

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FARROUPILHA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**PLANTAS DE COBERTURA E SUA INFLUÊNCIA NAS
PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO E NO RENDIMENTO DE
CULTURAS ESTIVAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Juliane Silveira Fonseca

ALEGRETE, 2017

**PLANTAS DE COBERTURA E SUA INFLUÊNCIA NAS
PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO E NO RENDIMENTO DE
CULTURAS ESTIVAS EM ALEGRETE, RS**

Juliane Silveira Fonseca

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFar, RS) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de

Bacharel em Engenharia Agrícola

Orientador: Prof. Dr. Rafael Ziani Goulart

Alegrete, RS, BRASIL

2017

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FARROUPILHA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

**PLANTAS DE COBERTURA E SUA INFLUÊNCIA NAS
PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO E NO RENDIMENTO DE
CULTURAS ESTIVAS**

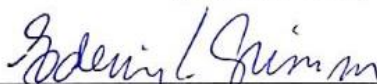
elaborado por
Juliane Silveira Fonseca

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Agrícola

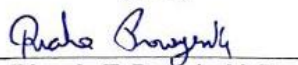
COMISSÃO EXAMINADORA:



Rafael Ziani Goulart, Dr.
(Orientador- IFFar)



Edenir Grimm, Dr.
(IFFar)



Ricardo T. Paraginski, Dr.
(IFFar)

Miguel Chaiben Neto, Engenharia Agrícola, mestrando.
(UFSM)

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e proteção em todos os momentos.

À minha família, principalmente aos meus avós, João Alberto Azevedo Fonseca e Leda Oliveira Fonseca, que sempre têm uma palavra de conforto, um abraço aconchegante que me fazem perseverar e também ao carinho das minhas avós Benvenida Freitas Silveira e Vilma Duarte Silveira.

Aos meus pais Jalber Oliveira Fonseca e Claudia Eliane Silveira Fonseca e ao meu irmão Clauber Silveira Fonseca pelo carinho e incentivo.

Ao meu esposo Fabio Viçosa Vaucher, por todo amor, carinho, paciência, companheirismo, incentivo, apoio e compreensão em todos os momentos da minha vida.

À Universidade Federal do Pampa e ao Instituto Federal Farroupilha de Alegrete.

Ao meu orientador, professor Rafael Ziani Goulart, pela paciência infinita, orientação, exemplo, disponibilidade e ensinamentos comigo compartilhados.

Aos meus colegas de iniciação científica Estevan Butzke Pydd, Miguel Chaiben, Paula Cardoso, Ingrid Ayres, Giordana Schimitt, e também ao Elton Medeiros por todos os auxílios que me foram dados desde a implantação do projeto e em todas as atividades desenvolvidas dentro da pesquisa.

Agradeço também as pessoas que, mesmo aqui não citadas, contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso
Bacharel em Engenharia Agrícola
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
Universidade Federal do Pampa

PLANTAS DE COBERTURA E SUA INFLUÊNCIA NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO E NO RENDIMENTO DE CULTURAS ESTIVAS

AUTORA: JULIANE SILVEIRA FONSECA

ORIENTADOR: RAFAEL ZIANI GOULART

Data da defesa: Alegrete, RS, 29 de junho de 2017.

O objetivo deste trabalho foi avaliar quais as modificações que as plantas de cobertura realizaram nas propriedades físicas do solo e se ocorreu aumento significativo na produtividade das culturas em sucessão. Para isso, foi desenvolvido uma pesquisa na área experimental do Instituto Federal Farroupilha Campus Alegrete, no ano agrícola de 2015/2016. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições e os seguintes tratamentos de plantas de cobertura: aveia preta, aveia branca, azevém, trigo, ervilhaca, nabo forrageiro, consórcio de aveia preta com ervilhaca e pousio. Cada parcela foi subdividida para a inserção das culturas (soja e milho). Os atributos físicos do solo analisados foram: densidade, macroporosidade, microporosidade, taxa de infiltração, condutividade hidráulica do solo. Nas plantas forrageiras, o aporte de matéria seca e, para as culturas de interesse econômico foram avaliados os componentes de índice de clorofila na folha, peso de mil grãos e produtividade das culturas. A maior produção de matéria seca das forrageiras ocorreu no cultivo do nabo forrageiro. Para as demais análises o trigo foi o tratamento que expressou as melhores aptidões como planta de cobertura, principalmente em termos de produtividade e com melhores resultados para a cultura do milho quando comparado com a soja. Para podermos expressar qual planta de cobertura melhora as condições do solo há necessidade de explorar no mínimo cinco anos a pesquisa para termos coerência nos resultados.

Palavras- chave: *Densidade, matéria orgânica e ciclagem de nutrientes.*

ABSTRACT

Completion of course work
Bachelor of Agricultural Engineering
Federal Institute of Education, Science and Technology Farroupilha
Federal University of Pampa

COVERAGE PLANTS AND THEIR INFLUENCE ON PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL AND ESSENTIAL CROP YIELD

AUTHOR: JULIANE SILVEIRA FONSECA

ORIENTER: RAFAEL ZIANI GOULART

Date of defense: Alegrete, RS, June 29, 2017.

The objective of this work was to evaluate the modifications that the cover plants made in the physical properties of the soil and if there was a significant increase in the productivity of the crops in succession. For that, a research was developed in the experimental area of the Federal Institute Farroupilha Campus Alegrete, in the agricultural year of 2015/2016. The experimental design was a randomized block design, with three replications and the following treatments of cover plants: black oats, white oats, ryegrass, wheat, vetch, forage turnip, black oats consortium with vetch and fallow. Each plot was subdivided for crop insertion (soybean and corn). The physical attributes of the soil analyzed were density, macro porosity, micro porosity, infiltration rate, soil hydraulic conductivity. In the forage plants, the input of dry matter and, for the crops of economic interest, the components of chlorophyll index in the leaf, weight of a thousand grains and crop productivity were evaluated. The highest dry matter yield of forages occurred in the cultivation of forage turnip. For the other analyzes wheat was the treatment that expressed the best skills as a cover crop, mainly in terms of productivity and with better results for the corn crop when compared to soybean. In order to be able to express which coverage plan improves soil conditions there is a need to explore for at least five years the research to have consistency in results.

Key words: Density, organic matter and nutrient cycling.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e Porosidade total (Pt) após a maturação fisiológica das plantas de cobertura	32
Tabela 2 Atributos físicos do solo após a colheita do milho	34
Tabela 3 Atributos físicos após a colheita da soja.....	36
Tabela 4 Taxa básica de infiltração de água no solo após as forrageiras de inverno e após as culturas estivais (safra 2015/2016)	37
Tabela 5 Condutividade hidráulica após a maturação fisiológica das plantas de cobertura....	38
Tabela 6 Condutividade hidráulica após do cultivo do milho e soja.....	39
Tabela 7 Teor de matéria seca das plantas de cobertura.....	39
Tabela 8 Teor de Clorofila do Milho e da Soja nos estádios vegetativos V3 e V6.....	41
Tabela 9 Peso de mil grãos- Milho e Soja	41
Tabela 10 Produtividade das culturas estivais	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem da área experimental extraída do Google Earth. 2015.....	21
Figura 2: Croqui da disposição dos tratamentos das plantas de cobertura	22
Figura 3: Croqui da área experimental após a implantação das culturas estivais.....	22
Figura 4: Semeadura das plantas de cobertura. 06/06/2015. Fonte: Fonseca, J.	23
Figura 5: Coleta de amostras de solo indeformadas, após a maturação fisiológica das plantas de cobertura. Fonte: Fonseca, J.	24
Figura 6: Amostras de solo saturadas. Fonte: Fonseca, J.	24
Figura 7: Coluna de areia, realizada com Método de Reinert & Reichert (2006). Fonte: Fonseca, J.	25
Figura 8: Amostras de solo indeformadas na estufa a 105°. Fonte: Fonseca, J.....	26
Figura 9: Ensaio de condutividade hidráulica. Fonte: Fonseca, J.	26
Figura 10: Ensaio de Infiltração. Fonte: Fonseca, J.	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivos Específicos	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Plantas de Cobertura	14
3.2 Gramíneas.....	14
3.3 Leguminosas	16
3.4 Outras famílias.....	16
3.5 Culturas estivais de sequeiro	17
3.6 Influência das plantas de cobertura nas condições físicas do solo	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1 Análise de solo.....	24
4.2 Análise das plantas	29
4.3 Análise estatística	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
5.1 Atributos físicos.....	31
5.2 Taxa de infiltração	37
5.3 Condutividade hidráulica.....	38
5.4 Materia seca das plantas de cobertura	39
5.5 Teor de clorofila na folha	40
5.6 Peso de mil grãos	41
5.7 Produtividade.....	42
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1. INTRODUÇÃO

O homem, usufruindo de técnicas de manejo inadequado do solo, vem sendo há séculos o principal agente das perdas de solo. Associado as intempéries climáticas facilitam os processos de erosão, compactação, degradação entre outros fatores que empobrecem cada vez mais os solos agrícolas. Para reverter esse quadro deve-se aderir o uso de práticas conservacionistas que venham cessar a degradação e a propiciar o acúmulo de matéria orgânica.

A rotação de culturas é uma das práticas que melhora visivelmente as condições físicas e químicas do solo, e por aumentar o potencial produtivo do solo, suprindo, com o passar do tempo, parte das necessidades nutricionais das plantas em sucessão. Essa prática consiste no planejamento do cultivo de culturas distintas para que essas deixem resíduos no solo que venham a fornecer nutrientes para a próxima cultura, e com o decorrer da decomposição do material orgânico exposto no solo, venha a estruturar os agregados do solo e melhorar suas condições físicas, químicas e biológicas. Além disso, a rotação de culturas atende a uma das premissas do Sistema Plantio Direto (SPD).

Para o sucesso da rotação de culturas e sucessivamente do SPD é necessário escolher plantas de cobertura que supram as necessidades do sistema, que propiciem e extraiam do solo nutrientes de modo a beneficiar nutricionalmente a cultura sucessora e assim sucessivamente. O sistema radicular das plantas de cobertura deve ser agressivo e ter uma boa capacidade de produção de biomassa, de modo que esta cubra o solo por um período de tempo relevante, principalmente nas épocas mais vulneráveis, como as épocas de chuvas mais intensas, dissipando a energia da gota de chuva e assim, diminuindo o seu impacto ao solo e também diminuindo a incidência da radiação solar intensa. O tempo em que cada volume de massa verde vai permanecer no solo vai depender da espécie escolhida, este tempo é diretamente influenciado pela taxa de decomposição da cultura.

As plantas de cobertura, devido a todos os seus benefícios gerados ao solo, tornam-se indispensáveis para as culturas produtoras de grãos, principalmente onde não há implantação de sistema de irrigação e ocorrem períodos de deficiência hídrica, pois essas propiciam que a umidade do solo se mantenha por maior tempo, sem falar nos nutrientes que essas disponibilizam para as culturas, diminuindo a necessidade e/ou quantidade de aplicações de alguns nutrientes.

Com toda a relevância de tornarmos os nossos solos cada vez mais produtivos e bem estruturados, para que possam suprir as demandas da cultura e, se possível, aumentar a capacidade de produção, embora o SPD já esteja bastante expandido no Rio Grande do Sul,

ainda há necessidade de pesquisa que comprovem e exponham a importância da consolidação e difusão deste sistema de forma adequada para que esse venha a interferir positivamente no potencial produtivo de nossos solos. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das plantas de cobertura nos parâmetros físicos do solo e no rendimento das culturas estivais.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os efeitos das plantas de cobertura nas propriedades físicas do solo e também, a influência dessas, na produtividade das de soja e milho.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar qual a influência da cobertura verde nas propriedades físicas do solo.

Quantificar a matéria seca produzida por plantas de cobertura.

Avaliar a influência de diferentes plantas de cobertura na produtividade da soja (*Glycine max* L.) e do milho (*Zea mays* L.) cultivados em sucessão.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PLANTAS DE COBERTURA

O sucesso e a sustentabilidade do sistema plantio direto está diretamente ligados à manutenção e a quantidade de palha mantida sobre o solo, objetivando reduzir a erosão hídrica e eólica, a infestação de plantas invasoras e nematóides (JUNIOR et al, 2011). Com a introdução das plantas de cobertura, que se caracterizam pela boa capacidade de produção de biomassa, e através da manutenção dos resíduos culturais em superfície, também é possível promover maior acúmulo de matéria orgânica no solo, ciclagem de nutrientes e melhorar as condições físicas do solo e a estrutura dos agregados do solo (DONEDA, 2010).

As raízes das plantas de cobertura têm influência importantíssima tanto na capacidade de realizar a descompactação do solo, como na capacidade de absorver nutrientes e também na atividade microbiana, assim contribuindo positivamente com o aumento da aeração do solo. Através da zona de influência das raízes as plantas de cobertura interferem no aumento e na diversidade microbiana do solo (CORDEIRO; COÁS & NAHAS, 2008). As raízes agressivas e ramificadas conseguem absorver nutrientes das camadas inferiores do solo e, depois de sua decomposição formarão bioporos, que são fundamentais para a disponibilidade hídrica e pelo fluxo em massa de nutrientes (SANTOS et al., 2014).

Além do efeito alelopático que algumas plantas de cobertura possuem, Schimitt et al. (2011) afirma que, devido à quantidade de biomassa que permanece no solo, as mesmas propiciam uma barreira física e química contra a infestação de plantas invasoras. Essa barreira faz a supressão na germinação e emergência das plantas daninhas.

Conforme Nunes (2011), as plantas de cobertura apresentam efeito residual variáveis, sendo assim é indicado o uso das que proporcionem maior aumento na produtividade das culturas comerciais, sabendo que a quantidade de nutrientes que será realmente aproveitada pela cultura em sucessão depende do acúmulo, da ciclagem de nutrientes, do tempo da decomposição da biomassa bem como da demanda de nutrientes da cultura em sucessão.

3.2 GRAMÍNEAS (POACEAE)

O rápido desenvolvimento inicial das gramíneas é um dos aspectos relevantes quanto à escolha de plantas de cobertura, onde a busca por materiais que se desenvolvam

rapidamente e cubram o solo o mais rápido possível, retardando e até mesmo inibindo a infestação de plantas invasoras. Apresentam-se como culturas com boa aceitação e implantação como plantas de cobertura, aquelas com boa resistência ao déficit hídrico, elevada produção de biomassa e baixo custo de sementes.

O maior conteúdo de lignina, presente nos restos culturais das gramíneas, faz com que se mantenham mais tempo cobrindo o solo, promovendo assim uma melhor estruturação e estabilidade dos agregados do solo (GUIMARÃES et al. 2006). As raízes também estão ligadas direta e indiretamente com a estrutura e estabilidade do solo, as gramíneas embora não possuam sistema radicular que se desenvolva em profundidade, apresentam sistema radicular abundante possibilitando a estruturação do solo e diminuindo assim a suscetibilidade do solo à erosão (WOLSCHICK, 2014).

Conforme Bortolini et al. (2000), a aveia preta é bastante aceita, principalmente na região sul do país, em função da fácil aquisição de sementes e instalação do cultivo, rusticidade, rápido crescimento inicial e grande rendimento de fitomassa, além de apresentar efeito alelopático. Os mesmos autores afirmam que os resíduos das gramíneas, como aveia preta, por produzir grande quantidade de biomassa e ter uma alta relação C/N permanecem cobrindo o solo por todo o ciclo do milho. Mas salientam a restrição da sucessão de gramínea após gramínea, que no processo de decomposição dos resíduos, ocorrerá a imobilização de nitrogênio, diminuindo a sua disponibilidade para o milho e o deixando suscetível a deficiência dele e diminuindo, assim, a produtividade de grãos.

A aveia branca é considerada menos rústica, quando comparada à preta, menos resistente a seca e mais exigente em fertilidade. As aveias brancas juntamente com o azevém e o trigo também são excelentes plantas de cobertura, capaz de produzirem ótimas quantidades de biomassa, porém, o desenvolvimento inicial do azevém que é um pouco mais lento, quando comparado com as demais culturas citadas (FONTANELI et al, Sd.), porém depois de seu estabelecimento, perfilha de forma abundante mantendo o solo coberto. O azevém é uma das gramíneas hibernais mais cultivadas no Rio Grande do Sul, tanto para ceifa como para pastagens cultivadas (CERATTI, 2012), é uma forrageira bastante inserida no SPD, principalmente na região Sul do país, pois é uma cultura tolerante ao frio, que tem poder alelopático sobre algumas plantas daninha, vindo a diminuir os custos com herbicidas. Um dos fatores limitantes para adoção desta cultura é a resistência ao herbicida glifosato (DENEZ & GASPARIN, S.d.). O azevém apresenta bom aporte de matéria seca, produzindo cerca de 7 a 12 toneladas por hectare (LOPES, NOGUEIRA & FERNANDES, 2006).

A semeadura antecipada do trigo favorece a viabilização do sistema plantio direto, ao manter o solo permanentemente coberto após a cultura de verão, alguns estudos também comprovam a relevância da forragem de trigo quando comparada a aveia preta quanto a produção de forragem (FONTANELI et al, S.d. *apud* DEL DUCA et al,1997). Só pelo fato de contribuírem morfológicamente para a melhoria da constituição dos solos a implantação das plantas de cobertura já se justificariam, porém como o objetivo do produtor é sempre a lucratividade, o trigo duplo propósito é uma das forrageiras viável para esse processo, pois pode ser utilizado até dois cortes para pastoreio e ainda assim produzir um bom aporte de material orgânico.

3.3 LEGUMINOSAS (FABACEAE)

As leguminosas são conhecidas pela alta capacidade de fixar N atmosférico, em função da relação simbiótica com bactérias capazes de fixar nitrogênio atmosférico, reduzindo assim os custos com fertilizantes (SANCHEZ, 2012). Porém as leguminosas apresentam uma baixa relação C/N, o que faz com que elas se decomponham rapidamente, podendo vir a deixar o solo descoberto antes do estabelecimento da cultura em sucessão.

A introdução de leguminosas nos sistemas de cultivo propicia o aumento da população de fungos micorrízicos nativos do solo, os quais se associam às raízes das plantas cultivadas, aumentando a absorção de água e nutrientes. Em consequência a esse melhor aproveitamento de nutrientes, as plantas micorrizadas desenvolvem maior tolerância às doenças e à seca (ESPINDOLA, 1997).

Devido à capacidade de proporcionar boa cobertura para o solo, devido à produção de biomassa e, a exploração que o sistema radicular promove nas camadas do solo, as leguminosas podem servir como boa alternativa para auxiliar na recuperação de áreas degradadas.

Uma das boas opções de leguminosas, como cultura de cobertura, é a ervilhaca que é capaz de acumular grandes quantidades de nitrogênio, apresenta boa produção de biomassa, bastante indicada para anteceder a cultura do milho. Apesar de seus benefícios o cultivo de ervilhaca ainda é restrito, em função do custo de implantação, desenvolvimento inicial mais lento comparado às gramíneas e, a rápida decomposição de seus resíduos (SILVA et al., 2006).

3.4 OUTRAS FAMÍLIAS

O nabo forrageiro pertence à família das crucíferas, apresenta sistema radicular pivotante, agressivo e bastante vigoroso, sendo capaz de romper camadas compactadas. A compactação dos solos é outro fator limitante no desenvolvimento das culturas comerciais, como alternativa cultural o nabo forrageiro atua de modo a promover a descompactação biológica destes solos por meio de suas raízes, aumentando a aeração do solo (BOAKOWICZ, 2007).

O nabo forrageiro não é capaz de fixar N, mas possui alta capacidade de extrair esse nutriente das camadas mais profundas do solo. Seu desenvolvimento inicial é muito rápido, ótimo rendimento de matéria seca e ciclo curto são alguns dos aspectos que influenciam na boa aceitação da sua implantação (SILVA et al., 2006).

3.5 CULTURAS ESTIVAS DE SEQUEIRO

As culturas estivais dentro de uma propriedade agrícola geralmente são o carro chefe da produção, pois são as grandes protagonistas da rentabilidade da propriedade. Na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul o destaque para as culturas em áreas de sequeiro se dá para soja e milho, ambas as culturas com elevado potencial produtivo e com características agronômicas distintas. São culturas que anualmente vem se destacando em produtividade, abrindo cada vez mais mercado para seus subprodutos e proporcionando a expansão e alastramento de sua implantação, para que esse sucesso tenha êxito. Segundo FREITAS (2011), se faz necessário escolher cultivares adaptadas para região a ser implantada bem como conhecer as exigências agronômicas da cultura.

A soja, assim como o milho, é uma cultura expressamente versátil, com inúmeros subprodutos, sendo usada para adubação verde, alimentação humana, nutrição animal, usos industriais, usos potenciais, dentro do complexo soja “grão, óleo e farelo” o óleo é um dos mais consumidos pelo mercado interno, cerca de 75%, o restante é exportado (CÂMARA, 2015). A soja é uma cultura de grande importância econômica, por se destacar no mercado produtor de grãos, é interessante que se invista em sistemas de manejo que beneficiem a sustentabilidade da produção da soja, e a rotação de culturas aliada a implantação de plantas de cobertura é uma das opções mais viáveis. Embora autores como CARVALHO et al. (2004) afirmem que a produtividade da cultura da soja não é influenciada pela cobertura do solo, somente o benefício de não propiciar a perda de solo já seria suficiente para justificar a importância da cobertura do solo. Sem falar que o solo coberto propicia maior umidade às plantas, menor temperatura, inibe o surgimento das plantas daninhas, com o passar dos anos dessa prática, melhora as condições químicas, físicas e biológicas do solo, embora não significativo para a produtividade da cultura, pode diminuir os custos com adubação.

Com o propósito de explorar cada vez mais o potencial produtivo do solo e também o favorecimento do avanço das tecnologias de produção e ajustes no período de cultivo, o produtor avança em relação a fazer duas safras de verão na mesma área, com soja na primeira safra, usando sementes de ciclo curto seguida de milho na segunda safra, o objetivo desta intensificação é reduzir os custos fixos (BARROS & ALVES, 2015), porém no estado do Rio Grande do Sul a realidade se dá para primeiro cultivo antecipado do milho, seguido da safrinha de soja, em áreas irrigadas esse sistema de cultivo se estabelece de modo mais eficaz (COLUSSI, 2015). O receio do produtor em relação à expansão desse processo de exploração se consolida principalmente nos riscos que englobam variações climáticas, preço, produtividade e também a destituição de políticas públicas que amparem o produtor.

O milho é uma cultura polivalente, considerado o grão mais produzido e também o mais consumido no mundo, onde podemos obter desde milho verde, farinha de milho, óleo, grão, entre outros subprodutos e da parte aérea forragens e/ou ensilagem para os animais (DARÓS, S.d.), a produção de ração para o uso animal é o principal uso do grão. O milho tem alta capacidade de deixar grandes quantidades de restos culturais no solo, que bem manejados melhoram as condições físicas, químicas e biológicas do solo. Estes restos culturais permanecem por bom tempo cobrindo e protegendo o solo contra erosão além de consolidar o SPD.

O que restringe a expansão da cultura do milho é a alta exigência edafoclimática. Alguns autores como WEISMANN (2008) afirmam que dois dias de estresse hídrico no florescimento diminuem o rendimento em mais de 20 %, quatro a oito dias diminuem em mais de 50%. Até os anos 90 quase que em totalidade o cultivo do milho era de primeira safra (verão) de lá até hoje ocorreu uma mudança gradativa que apresenta dados onde atualmente a menor porcentagem é cultivada na primeira safra e mais de 60% é de segunda safra (safrinha), todo esse avanço foi possível graças as tecnologias e aos ajustes nos períodos de cultivo (BARROS & ALVES, 2015).

A demanda de produção exige cada vez mais a busca por soluções que proporcionem maior produtividade, menor tempo de cultivo, otimização do uso de implementos agrícolas, exploração intensiva do solo. Para que tudo isso ocorra em uma sincronia é necessário optar por alternativas de sistema sustentáveis de produção, as plantas de cobertura estão cada vez mais se unificando a este sistema, com intuito de proporcionar vantagem para o sistema como aporte de material orgânico para proteger e melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do sistema.

3.6 INFLUÊNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA NAS CONDIÇÕES FÍSICAS DO SOLO

As plantas de cobertura influenciam diretamente nas condições físicas do solo, por serem rústicas e vigorosas e são capazes de se desenvolver e melhorar as condições do solo em função da área de abrangência de suas raízes, e também dos benefícios do acúmulo de biomassa no solo.

A quantidade e a qualidade da palha que permanecerá sobre o solo, que influenciam também nas propriedades do solo, são diferentes em função das espécies utilizadas, assim como a exploração de diferentes profundidades do solo (CORREIA & DURIGAN, 2008). Os benefícios causados pelas plantas de cobertura, no solo, podem ser expressos através da avaliação de alguns parâmetros do mesmo, como densidade, porosidade, taxa de infiltração, resistência à penetração.

A densidade do solo é um dos indicadores da conservação do mesmo, muito utilizada para avaliar a compactação do solo e, é inversamente proporcional a porosidade do solo (DRESCHER, 2011). Para CUBILLA et al. (2001), o aumento da densidade acarreta maior resistência à penetração, propriedade também associada à umidade e textura do solo. A densidade influencia diretamente na capacidade de infiltração do solo, no desenvolvimento das raízes, na aeração do solo, também influencia diretamente na resistência mecânica à penetração das raízes, bem como, altera a movimentação de água e nutrientes no solo (SANCHEZ, 2012).

A compactação do solo é um processo de densificação na qual há um aumento da resistência do solo, redução da porosidade, continuidade de poros, da permeabilidade e da disponibilidade de nutrientes e água (SILVA, REINERT & REICHERT, 2000). A compactação também impede o desenvolvimento das raízes em profundidade, inviabilizando a capacidade da cultura em extrair água e nutrientes do solo, além de inviabilizar a infiltração de água no solo. A redução do volume de solo explorado pelas raízes eleva os riscos de deficiências hídricas e nutricionais das plantas (PEQUENO, 2013).

As plantas de cobertura, juntamente com o manejo conservacionista, agem de forma a reverter os processos de compactação e degradação do solo, modificando suas propriedades físicas, químicas e biológicas, melhorando as condições estruturais do solo e mantendo o solo produtivo, além de proteger o solo contra erosões e impactos das intempéries climáticas. Um solo bem estruturado e manejado garante o sucesso da produtividade, propiciando o desenvolvimento das raízes das culturas, devido a melhor aeração e capacidade de infiltração

de água no solo (CARVALHO et al, 2004), o acúmulo de material orgânico no solo promove o aumento da infiltração e o armazenamento de água no perfil do solo (MAROCHI, S.d.) garantindo a capacidade de estabelecimento das culturas, bem como o seu desenvolvimento além de certa redução da amplitude térmica do solo.

As inserções de culturas que apresentem raízes robustas e profundas instigam efeitos biológicos positivos que ampliam a porosidade do solo, contribuindo com a destruição das camadas compactadas, propiciando a formação de bioporos, aumentando a porosidade e a capacidade de infiltração de água no perfil do solo (CALLEGARI & COSTA, 2009).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2015-2016, na área experimental do Instituto Federal Farroupilha Campus Alegrete (Figura 1), situado no município de Alegrete, no Rio Grande do Sul, localizada a uma latitude de 29°42'53" S e longitude de 55°31'28" O e uma altitude média de 105 metros. O solo estudado consiste em um Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 2006) e a média das precipitações pluviométricas da região onde o experimento foi conduzido é de 1525 milímetros anuais (MORENO, 1961).



Figura 1- Imagem da área experimental extraída do Google Earth. 2015.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições e oito tratamentos, a saber: aveia preta (*Avena strigosa*), aveia branca (*Avena sativa*), azevém (*Lolium multiflorum L.*), trigo (*Triticum spp.*), ervilhaca (*Vicia sativa L.*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*), consórcio de aveia preta (*Avena strigosa*) com ervilhaca (*Vicia sativa L.*) e pousio (Figura 2).

Cada tratamento foi desenvolvido numa área de 48m² (12m x 4m) para as plantas de cobertura e no momento da implantação das culturas produtoras de grãos, no caso milho e soja, essas parcelas foram subdivididas, passando a ter 24m² (2m x 12m) (Figura 3).



Figura 2- Croqui da disposição dos tratamentos das plantas de cobertura

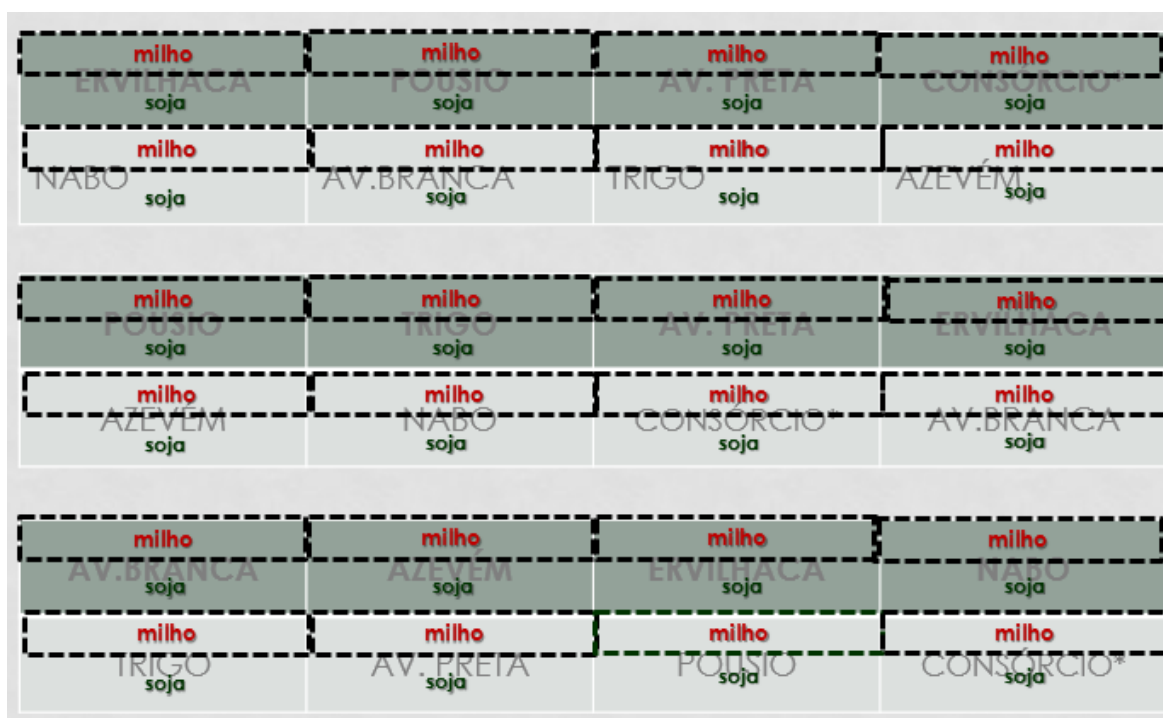


Figura 3- Croqui da área experimental após a implantação das culturas estivas

A semeadura das plantas de cobertura foi realizada no dia 29 de maio de 2015, com uma semeadora de parcelas, com nove linhas de semeadura, espaçadas a 0,17 metros. Como fonte de potência para a implantação do experimento foi usado um trator New Holland TL 75. A semeadura foi realizada com a semeadora de parcelas SEMEATO modelo SAM 200 e as densidades de semeadura foram as seguintes: aveia preta 85 kg.ha^{-1} , aveia branca 80 Kg.ha^{-1} , consórcio 70 Kg.ha^{-1} (aveia preta) e 30 Kg.ha^{-1} (ervilhaca), azevém 35 Kg.ha^{-1} , trigo 130 Kg.ha^{-1} , nabo forrageiro 40 Kg.ha^{-1} , ervilhaca 40 Kg.ha^{-1} . Antecedendo a semeadura ocorreu a dessecação da área.

No dia 06 de junho de 2015 todas as plantas já haviam iniciado a germinação e, no dia 29 de junho de 2015 foram aplicados 200 kg de fertilizante 45-00-00 por hectare.



Figura 4- Semeadura das plantas de cobertura. 06/06/2015. Fonte: Fonseca, J.

Para as culturas estivais, foi utilizada a mesma semeadora, porém com quatro linhas espaçadas a 0,50 metros. A cultivar de soja utilizada foi a DM6563 RSF IPRO de ciclo precoce, sendo essa semeada na época de semeadura indicada para a região e para o milho a cultivar semeada foi Syngenta Maximus Viptera PRO 3 de ciclo precoce. Usando uma densidade de semeadura de 260.000 plantas por hectare para a soja, onde esta foi inoculada com inoculante específico para a cultura e, para a cultura do milho a densidade de semeadura foi de 60.000 plantas por hectare. A semeadura de ambas as culturas foi realizada no dia 23 de outubro de 2015. Não foi realizada a correção do solo antes da implantação do experimento uma vez que as condições químicas do mesmo são consideradas adequadas ao desenvolvimento de plantas segundo o manual de adubação e calagem do RS e de SC (CQFS, 2004).

Para podermos expressar quantitativamente os resultados que esta pesquisa nos proporcionou se faz necessário analisarmos alguns fatores como densidade, porosidade, condutividade hidráulica, taxa de infiltração de água no solo, matéria seca acumulada (plantas de cobertura), produtividade (culturas estivais), em períodos de tempo distintos, de modo a podermos diagnosticar as possíveis mudanças que ocorreram no sistema implantado.

4.1 ANÁLISE DE SOLO

Para as análises de solo foram coletadas, com cilindros metálicos, amostras com estrutura de solo indeformada, durante a maturação fisiológica das culturas de cobertura (Figura 5), nas camadas de 0-5 cm, 5-15 cm e 15-25 cm, com três repetições por camada, totalizando 216 amostras.



Figura 5- coleta de amostras de solo indeformadas, após a maturação fisiológica das plantas de cobertura. Fonte: Fonseca, J.

Nas culturas estivais as coletas foram realizadas nas seguintes profundidades: 0-10 cm 10-20 cm 20-30 cm, 30-40 cm, com uma repetição por camada, totalizando 192 amostras, para que possamos assim, avaliar e registrar as mudanças decorrentes em cada tratamento.



Figura 6- Amostras de solo saturadas. Fonte: Fonseca, J.

Após as coletas e toaletes das amostras a campo, essas foram levadas para o laboratório e saturadas por 48 horas (Figura 6). Depois de saturadas, pelo tempo determinado, essas eram pesadas e posicionadas na coluna de areia por 48 horas (Figura 7).

Densidade e porosidade do solo

A densidade e a porosidade do solo são fatores que atuam de forma inversamente proporcional no solo, quanto menor a densidade maior é a porosidade total e vice-versa. Essa foi determinada pela relação entre a massa do solo seco e o volume do cilindro.

A macroporosidade do solo foi avaliada pela quantidade de água retida na amostra (coletada com cilindro metálico) em coluna de areia conforme o método de Reinert&Reichert (2006) desde a saturação até o momento da tensão a 6 Mpa (Figura 7).

Para essa análise, as amostras eram dispostas, saturadas, na coluna de areia, onde está inicialmente era também saturada 60 cm e gradativamente estava sendo drenada, e após 48 horas eram retiradas da coluna para serem saturadas e submetidas ao ensaio de condutividade hidráulica.



Figura 7-Coluna de areia, Método de Reinert & Reichert (2006). Fonte: Fonseca, J.

A microporosidade foi determinada pela quantidade de água que ficou retida na amostra, após 24 horas a 105°C (Figura 8) e pesada.



Figura 8- Amostras de solo indeformadas na estufa a 105°. Fonte: Fonseca, J.

Condutividade hidráulica

A condutividade hidráulica foi avaliada pelas amostras indeformadas do solo, pelo método do permeâmetro de carga constante, conforme metodologia da EMBRAPA 1997 (Figura 9), onde foi determinado o volume de água percolada no solo. O processo ocorre após a retirada das amostras da coluna de areia, saturando as amostras novamente e dispendo-as no permeâmetro.

Já no permeâmetro, essas são deixadas por um determinado tempo até que a água esteja estabilizada nas 10 amostras (capacidade do permeâmetro utilizado), sendo medida a altura entre a água e a capacidade do cilindro superior e, logo, inicia-se o processo onde a percolação de água no solo é medida em três repetições de 5 minutos cada.



Figura 9- Ensaio de condutividade hidráulica. Fonte: Fonseca, J.

Taxa de infiltração de água no solo

A taxa de infiltração de água no solo foi determinada pelo método dos anéis concêntricos, onde dois cilindros concêntricos, com diâmetros distintos, são introduzidos no solo, formando duas seções. Essas seções são preenchidas com água, onde a área da seção externa foi delimitada pelo cilindro externo e a área do cilindro interno e a seção interna foram delimitadas apenas pelo cilindro de diâmetro interno (Figura 4).

Durante o ensaio a água presente do cilindro externo, apresenta uma tendência natural de escoar lateral e verticalmente, permitindo assim, que a água da seção menor, tenha a uma infiltração predominantemente na vertical. A quantidade de água que infiltra no solo, por meio do cilindro interno foi estabelecida pela leitura em intervalos de tempo de 30 min. A taxa de infiltração foi considerada como a média das últimas duas leituras, às 1 h e 30 min e às 2 horas, devido a baixa variação da taxa de infiltração nesse tempo, oriunda do elevado conteúdo de água presente no solo.

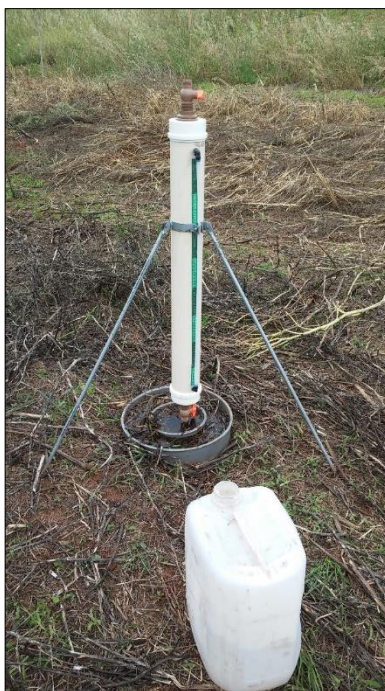


Figura 10- Ensaio de Infiltração. Fonte: Fonseca, J.

4.2 ANÁLISE DAS PLANTAS

Teor de clorofila na folha

O método utilizado para medir o teor de clorofila na planta foi o uso do Clorofilog, que tem sua escala de medida de 0 a 100 ICF (Índice de Clorofila na Folha), o qual não destrói a estrutura da planta os dados são instantâneos, facilitando assim a tomada de decisão pelo produtor.

Teor de matéria seca das plantas de cobertura

Para análise do teor de matéria seca foram coletadas amostras de cada tratamento, dentro das suas repetições, em uma área de 0,25 m². Essas amostras foram pesadas inicialmente, para obter o peso de matéria verde e, levadas à estufa a 65°C, por 72 horas e depois pesadas novamente.

Essas avaliações têm por objetivo estimar o teor de matéria seca que cada planta de cobertura disponibilizou para a cultura subsequente.

Componentes de rendimento

Para as culturas estivais os componentes analisados foram peso de 1000 grãos e produtividade por hectare.

Na cultura do milho foram coletados 5 m² e na soja foi coletada toda a parcela, ou seja, os 24 m².



Figura 11- Culturas estivais, vista lateral do bloco. Fonseca, J.

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições e oito tratamentos: solo nu, consórcio, ervilhaca, trigo, azevém, aveia preta, aveia branca e nabo forrageiro. Sempre que os efeitos foram significativos a 5% de probabilidade do erro, as diferenças entre as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com as análises realizadas ao longo do período que o experimento foi conduzido, buscou-se destacar quais os comportamentos observados nos tratamentos propostos.

5.1 ATRIBUTOS FÍSICOS

A Tabela 1 demonstra os dados das primeiras análises realizadas, que foram feitas nas amostras coletadas no dia 28 de setembro de 2015, nos oito tratamentos, após a maturação fisiológica das plantas de cobertura. Os resultados obtidos apresentam-se relativamente elevados para a densidade do solo, que pode caracterizá-lo como solos que dificultam o desenvolvimento das raízes das culturas conforme descrito por HEINRICHS (2010). Quanto menor o teor de matéria orgânica, maior a densidade do solo e, geralmente os valores também aumentam com a profundidade do perfil, em função da compactação do solo, porém os dados obtidos demonstram que a densidade do solo se manteve elevada desde a camada mais superficial do solo. Densidades tão elevadas como essas, apresentadas na Tabela 1, indicam que o solo está altamente compactado, dificultando expressivamente o desenvolvimento do sistema radicular das culturas e influenciando diretamente o estabelecimento das mesmas. Os teores de macroporos, inferiores a 10%, não propiciam o estabelecimento ideal das culturas, pois dificultam a aeração do solo impossibilitando o desenvolvimento das raízes. A porosidade é composta pela fase líquida, sólida e gasosa do solo, o arranjo dos macro e microporos interferem o armazenamento e movimento da água e do ar no solo, o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, problemas relativos a fluxo e retenção de calor (HEINRICHS, S.d.). REINERT E REICHERT (2006), afirmam que valores entre 0,9 a 1,7 g.cm⁻³ para Argissolos são considerados normais para densidade do solo (Ds), mas que valores de Ds superiores a 1,45 g.cm⁻³ tem alta probabilidade de oferecer riscos de restrições para o crescimento radicular. A Tabela 1 mostra que embora haja diferença estatística entre alguns tratamentos, em especial nas camadas de 0-5 e de 5-15, os valores de densidade do solo mantiveram-se sempre próximo do limite máximo considerado normal para Argissolo que é de 1,7 g.cm⁻³, sendo superior a esse valor apenas na camada de 5-15 cm no consórcio. Os valores obtidos comprovam que o solo apresenta-se, de modo geral, inicialmente compactado, porém, as gramíneas Trigo, Aveia Branca e

Aveia Preta, além do consórcio, foram mais eficientes em reduzir a Ds na primeira camada avaliada.

Tabela 1-Densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e Porosidade total (Pt) após a maturação fisiológica das plantas de cobertura

Tratamento	Densidade g.cm ⁻³	Porosidade %	Macroporosidade %	Microporosidade ^a %
-----0- 5-----				
Solo Nu	1,74 a	29,5 a	6,8 b	22,7 a
Consórcio	1,62 b	31,1 a	8,3 ab	22,8 a
Ervilhaca	1,65 ab	30,1 a	6,9 b	23,2 a
Trigo	1,64 b	34,8 a	13,9 a	20,9 a
Azevém	1,69 ab	30,8 a	6,9 b	23,9 a
Aveia Preta	1,59 b	34,3 a	11,5 ab	22,8 a
Aveia Branca	1,62 b	34,2 a	11,7 ab	22,5 a
Nabo Forrageiro	1,74 a	29,4 a	5,5 b	23,9 a
CV (%)	3,01	9,05	39,29	9,42
-----5- 15-----				
Solo Nu	1,73 ab	27,1 a	6,1 ab	21,0 ab
Consórcio	1,80 a	27,2 a	5,7 ab	21,5 ab
Ervilhaca	1,69 b	29,9 a	5,9 ab	24,0 a
Trigo	1,71 ab	27,5 a	5,9 ab	21,6 ab
Azevém	1,72 ab	28,3 a	5,5 ab	22,8 ab
Aveia Preta	1,69 b	27,0 a	6,6 ab	20,4 b
Aveia Branca	1,70 ab	30,4 a	7,0 a	23,4 ab
Nabo Forrageiro	1,77 ab	27,0 a	3,1 b	23,9 a
CV (%)	3,15	7,8	32,83	7,75
-----15- 25-----				
Solo Nu	1,69 a	28,6 a	6,1 a	22,5 a
Consórcio	1,75 a	26,4 a	5,3 a	21,1 a
Ervilhaca	1,71 a	30,0 a	6,4 a	23,6 a
Trigo	1,70 a	31,9 a	6,6 a	25,3 a
Azevém	1,74 a	30,0 a	5,9 a	24,1 a
Aveia Preta	1,68 a	29,6 a	7,3 a	22,3 a
Aveia Branca	1,75 a	29,9 a	6,5 a	23,4 a
Nabo Forrageiro	1,62 a	27,8 a	5,2 a	22,6 a
CV (%)	5,33	12,45	22,28	12,11

^a Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Duncan ($p < 0,05$); **CV**= coeficiente de variação; **Ds**= Densidade do solo; **PT**= Porosidade total; **Mi**= Microporosidade; **Ma**= Macroporosidade. **Consórcio**= Aveia preta e ervilhaca.

A Tabela 1 também confirma os dados da literatura que afirmam que nos Argissolos a predominância é de microporos, bem como que apenas na camada de 0-5 cm somente os tratamentos de trigo, aveia preta e aveia branca apresentaram teores superiores a 10% para macroporosidade o que poderia facilitar o desenvolvimento radicular, uma vez que,

considera-se que o espaço aéreo de 10 % de macroporos é suficiente para arejar o solo e satisfazer a demanda respiratória no solo pelas plantas (REINERT & REICHERT, 2006).

As Tabelas 2 e 3, quando comparadas com a Tabela 1 apresentaram, de maneira geral, uma densidade do solo inferior a inicial, devido aos tratamentos que foram submetidos, esses valores teriam como propósito serem menores, de modo que as culturas interferem, de forma mecânica, na estrutura do solo, no intuito de propiciar o desenvolvimento das culturas sucessoras, onde suas raízes, quando decompostas formam bioporos que facilitam a aeração e a infiltração de água no solo. Embora os valores obtidos confirmem que não houve uma redução significativa na densidade do solo, as culturas sucessoras se desenvolveram em todos os tratamentos. Essa realidade pode ser associada aos ciclos de expansão e contração do solo, mais evidentes no período estival, que ocorrem pelo umedecimento e secagem do solo, promovendo a reestruturação do mesmo, e conseqüentemente o desenvolvimento de culturas em áreas que seriam consideradas compactadas, facilitando a aeração necessária para o desenvolvimento das culturas, interferindo desde a capacidade de infiltração de água no solo até a capacidade de desenvolvimento de culturas (GUBIANI, 2015).

Tabela 2- Atributos físicos do solo após a colheita do milho

Tratamento	Densidade	Porosidade	Macroporosidade	Microporosidade ^a
	g.cm ⁻³	%	%	%
-----0-10-----				
Solo Nu	1,55 a	34,4 ab	8,6 a	25,8 ab
Consórcio	1,51 a	36,7 ab	11,9 a	27,2 ab
Ervilhaca	1,54 a	35,1 ab	10,3 a	24,7 ab
Trigo	1,63 a	32,6 ab	7,0 a	25,5 ab
Azevém	1,68 a	28,2 b	8,3 a	19,9 b
Aveia Preta	1,56 a	34,3 ab	12,4 a	21,8 ab
Aveia Branca	1,62 a	34,5 ab	11,9 a	22,5 ab
Nabo Forrageiro	1,54 a	40,5 a	9,2 a	31,2 a
CV (%)	6,25	13,45	44,94	19,84
-----10-20-----				
Solo Nu	1,68 ab	34,2 a	8,7 a	25,5 a
Consórcio	1,79 a	31,5 ab	9,1 a	24,5 a
Ervilhaca	1,72 ab	26,1 b	3,9 b	22,2 a
Trigo	1,71 ab	29,8 ab	6,0 ab	23,8 a
Azevém	1,69 ab	28,1 ab	6,6 ab	21,5 a
Aveia Preta	1,69 ab	29,9 ab	5,5 ab	24,3 a
Aveia Branca	1,69 ab	29,5 ab	3,8 b	25,7 a
Nabo Forrageiro	1,61 b	28,6 ab	6,2 ab	22,4 a
CV (%)	4,55	11,22	37,47	11,51
-----20-30-----				
Solo Nu	1,68 a	32,2 a	10,1 a	22,1 a
Consórcio	1,72 a	27,1 ab	4,7 b	23,0 a
Ervilhaca	1,69 a	30,7 ab	7,6 ab	23,0 a
Trigo	1,68 a	27,7 ab	5,5 b	22,2 a
Azevém	1,75 a	27,1 ab	4,6 b	22,5 a
Aveia Preta	1,67 a	29,1 ab	8,0 ab	21,0 a
Aveia Branca	1,67 a	29,1 ab	4,6 b	22,0 a
Nabo Forrageiro	1,66 a	30,7 ab	4,7 b	26,0 a
CV (%)	3,85	9,62	31,98	13,45
-----30-40-----				
Solo Nu	1,65 a	32,4 a	9,3 a	22,9 a
Consórcio	1,72 a	28,0 a	5,6 a	22,4 a
Ervilhaca	1,63 a	33,3 a	5,3 a	28,0 a
Trigo	1,74 a	34,2 a	8,5 a	25,7 a
Azevém	1,74 a	29,5 a	4,8 a	24,7 a
Aveia Preta	1,58 a	25,6 a	4,7 a	20,9 a
Aveia Branca	1,65 a	31,7 a	5,2 a	26,5 a
Nabo Forrageiro	1,75 a	30,4 a	5,5 a	24,9 a
CV (%)	5,49	18,13	51,09	21,45

^a Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Duncan ($p < 0,05$); **CV**= coeficiente de variação; **Ds**= Densidade do solo; **PT**= Porosidade total; **Mi**= Microporosidade; **Ma**= Macroporosidade. **Consórcio**= Aveia preta e ervilhaca.

A macroporosidade, é uma boa indicadora da condição estrutural e/ou física do solo (Reinert & Reichert, 2006), teve um aumento significativo principalmente após a cultura da soja, melhorando assim também a condutividade hidráulica no solo, já em relação à microporosidade basicamente não houve mudanças de uma análise para outra. A porosidade total aumentou nas tabelas 2 e 3, onde a densidade do solo foi menor quando comparada a Tabela 1, confirmando a afirmação de que a densidade do solo é inversamente proporcional a porosidade. Este é o foco da pesquisa que venha a propiciar melhor condicionamento de solo para facilitar o estabelecimento e desenvolvimento das culturas, no intuito de promover a sustentabilidade do solo em um sistema plantio direto que perdure ao longo dos anos de forma eficiente.

Tabela 3- Atributos físicos após a colheita da soja

Tratamento	Densidade	Porosidade	Macroporosidade	Microporosidade ^a
	g.cm-3	%	%	%
-----0-10-----				
Solo Nu	1,64 a	36,1 ab	13,9 a	22,1 a
Consórcio	1,53 ab	34,3 ab	14,9 a	19,4 a
Ervilhaca	1,56 ab	35,2 ab	15,2 a	20,0 a
Trigo	1,55 ab	39,3 ab	14,4 a	24,8 a
Azevém	1,49 ab	35,5 ab	12,8 a	22,6 a
Aveia Preta	1,53 ab	40,8 a	18,9 a	21,92 a
Aveia Branca	1,55 ab	32,6 b	12,0 a	20,6 a
Nabo Forrageiro	1,39 b	42,0 a	18,9 a	23,0 a
CV (%)	5,94	11,25	23,5	13,37
-----10-20-----				
Solo Nu	1,60 a	29,4 a	11,3 a	18,0 a
Consórcio	1,66 a	29,7 a	10,6 a	19,0 a
Ervilhaca	1,71 a	33,8 a	11,4 a	22,4 a
Trigo	1,71 a	29,1 a	9,3 a	19,8 a
Azevém	1,70 a	27,8 a	9,2 a	18,6 a
Aveia Preta	1,68 a	32,8 a	12,0 a	20,8 a
Aveia Branca	1,69 a	27,4 a	9,5 a	17,8 a
Nabo Forrageiro	1,73 a	29,2 a	9,9 a	19,2 a
CV (%)	4,82	16,58	30,62	17,12
-----20-30-----				
Solo Nu	1,73 a	32,9 a	8,0 a	24,9 a
Consórcio	1,70 a	29,1 a	10,7 a	18,4 b
Ervilhaca	1,71 a	30,0 a	8,2 a	21,8 ab
Trigo	1,66 a	30,9 a	10,9 a	19,9 ab
Azevém	1,70 a	27,9 a	9,3 a	18,5 b
Aveia Preta	1,63 a	31,4 a	10,8 a	20,6 ab
Aveia Branca	1,68 a	28,0 a	9,0 a	18,9 b
Nabo Forrageiro	1,67 a	28,7 a	8,8 a	19,8 ab
CV (%)	5,19	11,51	22,62	14,4
-----30-40-----				
Solo Nu	1,65 ab	31,1 a	8,6 ab	22,5 ab
Consórcio	1,73 a	30,5 a	9,9 ab	20,6 ab
Ervilhaca	1,66 ab	28,2 a	8,4 ab	19,8 ab
Trigo	1,70 a	31,1 a	7,6 b	23,4 a
Azevém	1,56 b	32,8 a	13,8 a	18,9 b
Aveia Preta	1,71 a	30,7 a	8,0 b	22,7 ab
Aveia Branca	1,61 ab	32,1 a	8,7 ab	23,3 ab
Nabo Forrageiro	1,72 a	28,3 a	6,3 b	21,9 ab
CV (%)	3,81	13,38	31,74	10,35

^a Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Duncan ($p < 0,05$); **CV**= coeficiente de variação; **Ds**= Densidade do solo; **PT**= Porosidade total; **Mi**= Microporosidade; **Ma**= Macroporosidade. **Consórcio**= Aveia preta e ervilhaca.

5.2 TAXA DE INFILTRAÇÃO

A entrada de água no espaço poroso do solo caracteriza a infiltração, a qual é maior quando o solo está seco e diminui à medida que começa a ser umedecido, chegando gradualmente a um valor mínimo e constante, sendo essa condição estável denominada velocidade de infiltração básica (VIB) de água no solo (POTT, ROSIM & MARIA, 2005). Para CARVALHO & SILVA (2006) a TI (taxa de infiltração) é influenciada diretamente pela textura e estrutura do solo e também por fatores como condições da superfície do solo, tipo e condição de solo, umidade inicial do solo, carga hidráulica, temperatura, compactação e cobertura vegetal.

Tabela 4- Taxa básica de infiltração de água no solo após as forrageiras de inverno e após as culturas estivais (safra 2015/2016)

	Taxa Básica de Infiltração (mm.h ⁻¹) ^a		
	Inicial	Milho	Soja
Solo Nu	32,27 a	45,33 a	24,67 a
Consórcio	36,47 a	77,50 a	54,75 a
Ervilhaca	30,67 a	66,75 a	39,00 a
Trigo	37,64 a	36,67 a	50,67 a
Azevém	26,92 a	56,25 a	40,83 a
Aveia Preta	57,25 a	42,42 a	38,25 a
Aveia Branca	32,11 a	25,83 a	35,00 a
Nabo Forrageiro	35,00 a	60,25 a	37,92 a
CV (%)	48,92	54,45	60,22

^a Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Duncan ($p < 0,05$); **CV**= coeficiente de variação. **Consórcio**= Aveia preta e ervilhaca.

A tabela 4 mostra que o consórcio foi o tratamento que apresentou melhor avanço na taxa de infiltração, seguido do azevém, em relação à análise após as plantas de cobertura e após o milho e a soja, embora praticamente todos os tratamentos tenham apresentado velocidade de infiltração básica (VIB) muito alta, que para BERNARDO (2006) é superior a 30 mm.h⁻¹, as VIB variaram de alta (15 -30 mm.h⁻¹) até muito alta (>30 mm.h⁻¹) em todos os ensaios realizados. Porém analisando os dados nota-se que alguns tratamentos diminuíram a taxa de infiltração em relação à inicial, como o solo nu após a soja, o trigo após o milho, a aveia preta após o milho e após a soja e também a aveia branca após o milho. Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos para Duncan ($p < 0,05$).

5.3 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA

De acordo com Pereira et al. (2008), a condutividade hidráulica comporta-se de maneira diferente em cada horizonte do perfil do solo, como na Tabela 5, onde a camada de 15 a 25 apresentou uma condutividade superior até mesmo a camada mais superficial na ervilhaca, solo nu e nabo. A condutividade hidráulica nada mais é que a capacidade do solo em conduzir água da camada superior até as camadas mais profundas, de modo geral, ela é alta nas primeiras camadas diminuindo em profundidade e é influenciada pela densidade do solo, macro e microporosidade.

Tabela 5- Condutividade hidráulica após a maturação fisiológica das plantas de cobertura

Tratamentos	Condutividade hidráulica mm.h ⁻¹ ^a		
	0-5	5-15	15-25
Solo Nu	1,5 a	1,0 a	2,8 a
Consórcio	1,7 a	1,0 a	1,0 a
Ervilhaca	2,5 a	1,3 a	2,7 a
Trigo	2,6 a	2,0 a	1,6 a
Azevém	3,9 a	1,8 a	1,0 a
Aveia Preta	2,3 a	2,2 a	1,1 a
Aveia Branca	2,4 a	1,1 a	1,6 a
Nabo Forrageiro	2,2 a	1,0 a	2,1 a
CV (%)	70,82	93,45	133,63

^a Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Duncan ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação. **Consórcio**= Aveia preta e ervilhaca.

A tabela 6 também confirma a afirmação de Pereira et al. (2008), mostrando que em vários tratamentos não houve coerência em que a condutividade hidráulica inicia-se alta e vai diminuído em função da profundidade, esses resultados são cabíveis, principalmente, quando observamos o histórico da área experimental, onde passou por longos anos com tratamentos culturais intensivos e pisoteio animal durante o período hibernar, formando assim camadas compactadas. No milho a condutividade mais expressiva foi observada na camada de 20-30 cm no consórcio, já na soja, esta propriedade diminuiu com a sequência das camadas, exceto no trigo que a segunda camada obteve uma infiltração mais significativa. No milho, não houve diferença estatística em nenhuma das camadas analisadas. Após a soja, as camadas de 0-10 e de 10-20 apresentaram diferenças estatísticas, onde o solo nu seguido do nabo forrageiro, na camada de 0-10 foram comuns a todos os tratamentos exceto a aveia branca, que apresentou uma condutividade hidráulica muito baixa, indicando selamento na camada superficial. Na camada de 10-20 o solo nu foi o que mostrou melhor condutividade hidráulica juntamente com o trigo.

Tabela 6- Condutividade hidráulica após o cultivo do milho e soja

Tratamentos	Condutividade hidráulica (mm/h) ^a							
	Milho				Soja			
	0-10	10-20	20-30	30-40	0-10	10-20	20-30	30-40
Solo Nu	2,3 a	1,7 a	2,1 a	3,0 a	10,3 a	8,9 a	1,2 a	1,4 a
Consórcio	2,6 a	1,0 a	10,8 a	1,9 a	7,0 ab	3,5 bc	1,7 a	2,1 a
Ervilhaca	4,2 a	1,2 a	2,7 a	0,7 a	3,0 ab	1,3 c	1,5 a	1,2 a
Trigo	5,1 a	6,1 a	1,2 a	0,8 a	3,3 ab	6,1 ab	0,7 a	1,2 a
Azevém	2,0 a	1,4 a	2,2 a	1,3 a	3,1 ab	2,0 bc	1,8 a	2,3 a
Aveia Preta	4,1 a	1,0 a	3,8 a	1,0 a	4,7 ab	1,8 c	2,3 a	1,6 a
Aveia Branca	3,1 a	1,3 a	1,0 a	1,2 a	1,4 b	1,6 c	2,4 a	1,2 a
Nabo Forrageiro	2,9 a	1,2 a	1,0 a	1,6 a	8,9 a	1,6 c	2,4 a	0,6 a
CV (%)	74,45	193,51	169,46	115,01	72,83	66,99	74,86	73,41

^a Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Duncan ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação. **Consórcio**= Aveia preta e ervilhaca.

5.4 MATERIA SECA DAS PLANTAS DE COBERTURA

A quantidade de material orgânico acumulado é o que vai manter o solo protegido contra fatores como vento, impacto da gota da chuva, mantendo a umidade do solo elevada por mais tempo mas a relação C/N de cada planta de cobertura influencia diretamente no tempo que esses resíduos permanecerão agindo como camada protetora. Como apresentado na Tabela 7 a ervilhaca foi a cultura menos eficiente em produção de material acumulado, bem como o azevém, propiciando que o solo ficasse exposto a todas as intempéries do clima e também proporcionando assim pouca quantidade de nutrientes para as culturas sucessoras.

Tabela 7- Teor de matéria seca das plantas de cobertura

Tratamento	Matéria Seca (Kg.ha ⁻¹)
Consórcio	5466,67 b
Ervilhaca	2658,67 d
Trigo	4990,67 bc
Azevém	2998,67 cd
Aveia Preta	4794,67 bc
Aveia Branca	4485,33 bcd
Nabo Forrageiro	9329,22 a
CV %	21,22

Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Duncan ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação. **Consórcio**= Aveia preta e ervilhaca.

Já o nabo forrageiro foi à cultura que apresentou maior teor de matéria seca, superior até mesmo a dados apresentados por Araújo (S.d.), que afirmam que a produção de massa seca desta cultura varia de 3,5 a 8 toneladas, propiciando cobertura ao solo até a estabilização da cultura sucessora, impedindo que o solo sofresse impacto da chuva e do vento, impedindo também a emergência de plantas invasoras. A produção de massa seca (MS) da aveia preta apresentou-se dentro das especificações da capacidade de produção, não foi baixa, nem superou seu potencial. O consórcio contribui com um bom aporte de material orgânico para o solo, seguido do trigo e das aveias preta e branca que apresentaram quantidades bem semelhantes.

5.5 TEOR DE CLOROFILA NA FOLHA

O teor de clorofila é um indicativo da saúde das plantas, que é estabelecido em função da proporção de nitrogênio absorvida pela planta (FALKER, S.d.), na Tabela 8 estão expressos os resultados instantâneos obtidos pelo Clorofilog, nos estádios vegetativos V3 e V6, tanto para o milho como para a soja. Dados os resultados são considerados extremamente baixos para o estágio vegetativo, indicando que a nutrição mineral de N não foi suficiente para expressar índices de clorofila adequados para o estágio vegetativo, o qual COSTA et al (2012) sugere valores adequados para o ICF em torno de 59,5 a 62,5 para a cultura do milho. A deficiência de N, na cultura da soja, causa perda de coloração nas folhas, podendo passar desde verde-escuro até amarelas, isso ocorre geralmente quando a semente não é inoculada ou em solos que ainda não foram cultivados com essa leguminosa (NOGUEIRA et al, 2015). Na cultura da soja, o tratamento com trigo como planta de cobertura foi o que respondeu melhor ao índice de clorofila quando comparado com a ervilhaca e o consórcio. Ambos não diferiram dos demais tratamentos em V3, e em V6 os tratamentos não diferiram entre si.

Tabela 8- Teor de Clorofila do Milho e Soja nos estádios vegetativos V3 e V6

Tratamentos	Clorofila			
	Milho		Soja	
	V3	V6	V3	V6
Solo Nu	27,76 c	43,50 a	25,20 ab	34,54 a
Consórcio	29,58 bc	42,26 a	24,92 b	34,79 a
Ervilhaca	31,30 ab	41,35 a	25,01 b	34,74 a
Trigo	31,50 ab	43,47 a	27,62 a	34,79 a
Azevém	31,25 ab	44,59 a	25,93 ab	34,37 a
Aveia Preta	32,59 ab	41,88 a	26,07 ab	34,04 a
Aveia Branca	33,67 a	42,35 a	25,26 ab	34,08 a
Nabo Forrageiro	31,54 ab	44,23 a	26,26 ab	34,11 a
CV (%)	6,01	4,23	5,17	3,45

Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Duncan ($p < 0,05$); **CV**= coeficiente de variação. **Consórcio**= Aveia preta e ervilhaca.

5.6 PESO DE MIL GRÃOS

O peso de mil grãos para o milho apresentou valores superiores aos encontrados por WOLSCHICK (2014), para o solo nu, aveia preta, nabo forrageiro, ervilhaca. O mesmo, também ocorreu para soja. Para SILVA (2015), o peso de mil grãos pode ser afetado pelo manejo bem como pela cultivar analisada. Para soja os valores variam de 144 a 220 g/1000grãos, com o valor médio de 170 g/1000grãos. Para a cultura da soja foram obtidos valores acima da média para todos os tratamentos, onde o tratamento mais expressivo foi o do trigo, logo, seguido do solo nu (Tabela 9).

Tabela 9- Peso de mil grãos- Milho e Soja

Tratamentos	Peso de mil grãos (g)	
	Milho	Soja
Solo Nu	268,62 a	200,83 a
Consórcio	264,96 a	197,58 a
Ervilhaca	272,99 a	183,08 a
Trigo	276,12 a	204,17 a
Azevém	271,95 a	178,72 a
Aveia Preta	265,76 a	193,09 a
Aveia Branca	262,66 a	181,25 a
Nabo Forrageiro	286,46 a	183,00 a
CV (%)	9,1	8,75

Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Duncan ($p < 0,05$); **CV**= coeficiente de variação. **Consórcio**= Aveia preta e ervilhaca.

5.7 PRODUTIVIDADE

O Rio Grande do Sul é o segundo maior produtor de milho no Brasil, a produtividade média do milho, a nível nacional, foi de 80,8 kg.ha⁻¹ (IBGE, 2016). A tabela 10 apresenta a produtividade do milho e soja após as plantas de cobertura, onde a menor produtividade, depois do milho, foi apresentada no solo nu, de 81,2 sc.ha⁻¹, indicando que as plantas de cobertura influenciam sim a produtividade das culturas em sucessão, ciclando e disponibilizando os nutrientes em função de alguns fatores como relação C/N, umidade do solo, temperatura, entre outros, principalmente para a cultura do milho que é extremamente exigente em N. A maior produtividade foi apresentada pelo trigo que é uma gramínea a qual se decompõe mais lentamente, mantendo o solo coberto até o estabelecimento da cultura em sucessão.

A soja teve uma produtividade média, na safra de 2015/2016, para o estado do Rio Grande do Sul, terceiro maior produtor de soja, de 49,7 sc.ha⁻¹ (IBGE, 2016). Onde os melhores rendimentos foram obtidos após a ervilhaca e o solo nu respectivamente, confirmando dados da literatura que afirmam que a soja não responde a influência de plantas de cobertura. Os resultados obtidos foram bem abaixo dos apresentados na pesquisa de WOLSCHICK (2014) para o pousio, aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca, confirmando também as afirmações de SANCHEZ (2012), de que as plantas de cobertura não prejudicam a produtividade da soja, bem como, não aumentam o seu potencial produtivo. O nabo forrageiro foi o tratamento que apresentou a menor produtividade de soja.

O trigo foi o tratamento que influenciou mais significativamente a produtividade do milho, bem como foi o que apresentou melhores resultados quanto ao peso de mil grãos, tanto para o milho quanto para o cultivo da soja. Sua contribuição quanto ao material orgânico disposto sobre o solo também teve destaque entre os melhores, a condutividade hidráulica, em relação ao cultivo do milho, foi bem significativa, porém quanto a velocidade de infiltração de água no solo, apresentou redução em relação a cultura do milho quando comparada com VIB inicial para esse tratamento.

Tabela 10- Produtividade das culturas estivais

Tratamentos	Produtividade (sc.ha ⁻¹)	
	Milho	Soja
Solo Nu	81,2 c	41,4ab
Consórcio	93,6 abc	36,9 bcd
Ervilhaca	87,1bc	42,9 a
Trigo	102,9 a	39,1abcd
Azevém	91,3 abc	37,4 bcd
Aveia Preta	96,7ab	35,8 cd
Aveia Branca	94,1abc	40,1 abc
Nabo Forrageiro	99,7 ab	34,5 d
CV (%)	5,62	4,62

Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Duncan ($p < 0,05$); **CV**= coeficiente de variação. **Consórcio**= Aveia preta e ervilhaca.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação às propriedades físicas do solo os macroporos, responsáveis pela aeração e infiltração de água no solo, foi o parâmetro que mais se evidenciou em especial após o cultivo da soja. Quanto à infiltração de água no solo todos os tratamentos iniciaram com uma velocidade de infiltração básica, no mínimo, alta (15-30 mm.h-1) a até muito alta (>30 mm.h-1).

As plantas de cobertura condicionam melhor o solo. Embora nem sempre os resultados esperados na pesquisa tenham êxito, é necessário investir em processos que melhorem as condições físicas, químicas e biológicas do solo, pois, para que o ciclo de produtividade continue a progredir, é necessário não somente a exploração desse solo e sim condicioná-lo a modo que ele venha a ser, com o passar do tempo, sustentável para o sistema de produção. Porém, pesquisas já consagradas, afirmam que para começarmos a ter resultados sobre as influências das plantas de cobertura, se faz necessário, no mínimo, cinco anos de pesquisa.

Desta forma acredito que a pesquisa se faz cada vez mais necessária quanto a contribuição para comprovar e analisar quais as plantas de cobertura se adequam melhor em cada sistema produtivo. É necessário também conhecer minuciosamente cada processo da cultura, vantagens e desvantagens, propósito de cultivo. Quanto mais informações técnicas para que se possa realizar um planejamento do sistema de cultivo viabilizando menor custo de produção e tendo como meta melhores produtividades. Assim, melhor será o sistema de produção.

A sustentabilidade do sistema produtivo não se dará em um ano. Serão processos de longo prazo. Porém para que as áreas cultivadas não venham sofrer processos de erosão e/ou compactação se faz necessário analisar alternativas que podem até ter um custo inicial mais elevado, mas que proporcionarão benefícios ao solo influenciando toda cadeia produtiva.

Culturas como o trigo, inicialmente podem ser uma excelente alternativa como planta de cobertura hiberna, além de ser uma opção de duplo propósito e ainda proporcionar bom aporte de material orgânico para o solo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, P. M. Nabo forrageiro rotação de cultura rotação de cultura e bicompostível. Área de melhoramento e genética-IAPAR. Rural Sementes. S.d.
- BOAKOWICZ, Graziane. Nabo forrageiro como método biológico para a descompactação do solo. **Revista Ciências Agrárias**. UFRGS. 2007.
- BORTOLINI, C. G. et al. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:897-903, 2000.
- CÂMARA, G. **INTRODUÇÃO AO AGRONEGÓCIO SOJA**. Departamento de Produção Vegetal - USP/ESALQ. 2015.
- CARVALHO, M. A. C. et al. Soja em sucessão a adubos verdes em solo de Cerrado. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.39, n.11, p.1141-1148, nov. 2004.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Hidrologia**. Agosto. 2006
- COLUSSI, J. Produtores gaúchos apostam em dois cultivos na safra de verão. Chiapetta e Horizontina- RS. ZH. **Campo e Lavoura**. 20. Jan. 2015
- CORDEIRO, M. A. S.; CORÁ, J. A.; NAHAS, E. Atributos bioquímicos e químicos do solo rizosférico e não rizosférico de culturas em Rotação no sistema de semeadura direta. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:1794-1803. 2008.
- COSTA et al., N. R. **Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.8, p.1038-1047, ago. 2012.
- CUBILLA, M. M. A. et al. **Plantas de cobertura do solo em sistema plantio direto – uma alternativa para aliviar a compactação**. 2001.
- DENEZ, M., GASPARIN, R. **Utilização de coberturas nos sistemas de produção**. MONSOY. Technology development- MONSANTO.
- DONEDA, A. **Plantas de cobertura de solo consorciadas e em cultivo solteiro: decomposição e fornecimento de nitrogênio ao milho**. Dissertações. Santa Maria, RS, Brasil. 2010.
- DRESCHER, M. **Efeito residual de intervenções mecânicas para descompactação do solo manejado sob sistema plantio direto**. Santa Maria, RS. 2011.
- EMATER-RS. **EMATER-RS eleva projeção da safra de soja no estado**. 29 de abril de 2016. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/soja/emater-rs-eleva-projecao-safra-soja-estado-61856>>. Acesso em: 07/06/2017. 23:43.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF. 2006.

FABIAN, A. J. **Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação.** Jaboticabal, 2009.

ESPÍNDOLA, J. A. A, GUERRA, J. G. M. E ALMEIDA, D. L. **Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável.** Seropédica, RJ. Dezembro/1997.

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: O crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011 Pág.1

FONTANELI, R. S. et al. **Gramíneas forrageiras anual de inverno.** Ilpf- integração lavoura- pecuária- floresta. Cap. 4. S.d.

GODOY, C. V. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, V.1, N.2, p.18-24. 2001.

GUIMARÃES, G. L. et al. Efeitos de culturas de verão e de inverno na implantação do plantio direto. **ActaSci. Agron.** Maringá, v. 28, n. 4, p. 471-477, Oct. /Dec., 2006.

GUBIANI, P. I. et al. Relação entre densidade do solo e conteúdo de água em repetidos ciclos de contração e expansão em um latossolo. **R. Bras. Ci. Solo** 39:100-108, 2015.

HEINRICHS, R. **Porosidade do solo.** Universidade Estadual Paulista- Campus de Dracena. Curso de Zootecnia- Disciplina de Solos. Sd.

IBGE. **Levantamento Sistemático da produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil /** Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. - Jan. 1975-jul. 1989; v.1, n.1 (ago. 1989) - Rio de Janeiro: IBGE. 1975. 2016.

INSTITUTO AGRONÔMICO. **Fixação biológica do nitrogênio atmosférico.** 1999.

FALKER. **Clorofilog: Medidor eletrônico do teor de clorofila.** Falker automação agrícola. Porto Alegre- RS. S.d.

GUBIANI, P. I. et al. Relação entre densidade do solo e conteúdo de água em repetidos ciclos de contração e expansão em um latossolo. **R. Bras. Ci. Solo**, 39:100-108, 2015.

JUNIOR, A. A. B. et al. Estratégias de uso do solo no inverno e seu efeito no milho cultivado em sucessão. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v.17, n.1-4, p.94-107, jan-mar, 2011.

LOPES, V., NOGUEIRA, A., FERNANDES, A. **Cultura de azevém anual.** Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Ficha técnica 53. Edição on-line 2006.

MAROCHI, A. I. **Plantio Direto: Sistema em equilíbrio.** MONSANTO.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 42p. 1961.

NOGUEIRA et al, P. D. M. Clorofila foliar e nodulação em soja adubada com nitrogênio em cobertura. **Gl. Sci. Technol.**, v. 03, n. 02, p.117 – 124, mai/ago. 2010.

NUNES, A. S. **Adubos verdes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo sob plantio direto**. Seminário: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1375-1384, out./dez. 2011.

PEQUENO, P. L. L. **Noções básicas de uso e manejo de solo**. Porto Velho-RO: EDUFRO, 2013. 59 p.

PEREIRA, T. I. et al. **Condutividade Hidráulica Saturada e propriedades físicas do solo em área de pastagem degradada em Argissolo na Depressão Central do RS**. Grupo de física do solo da UFSM. 2008.

PIZZANI, R. **Atributos do solo e desempenho da cultura do milho sob diferentes alturas de massa de forragem pós-pastejo**. Santa Maria- RS. 2012. 107 p.

POTT, C. A., ROSIM, D. C. & MARIA, I.C. **Velocidade de infiltração de água no solo**. Informações técnicas. O agrônomo. Campinas. 2005.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo – protótipos e teste. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.6, p.1931-1935, nov-dez, 2006.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo** – Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2006.

SANTOS, H. G. et al. **Argissolos Vermelhos**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. EMBRAPA. Brasília-DF.

SCHIMITT, C. R. et al. **Plantas de cobertura no controle de plantas daninhas em sistemas de rotação de culturas com soja e milho no sul do Piauí**. 2011.

SILVA, E. D. B. **Estimativa de produtividade da cultura da soja**. Especialista de dados agronômicos da DuPont Pioneer. 23 junho 2015.

SILVA, P. R., ARGENTA, G., SANGOI, L., STRIEDER, M. L., SILVA A. A. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **R. Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.1011-1020, mai-jun, 2006.

WEISMANN, M. **Tecnologia e Produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno**. Artigo. Disponível em: <<http://atividaderural.com.br/artigos/4fb3e56aa8c56.pdf>>. Acesso em: 03/04/2017.

WOLSCHICK, N.H. **Desempenho de plantas de cobertura e influência nos atributos do solo e na produtividade de culturas em sucessão**. Lages, 2014. 93 p.