares transgênicas de soja em sucessão a culturas de inverno em semeadura direta. **Biosci J.**, Uberlândia, v.27, n.5, p.748-763, 2011.

HEINRICH, R. **Densidade dos Solos e de partículas**. Dracena, 2010. 18 slides, color.

HEINZ, R. et al. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, [S.l.], v. 41, n. 9, p.1549-1555, set. 2011.

IWATA, B. de F. et al. Carbono total e carbono microbiano de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no cerrado piauiense. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO

SOLO E DA ÁGUA, 18, 2010, Teresina. **Anais...** Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 2010. CDRom.

JIMENEZ, R. L. et al. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.l.], v. 12, n. 2, p.116-121, abr. 2008.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Sizedistributionofaggregation. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methodsofsoilanalysis**. Madison: American SocietyofAgronomy, 1965. p. 499-510.

KLEIN, V.A.; MARCOLIN, C. D. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Scientiarum. Agronomy**, [S.l.], v. 33, n. 2, p.349-354, 11 abr. 2011.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G.A. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **DisciplinarumScientia**, Santa Maria, v.2, n.1, p.171-182, jan./dez. 2001.

LIMA, C. G. R. et al. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n.6, 2007.

LOSS, A. et al. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 68-75, 2009.

LOSS, A. et al. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 39, n. 4, p.1212-1224, ago. 2015.

MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo. In:**Características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó/SC, 1991. cap. 4, p129-154.

NICOLOSO, R. da S.; AMADO, T. J. C.; SCHENEIDER, S.; LANZANOVA, M. E.; GIRARDELLO, V. C.; BRAGAGNOLO, J. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1723-1734, 2008.

OLIVEIRA, J. T. **Distribuição estacional de forragem, valor nutritivo e rendimento de grãos de cereais de inverno de duplo propósito**. 2009. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009. Disponível em: <<http://www.ppgagro.upf.br/download/Janetetabordaoliveira.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2017.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 32, n. 3, p.911-920, jun. 2008.

PEREIRA, R. A.; ALVES, P. L. da C. A.; CORRÊA, M. P.; DIAS, T. C. de S. Influência da cobertura de aveia preta e milheto sobre comunidade de plantas daninhas e produção de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.1, p.1-10, 2011.

PINHEIRO, E.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Distribuição de agregação e matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de plantio para culturas de vegetais em um Latossolo Vermelho do Brasil. **Pesquisa de solo e solo**, Madison, v. 77, p. 79-84, 2004.

PINTO, J.C., CHAVES, C.A.S., PÉREZ, J.R.O. et al. 1998. Consumo voluntário e digestibilidade aparente das silagens de capim-sudão, milheto, teosinto e milho. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. v.2, p.242.

RAMIREZ, M. **Padrões climáticos dos vórtices ciclônicos de altos níveis no Nordeste do Brasil**. 1996. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1996.

REINERT, D. J. 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**, [S.l.], v. 32, n. 5, p.1805-1816, out. 2008.

RIGON, J. P. G. et al. Sucessão de plantas de cobertura sobre os componentes de rendimento no feijoeiro. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 4, p.196-203, out. 2011. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/605/908>>. Acesso em: 12 set. 2017.

RODRIGUES, J.A.S. Utilização de forragem fresca de sorgo (*Sorghum bicolor* x *Sorghumsudanense*) sob condições de corte e pastejo. In: SIMPOSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA, 2000, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2000. p.179-201.

ROMAN, E. S.; VELLOSO, J. A. R. de O. Controle cultural, coberturas mortas e alelopatia em sistemas conservacionistas. In: **EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo** (Passo Fundo, RS). Plantio direto no Brasil. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 77-84.

ROSOLEM, C. A.; ALMEIDA, A. C. S.; SACRAMENTO, L. V. S. Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. **Bragantia**, [S.l.], v. 53, n. 2, p.259-266, 1994. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/5345>>. Acesso em: 10 set. 2017.

ROSSI, F.; VALLE, J. C. V.; VALLE, C. R. P. **Como tornar sua fazenda orgânica**, Viçosa-MG, CPT, 2002. 364p.

SÁ, J. P. G. **Utilização da aveia na alimentação animal**. Londrina: IAPAR, 1995.

SANCHEZ, E. **Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno**. 2012. 32 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Centro-oeste, Guarapuava, 2012. Disponível em: <http://unicentroagronomia.com/destino_arquivo/mestradoemmanuel Sanchez.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2017.

SANTI, A.; AMADO, T. J. C.; ACOSTA, J. A. A. 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**, [S.l.], v. 27, n. 6, p.1075-1083, dez. 2003.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. Cereais de inverno de duplo propósito para integração lavoura pecuária no Sul do Brasil. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2006. 104 p.

SANTOS, H. P.; REIS, E. M., Rotação de culturas em plantio direto. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2001. 212 p.

SATURNINO; LANDERS, R. **O meio ambiente e a semeadura direta**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1997. 116 p.

SEGUY, L.; BOUZINAC, S.O. **A semeadura direta no cerrado úmido**. Informações agrônômicas. Piracicaba, v.3, n. 69, 1995.

SILVA, A. A. da et al. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, [S.l.], v. 37, n. 4, p.928-935, ago. 2007.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Influência da cultura anterior e da compactação do solo na absorção de macronutrientes em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 36, n. 10, p.1269-1275, out. 2001.

SILVA, I. F. & MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v.20, p.113-117, 1997.

TAVARES, M. J. C. M. S.; ZANETTINI, M. H. B.; CARVALHO, F. I. F. Origem e evolução do gênero *Avena*: suas implicações no melhoramento genético. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.28, n.4, p.499-507, 1993.

VEIGA, M. **Propriedades de um Nitossolo vermelho após nove anos de uso de sistemas de manejo e efeito sobre culturas**. 2005. 126 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P.; STRECK, E. V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], p.763-774, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v28n4/21799.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

WENDLING, B. et al. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p.487-494, maio 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v40n5/24431.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2017.

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**, [S.l.], v. 28, n. 5, p.891-900, out. 2004.

ZAGO, C.P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: **Manejo cultural do sorgo para forragem**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1997. p.9-26 (Circular Técnica/EMBRAPA-CNPMS, 17).

ZIMMERMANN, F. J.P. Bases teóricas da estatística experimental. In: MELO, L. C. (Ed.). **Procedimentos para condução de experimentos de Valor de Cultivo e Uso em feijoeiro comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. p. 83-90. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 239).