

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CAMPUS DE FREDERICO WESTPHALEN – RS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA:  
AGRICULTURA E AMBIENTE**

**Isaura Luiza Donati Linck**

**PLANTAS DE COBERTURA DE OUTONO/INVERNO E SUAS  
RELAÇÕES COM A CULTURA DA SOJA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Frederico Westphalen, RS  
2019**

**Isaura Luiza Donati Linck**

**PLANTAS DE COBERTURA DE OUTONO/INVERNO E SUAS RELAÇÕES COM A  
CULTURA DA SOJA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Luis Santi

Frederico Westphalen, RS  
2019

Ficha catalográfica elaborada através do Programa Automática da Biblioteca Central da UFSM, com dados fornecidos pela autora.

LINCK, ISAURA LUIZA DONATI  
PLANTAS DE COBERTURA DE OUTONO/INVERNO E SUAS RELAÇÕES  
COM A CULTURA DA SOJA / ISAURA LUIZA DONATI LINCK.-  
2019.  
56 p.; 30 cm

Orientador: ANTÔNIO LUIS SANTI  
Coorientador: JACKSON ERNANI FIORIN  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós  
Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, RS, 2019

1. AGRICULTURA DE PRECISÃO 2. ADUBAÇÃO VERDE 3.  
COMPACTAÇÃO DO SOLO 4. PRODUÇÃO I. SANTI, ANTÔNIO LUIS  
II. FIORIN, JACKSON ERNANI III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

---

© 2019

Todos os direitos autorais reservados a Isaura Luiza Donati Linck. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

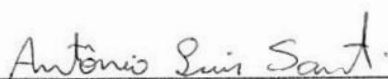
Endereço: Linha Sete de Setembro s/n – BR 386, Km 40. CEP 98400-000 – Frederico Westphalen, RS, Brasil. Endereço eletrônico: isauralinck@hotmail.com

Isaura Luiza Donati Linck

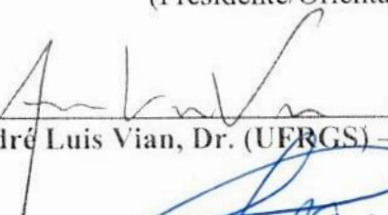
**PLANTAS DE COBERTURA DE OUTONO/INVERNO E SUAS RELAÇÕES COM A  
CULTURA DA SOJA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

Aprovado em 28 de agosto de 2019:



\_\_\_\_\_  
**Antônio Luis Santi, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)



\_\_\_\_\_  
**André Luis Vian, Dr. (UERGS) – (Videoconferência)**



\_\_\_\_\_  
**Gizelli Moiano de Paula, Dra. (UFSM)**

Frederico Westphalen, RS  
2019

Aos amores da minha vida, meus maiores  
incentivadores e melhores amigos, PAI e  
MÃE.

**DEDICO...**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu forças pra chegar até aqui, e aos meus anjos, vovó Isaura e vovó Irma, que sei que estiveram e estarão comigo para sempre, me guiando e protegendo-me.

Agradeço imensamente aos meus pais, Luiz e Ieda, por serem os melhores pais e amigos do mundo, além de meus maiores incentivadores durante este percurso, sou muito grata por terem me proporcionado estar aqui, em todos os sentidos. Obrigada por acreditarem que eu queria viver. Se estou hoje aqui, é por vocês e pra vocês. Obrigada.

Ao Júlio Linck, por ser o melhor irmão que alguém pode ter, e ter me ajudado nos poucos dias de férias que estive no RS.

Obrigada por tudo.

Ao professor Dr. Antônio Luis Santi, pela credibilidade e confiança em mim depositadas. Pelas orientações, e pela oportunidade em fazer parte de um grupo de pesquisa tão unido, legal, esforçado e capaz como é o LAPSul, assim como minha inserção na UFSM.

Ao professor Dr. Jackson E. Fiorin, por ter aceito me Co-orientar. Pela amizade, paciência, ajuda e orientações para com minha dissertação e comigo. Agradeço também pelos conselhos e por ter me apoiado e incentivado, quando tudo parecia impossível.

A Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, através do PPGAAA- Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Agricultura e Ambiente pela oportunidade a mim dada de adquirir maiores conhecimentos e titulação na área de Agricultura de Precisão, a todos os professores que tive oportunidade de conviver e obter seus sábios ensinamentos.

Aos meus colegas, amigos e companheiros do Laboratório de Agricultura de Precisão do Sul (LAPSul), pela convivência, ajuda, parceria e amizade durante meu tempo em Frederico Westphalen e mestrado, os terei pra sempre em meu coração.

Agradeço a todos os amigos de Frederico Westphalen, por tornarem o estar longe de casa, mais fácil, e terem feito com que eu desejasse que o tempo parasse, mesmo quando o que eu mais queria era terminar tudo de uma vez.

A minha família, por terem estado comigo sempre, nos melhores e piores momentos, em especial aos meus queridos tios Elton (*in memoriam*) e tia Ivone, pelo carinho, ligações, apoio e visitas. E minhas primas, Cristiane e Silvana, pelas palavras de incentivo e confiança sempre em mim depositadas.

Agradeço a todos, que de alguma forma torceram para que eu chegasse até aqui, acreditaram que eu seria capaz de me superar e vencer, para enfim me tornar mestre em Agronomia.

A todos fizeram parte desta caminhada, com paciência e amor, **MUITO OBRIGADA.**

*“Só há duas maneiras de viver a vida: a primeira é vivê-la como se os milagres não existissem. A segunda é vivê-la como se tudo fosse milagre.”*

(Albert Einstein)



## RESUMO

### PLANTAS DE COBERTURA DE OUTONO/INVERNO E SUAS RELAÇÕES COM A CULTURA DA SOJA

AUTOR: Isaura Luiza Donati Linck  
ORIENTADOR: Antônio Luis Santi

O aumento de demanda global por alimentos é um grande desafio para a agricultura moderna e sustentável. Como fator essencial neste processo, o solo é um recurso renovável, no entanto, o manejo inadequado do solo por meio das atividades agropecuárias pode com o tempo trazer graves consequências, exaurindo suas reservas orgânicas e minerais, transformando solos com grande potencial de produção em solos de baixa fertilidade. Nesse sentido, faz-se necessário um sistema que proporcione melhorias aos nossos solos, assim, a utilização de plantas de cobertura de solo é uma alternativa ecológica e econômica de manejar adequadamente o solo, possibilitando o equilíbrio das propriedades físicas, químicas e biológicas, que giram em torno do sistema solo-planta. Frente a esse cenário, de forma a promover o aumento da produtividade, mantendo a sustentabilidade, a agricultura de precisão (AP) assume papel de protagonista, uma vez que é tida como um conjunto de tecnologias que visa o aumento da eficiência agrônômica de produção com base no manejo diferenciado de áreas agrícolas. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a produtividade da cultura da soja em sucessão a 20 diferentes sistemas de cobertura vegetal, além de verificar a resistência a penetração (RP) do solo e analisar a resposta dos tratamentos na cultura da soja, cultivada sobre 20 formas diferenciadas de cobertura vegetal. O estudo foi conduzido em uma área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, localizada no município de Frederico Westphalen – RS, durante dois anos agrícolas (2017/2018 e 2018/2019). Foram utilizados 20 tratamentos, sendo eles 11 *Blends* de plantas de cobertura, 9 espécies “solteiras” e pousio invernal. Analisou-se a massa seca dos tratamentos, produtividade e demais componentes de rendimento da cultura da soja, além da verificação da resistência à penetração (RP) do solo, em três diferentes épocas. Por fim, a pesquisa buscou verificar uma correlação entre o que se analisou com a produtividade da cultura da soja. Os resultados demonstraram-se não significativos estatisticamente, nestes dois primeiros anos, para a maioria das variáveis analisadas.

**Palavras-chave:** Plantas de cobertura. Consórcios. *Glycine max*. Produtividade.

## ABSTRACT

### AUTUMN / WINTER COVERAGE PLANTS AND THEIR RELATIONS WITH SOYBEAN CROP

AUTHOR: Isaura Luiza Donati Linck  
ADVISOR: Antônio Luis Santi

Increasing global demand for food is a major challenge for modern and sustainable agriculture. As an essential factor in this process, the soil is a renewable resource, however, improper soil management through agricultural activities can over time bring serious consequences, depleting its organic and mineral reserves, turning soils with great production potential into soils. low fertility. In this sense, it is necessary a system that provides improvements to our soils, so the use of soil cover plants is an ecological and economical alternative to properly manage the soil, enabling the balance of physical, chemical and biological properties, which revolve around the soil-plant system. Faced with this scenario, in order to promote productivity increase while maintaining sustainability, precision agriculture (PA) plays a leading role, since it is considered as a set of technologies aimed at increasing the agronomic efficiency of production with differentiated management of agricultural areas. The objective of this research was to evaluate the yield of soybean crop in succession to 20 different vegetation cover systems, as well as to verify the penetration resistance (RP) of the soil and to analyze the response of treatments in soybean crop grown in 20 different ways. of mulch. The study was conducted in an experimental area of the Federal University of Santa Maria, located in Frederico Westphalen - RS, during two agricultural years (2017/2018 and 2018/2019). Twenty treatments were used, being 11 cover plant blends, 9 "single" species and winter fallow. The dry mass of the treatments, yield and other yield components of the soybean crop were analyzed, and the penetration resistance (PR) of the soil was verified at three different times. Finally, the research sought to verify a correlation between what was analyzed with soybean crop yield. The results were not statistically significant in the first two years for most of the variables analyzed.

**Keywords:** Hedging plants. Consortia. *Glycine max*. Productivity.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Componentes de rendimento da cultura da soja, no primeiro e segundo ano experimental, safras 2017/18 e 2018/19 .....  
38

Tabela 2 - Resistência à penetração mecânica, avaliada na época 1 com auxílio de penetrômetro digital, em um Latossolo Vermelho distrófico, em diferentes sistemas de manejo de cobertura de inverno (20 sistemas (11 consórcios de plantas de cobertura, 8 espécies solteiras e Pousio invernal) – valores em KPa – Frederico Westphalen - RS. Teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) ... 41

Tabela 3 - Resistência à penetração mecânica, avaliada na época 2 com auxílio de penetrômetro digital, em um Latossolo Vermelho distrófico, em diferentes sistemas de manejo de cobertura de inverno (20 sistemas (11 consórcios de plantas de cobertura, 8 espécies solteiras e Pousio invernal) – valores em KPa – Frederico Westphalen - RS. Teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) ... 42

Tabela 4 - Resistência à penetração mecânica, avaliada na época 3 com auxílio de penetrômetro digital, em um Latossolo Vermelho distrófico, em diferentes sistemas de manejo de cobertura de inverno (20 sistemas (11 consórcios de plantas de cobertura, 8 espécies solteiras e Pousio invernal) – valores em KPa – Frederico Westphalen - RS. Teste de Scott-Knott (p < 0,05).....  
43

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Laudo da análise completa de solo, realizada em 2018, nas camadas de 0 a 0,20 metros de profundidade ..... 25
- Figura 2 – Localização geográfica da área experimental utilizada no estudo ..... 26
- Figura 3 – Temperaturas médias do ar e precipitações pluviométricas ocorridas durante o período experimental (Ano 1 (A) e 2 (B)) ..... 29
- Figura 4 – Condições climáticas (temperaturas e precipitações pluviométricas) constatadas durante o período de avaliação de Resistencia à penetração (RP), realizada em 3 épocas distintas de RP: E1 (pré-semeadura da cultura da soja); E2 (pleno florescimento da cultura da soja) e E3 (pós colheita da cultura da soja), realizada no segundo ano experimental (2018/19) ..... 31
- Figura 5 – Produtividade de massa seca das plantas de cobertura solteiras, consorciadas e pousio invernal nos anos de 2017 (A) e 2018 (B), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade .. 34
- Figura 6 – Produtividade da cultura da soja Safra 2017/2018 (A) e Produtividade da Cultura da Soja safra 2018/2019, em kg ha<sup>-1</sup>, pelo teste de Scott-Knott..... 37
- Figura 7 – Umidade gravimétrica, avaliada em três épocas (A – Época 1, B – Época 2 e C Época 3), de um Latossolo Vermelho distrófico, sob diferentes sistemas de manejo de cobertura de inverno (20 sistemas (11 consórcios de plantas de cobertura, 8 espécies solteiras e Pousio invernal), tendo como culturas de verão antecessoras soja, pelo teste de Scott-Knott (p < 0,05)..... 45

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Descrição da composição dos tratamentos e quantidade de sementes utilizadas  
para a pesquisa ..... 27

**LISTA DE APÊNDICES**

Apêndice A – Croqui da área experimental, composta por 900 m <sup>2</sup> (60 x 15 m) .....	56
---	----

**LISTA DE ABREVEATURAS E SIGRAS**

AP	Agricultura de Precisão
BLEND	Mistura
CC	Capacidade de campo
cm	Centímetros
kg ha <sup>-1</sup>	Quilos por hectare
m	Metros
mm <sup>-1</sup>	Milímetros
BLEND	Consórcio
MO	Matéria orgânica
MS	Massa seca
RP	Resistência à Penetração
T	Tratamentos
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
2.1 CULTURA DA SOJA .....	18
2.2 SISTEMA PLANTIO DIRETO .....	18
2.3 QUALIDADE DO SOLO .....	19
2.4 ROTAÇÃO DE CULTURAS .....	20
2.5 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO .....	21
2.6 PLANTAS DE COBERTURA/CONSÓRCIOS DE PLANTAS DE COBERTURA.....	23
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA ESTUDADA .....	25
3.2 DADOS DO EXPERIEMNTO .....	26
3.3 DADOS CLIMÁTICOS .....	28
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>32</b>
4.1 PRODUÇÃO DE MASSA SECA DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS DE COBERTURA .....	32
4.2 PRODUÇÃO E COMPONENTES DE RENDIMENTO DA CULTURA DA SOJA.....	35
4.3 RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO DO SOLO .....	40
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>47</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>50</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>56</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O sistema de plantio direto (SPD) é um manejo conservacionista do solo, eficiente na otimização dos recursos naturais disponíveis, e que contribui para minimizar os impactos do cultivo sobre o ambiente, pela redução da erosão do solo e da lixiviação, também contribuir com o sequestro do carbono no solo (SILVA et al., 2009; SCOPEL et al., 2005), além dos benefícios gerados pela manutenção das plantas sobre o solo.

O solo trata-se de um recurso renovável, ou seja, o solo é um elemento natural que pode ser por diversas vezes utilizado pelo ser humano em suas atividades produtivas, embora a má utilização e a não conservação dos solos façam com que eles se tornem degradados e pouco produtivos (PENA, S/D). Duarte, et al., (2014), apontam que o manejo inadequado do solo por meio das atividades agropecuárias pode com o tempo trazer graves consequências, exaurindo suas reservas orgânicas e minerais, transformando solos com grande potencial de produção em solos de baixa fertilidade.

No entanto, como solução Souza et al., (2008), propõem que a utilização de plantas de cobertura de solo é uma alternativa ecológica e econômica de manejar adequadamente o solo, possibilitando o equilíbrio das propriedades físicas, químicas e biológicas, que giram em torno do sistema solo-planta.

Coelho (2014), afirma que as plantas de cobertura, no sistema de plantio direto, contribuem para o sombreamento do solo, inibindo a germinação de sementes e a infestação de plantas daninhas, aumento de matéria orgânica e redução dos problemas com erosão. Portanto, as plantas de cobertura tornam-se parte essencial para o sucesso do SPD (QUEIROZ et al., 2010).

Pensando na melhoria do solo, com relação aos atributos biológicos, surgem como alternativa o uso de consórcio entre plantas de cobertura, que são utilizadas como adubos verdes, principalmente entre gramíneas, leguminosas e crucíferas, de forma que afetam as diferentes populações de organismos constituintes da biota do solo, por criarem um micro habitats favorável e sítios de refúgios, além do fato dos resíduos vegetais servirem como fonte de energia e nutrientes para os organismos do solo (BADEJO et al., 2002; MERLIN et al., 2005) (apud DUARTE; et al., (2014)).

Fiorin, (2007), afirma que a consorciação de gramíneas com espécies não gramíneas (leguminosas e crucíferas), quando bem manejada, oferece uma eficiente cobertura do solo e proporciona excelentes resultados nas culturas subsequentes.

As Hipóteses deste trabalho são:

1ª - Os sistemas mais diversificados (*blend* de plantas) proporcionam maior produtividade na cultura da soja em comparação com plantas solteiras;

2ª - Dentre os consórcios, os tratamentos com maior diversidade de espécies proporcionam maior produtividade à cultura da soja;

3ª Em sistemas de cultivos solteiros em sucessão, a cultura da soja apresentará maior produtividade quando cultivadas sob leguminosas e crucíferas comparado com gramíneas.

4ª - Em sistemas onde contém leguminosas e crucíferas há uma maior resistência a penetração e infiltração de água, quando comparado a gramíneas;

5ª- Os consórcios de plantas de cobertura, *Blends*, proporcionam uma melhor infiltração de água, comparadas com sistemas solteiros.

Os objetivos específicos para esta pesquisa foram:

- Avaliar a produtividade da cultura da soja em sucessão a 20 diferentes sistemas de cobertura vegetal, sendo *blends* de plantas, plantas solteiras e pousio invernal.

- Verificar se a massa seca produzida pelos tratamentos influenciou na produtividade da cultura da soja.

- Verificar se houve influência das condições climáticas sobre a produtividade da cultura da soja.

- Verificar a resistência a penetração do solo em 20 diferentes sistemas de cobertura vegetal;

- Verificar se houve relação entre a resistência a penetração em 20 diferentes sistemas de cobertura vegetal com a produtividade da cultura da soja.

Para tanto, este trabalho objetiva, de forma geral, analisar se os sistemas mais diversificados (*blend* de plantas) proporcionam maior produtividade para a cultura da soja em comparação com plantas “solteiras” (leguminosas, crucíferas e gramíneas). Também, verificar a resistência a penetração do solo, analisando três diferentes épocas, em 20 diferentes sistemas de cobertura vegetal.

## **2 – REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 CULTURA DA SOJA**

A cultura da soja (*Glycine max L. Merrill*) destaca-se pela sua importância econômica nacional e pelo crescimento do cultivo nos últimos anos em todo território brasileiro. Na safra 2017/2018, no Brasil, a área cultivada foi de 35,1 milhões de hectares, 3,7% superior à cultivada na safra anterior. A produção atingiu 118.985,5 mil toneladas, representando um aumento de 4,3% (CONAB, 2018).

Em relação ao aumento na produtividade das culturas, focando na cultura da soja, um importante contribuinte foi o sistema de plantio direto, que é um manejo conservacionista do solo, eficiente na otimização dos recursos naturais disponíveis, e que contribui para minimizar os impactos do cultivo sobre o ambiente. Isso, pela redução da erosão do solo e da lixiviação, além de contribuir com o sequestro do carbono no solo (SILVA et al., 2009; SCOPEL et al., 2005), aliado, também, com a agricultura de precisão que se propõe a aumentar a eficiência e a rentabilidade da atividade agropecuária, com base no manejo localizado, respeitando a variabilidade de solo, planta e microclima existente na área (AMADO; SANTI, 2007), aumentando, assim, a produtividade, reduzindo os custos de produção.

### **2.2 SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Conforme Fiorin (2007), no início do SPD, as melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo não se expressam no rendimento das culturas, especialmente naquelas que exigem mais nitrogênio (N), pois a redução do revolvimento resulta numa maior taxa de mineralização do N orgânico do solo (BAYER, 1996) e dos resíduos vegetais das culturas anteriores.

O sistema de plantio direto é um manejo conservacionista do solo, eficiente na otimização dos recursos naturais disponíveis, e que contribui para minimizar os impactos do cultivo sobre o ambiente, pela redução da erosão do solo e da lixiviação, além de também contribuir com o sequestro do carbono no solo (SILVA et al., 2009; SCOPEL et al., 2005).

Este sistema consiste numa técnica de manejo onde as sementes e fertilizantes são depositados em um sulco estreito, sem a preparação prévia do solo (DERPSCH e CALEGARI, 1992; SILVA et al., 2009). O sucesso do plantio direto depende, entre outras coisas, da manutenção de sistemas capazes de gerar quantidades de matéria seca suficientes

para manter o solo coberto durante todo o ano (CERETTA et al., 2002). Segundo Alvarenga et al. (2001), acima 6 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca na superfície é a quantidade suficiente para se obter adequada cobertura do solo (COELHO, 2014).

Para tanto, Fiorin (1999) destaca que as leguminosas por fixarem nitrogênio do ar em simbiose com bactérias que formam nódulos nas raízes, são recomendadas no planejamento de rotação de culturas, que, além da cobertura do solo, propiciem benefícios para as culturas sucessoras economicamente mais rentáveis. Contudo, existem plantas de outras famílias com elevada capacidade de fixar nitrogênio, como é o caso do nabo forrageiro (crucífera). Esta espécie tem-se destacado também na ciclagem de outros elementos, como é o caso do fósforo, do potássio, do cálcio e do magnésio (FIORIN, 2007).

### **2.3 QUALIDADE DO SOLO**

Solo trata-se de um recurso renovável, ou seja, o solo é um elemento natural que pode ser por diversas vezes utilizado pelo ser humano em suas atividades produtivas, embora a má utilização e a não conservação dos solos façam com que eles se tornem incultiváveis (PENA, S/D).

Pena (2019), afirma que o processo de formação dos solos é chamado de pedogênese e ocorre principalmente em razão da ação do intemperismo, sendo resultado da ação de vários elementos: água, clima, organismos vivos, relevo, tipo de rocha e o tempo de atuação desses fatores. Em função da ação conjunta dos diversos fatores, originam-se diversos tipos de solo. A decomposição das rochas por ação dos agentes físicos, químicos ou biológicos dão origem aos componentes minerais. A incorporação e a decomposição de elementos orgânicos animais e vegetais (húmus), dão fertilidade ao solo e seu mau uso causam a degradação desde bem renovável, mas no entanto, em alguns casos incultivável (MAGALHÃES, 2018).

Segundo Duarte et al., (2014), o manejo inadequado do solo por meio das atividades agropecuárias pode, com o tempo, trazer graves consequências, exaurindo suas reservas orgânicas e minerais, transformando solos com grande potencial de produção em solos de baixa fertilidade. Dessa forma, a prevenção da degradação de novas áreas, aliada à baixa fertilidade natural dos solos, tem conduzido à necessidade do uso de práticas de adição de matéria orgânica, sendo que, dentro dessas novas práticas, destaca-se a adubação verde, reconhecida como uma alternativa viável na busca da sustentabilidade dos solos agrícolas (NASCIMENTO; MATOS, 2007).

Duarte; et al., 2014, afirmam que a utilização de plantas de cobertura de solo é uma alternativa ecológica e econômica de manejar adequadamente o solo, possibilitando o equilíbrio das propriedades físicas, químicas e biológicas, que giram em torno do sistema solo-planta (Souza et al., 2008).

## **2.4 ROTAÇÃO DE CULTURAS**

Altmann (2010) afirma que a rotação de culturas consiste em uma prática pela qual se altera, de forma sustentável, o cultivo de espécies em anos sucessivos. Essa prática é imprescindível no sistema de produção em qualquer sistema de manejo do solo. No sistema plantio direto, ela expressa ainda mais o efeito de diferentes sistemas radiculares e composição da parte aérea, auxiliando na formação de diferentes ácidos orgânicos, liberados na sua decomposição e que auxiliam no restabelecimento do equilíbrio natural do solo.

A rotação de culturas é uma alternativa viável e eficiente para produzir elevada quantidade de massa pelas culturas de cobertura de solo é o consórcio entre espécies (BALBINOT JR. et al., 2008). O uso do solo no inverno com o cultivo de pastagens em sistema integração lavoura-pecuária pode proporcionar benefícios biológicos e econômicos a curto prazo (TRACY; ZHANG, 2008). Conforme Calegari (2001), o uso de consórcio ou associação de plantas, ou mesmo coquetel de plantas (2, 3 ou mais espécies) é uma solução indicada em razão de ser diversificado e reunir benefícios de diversas plantas ao mesmo tempo. A consorciação de gramíneas com espécies não gramíneas (leguminosas, crucíferas, etc), quando bem manejada, oferece uma eficiente cobertura do solo e proporciona excelentes resultados nas culturas subsequentes (FIORIN, 2007).

Fiorin (1999) destaca uma citação de Medeiros et al. (1987), para mostrar que a recuperação de solos degradados pode ser buscada por meio de cobertura vegetal com espécies que tenham facilidade de estabelecimento, rápido desenvolvimento de cobertura, agressividade para controlar invasoras e que melhorem as condições físicas do solo, bem como sua fertilidade.

Aliado a isso, associando com a rotação de culturas, vale destacar que as culturas de cobertura do solo de inverno podem melhorar a qualidade do solo (GIACOMINI et al., 2003). Além disso, a manutenção de elevada quantidade de palha sobre o solo, por meio do cultivo dessas coberturas, é fundamental para a sustentabilidade do sistema plantio direto (CERETTA et al., 2002).

Nesse sentido, Fiorin (1999) destaca que as leguminosas, por fixarem N do ar em simbiose com bactérias que formam nódulos nas raízes, são recomendadas no planejamento

de rotação de culturas, que, além da cobertura do solo, propiciem benefícios para as culturas sucessoras economicamente mais rentáveis. Vale ressaltar que existem plantas de outras famílias com elevada capacidade de fixar N, como é o caso do nabo forrageiro (crucífera). Essa espécie tem se destacado também na ciclagem de outros elementos, como é o caso do fósforo, do potássio, do cálcio e do magnésio (FIORIN, 2007).

## 2.5 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

O conhecimento espacial e temporal de atributos químicos e físicos do solo em áreas de produção agrícola têm sido um dos pressupostos básicos da agricultura de precisão (AP) (SANTI, 2007; AMADO e SANTI, 2011).

Conforme Fiorin (2007), no início do SPD, as melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo não se expressam no rendimento das culturas, especialmente naquelas que exigem nitrogênio, pois a redução do revolvimento resulta numa maior taxa de mineralização do N orgânico do solo (BAYER, 1996) e dos resíduos vegetais das culturas anteriores.

O manejo inadequado do solo, por meio das atividades agropecuárias, pode, com o tempo, trazer graves consequências, exaurindo suas reservas orgânicas e minerais, transformando solos com grande potencial de produção em solos de baixa fertilidade (DUARTE et al., 2014). Por outro lado, a adoção de sistemas conservacionistas de manejo do solo como plantio direto tem se apresentado como uma alternativa para contribuir com a sustentabilidade econômica e ambiental do agroecossistema (SILVA et al., 2000).

Conforme descrito por Doran e Parkin, 1994, Apud Carneiro et al., (2009), a qualidade dos atributos físicos, químicos e biológicos, frequentemente estudados de forma isolada, propicia condições adequadas para o crescimento e o desenvolvimento das plantas e para a manutenção da diversidade de organismos que habitam o solo.

O conceito de qualidade física do solo (QFS) engloba o conhecimento de propriedades e processos relativos à habilidade do solo em manter, efetivamente, os serviços ambientais ou serviços ecossistêmicos essenciais à saúde do ecossistema (MEA, 2005), cujo estudo é realizado por meio de indicadores físicos da qualidade do solo, responsáveis pela avaliação da sua estrutura (STEFANOSKI, 2013).

A resistência do solo à penetração é uma propriedade que integra a avaliação da compactação do solo, o conteúdo de água, a textura e os tipos de minerais da argila presentes (MARCOLIN, 2006). Silveira et al., (2010) consideram a resistência do solo à penetração a propriedade mais adequada para expressar o grau de compactação do solo e,

consequentemente, a facilidade de penetração das raízes. Por ser um atributo fortemente influenciado pelo teor de água no solo, é necessário determinar o conteúdo de água no solo no momento da utilização do penetrômetro (ARAÚJO, 2008).

Dos componentes do manejo, o preparo do solo talvez seja a atividade que mais exerce influência nos atributos indicadores da qualidade física do solo, pois atua diretamente na sua estrutura (HAMZA & ANDERSON, 2005). O conceito de qualidade física do solo (QFS) engloba o conhecimento de propriedades e processos relativos à habilidade do solo em manter efetivamente os serviços ambientais ou serviços ecossistêmicos essenciais à saúde do ecossistema (), cujo estudo é realizado através de indicadores físicos da qualidade do solo responsáveis pela avaliação da sua estrutura (MEA, 2005, apud STEFANOSKI et al., 2013).

Lima (2018) aponta que as características físicas do solo estão associadas com a infiltração, retenção e disponibilidade de água às plantas, córregos e águas de subsuperfícies, resposta ao manejo e resistência à degradação, trocas de calor e gases com a atmosfera e raízes das plantas; e que possibilita o crescimento das raízes (REICHERT; REINERT; BRAIDA, 2003).

A compactação aumenta a densidade e sua resistência mecânica (HILLEL, 1982; MORAES, 1984), mas diminui a porosidade total, o tamanho e a continuidade dos poros (HILLEL, 1982; MORAES, 1984; SMUCKER & ERICKSON, 1989). A compactação do solo pode ter efeitos benéficos, atribuídos à melhoria do contato solo-semente (SMUCKER; ERICKSON, 1989) e ao aumento da disponibilidade de água em safras secas (RAGHAVAN; MICKYES, 1983). Entretanto, a compactação excessiva pode limitar a adsorção e/ou absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e desenvolvimento do sistema radicular (SMUCKER; ERICKSON, 1989), resultando em decréscimo da produção, aumento da erosão e da potência necessária para o preparo do solo (SOANE, 1990).

Dessa forma, a prevenção da degradação de novas áreas, aliada à baixa fertilidade natural dos solos têm conduzido à necessidade do uso de práticas de adição de matéria orgânica, sendo que dentro dessas novas práticas, destaca-se a adubação verde, reconhecida como uma alternativa viável na busca da sustentabilidade dos solos agrícolas (NASCIMENTO; MATOS, 2007).

Medeiros et al. (1987), Apud Fiorin (1999) destacam que a recuperação de solos degradados pode ser buscada através de cobertura vegetal com espécies que tenham facilidade de estabelecimento, rápido desenvolvimento de cobertura, agressividade para controlar invasoras e que melhorem as condições físicas do solo, bem como sua fertilidade.

Os atributos do solo podem ser alterados em função do manejo empregado. Características como densidade do solo (Ds), resistência do solo à penetração (RP) e teor de água no solo (TAS) são importantes indicadores da qualidade física dos solos, e esta por sua vez implicará na produtividade final.

## **2.6 PLANTAS DE COBERTURA/CONSÓRCIO DE PLANTAS DE COBERTURA**

Aliado a isso, associando com a rotação de culturas, vale destacar que as culturas de cobertura do solo de inverno podem melhorar a qualidade do solo (GIACOMINI et al., 2003). Além disso, a manutenção de elevada quantidade de palha sobre o solo, por meio do cultivo dessas coberturas, é fundamental para a sustentabilidade do sistema plantio direto (CERETTA et al., 2002. *apud* BALBINOTJR., 2009).

Giacomini (2003) também afirma que as plantas de cobertura de solo constituem um importante componente em sistemas agrícolas, pois protege o solo da erosão, facilita a ciclagem de nutrientes, adiciona N ao solo via leguminosas e mantêm a umidade do solo, após seu manejo (DERPSCH et al., 1985). No entanto, vale destacar que o uso de culturas de cobertura do solo no inverno não traz benefícios econômicos imediatos, mas se constitui num investimento cujo retorno ocorre nas culturas subsequentes.

Conforme Balbinot Jr. (2009), as pesquisas em sua maioria, nos trabalhos realizados com plantas de cobertura de solo no outono/inverno, na região Sul do Brasil, têm focado o uso dessas plantas em culturas isoladas. As principais espécies estudadas são a ervilhaca comum, a aveia preta e, mais recentemente, o nabo forrageiro (AITA, 1997). Uma alternativa que permite aliar as características desejáveis dessas três espécies, ou quaisquer outras é a consorciação entre elas.

Todavia, o uso de culturas de cobertura do solo no inverno não traz benefícios econômicos imediatos, mas se constitui num investimento cujo retorno ocorre nas culturas subsequentes. Uma alternativa viável e eficiente para produzir elevada quantidade de massa pelas culturas de cobertura de solo é o consórcio entre espécies (BALBINOT JR. et al., 2008). E mais, o uso do solo no inverno com o cultivo de pastagens em sistema integração lavoura-pecuária pode proporcionar benefícios biológicos e econômicos a curto prazo (TRACY; ZHANG, 2008).

Conforme Calegari (2001), o uso de consórcio ou associação de plantas, ou mesmo coquetel de plantas (duas, três ou mais espécies) é uma solução indicada em razão de ser diversificado e reunir benefícios de diversas plantas ao mesmo tempo. A consorciação de gramíneas com espécies não gramíneas (leguminosas, crucíferas, etc), quando bem manejada,



oferece uma eficiente cobertura do solo e proporciona excelentes resultados nas culturas subsequentes (FIORIN, 2007).

Para Fiorin (2007), o uso de sistemas de culturas que utilizem plantas leguminosas de cobertura, em sucessão e/ou consorciadas com gramíneas e culturas comerciais, capazes de produzir altas quantidades de resíduos, permite aumentar o teor de carbono no solo, com consequente aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) e redução na lixiviação de cátions, além de adicionar N proveniente da fixação de N atmosférico. Assim, avaliar o desempenho da cultura principal, no caso a soja, associando está com as plantas de cobertura cultivadas antes, consorciadas ou não, a cultura da soja, é de alta relevância.

### 3 - MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

O estudo foi conduzido em uma área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, localizada no município de Frederico Westphalen – RS, a 27°21'33" S e a 53°23'40" O e altitude de 522 metros. O clima da região, segundo classificação de Maluf (2000), é subtropical com primavera úmida (ST PU) com temperatura média anual de 18,1°C e precipitação pluvial anual de 1.919 mm (Figura 2).

O relevo da região é suave ondulado e o solo presente na área experimental, foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (SANTOS et al., 2006), com textura muito argilosa.

As características químicas do solo analisadas na camada de 0 a 0,20 m (Figura 1), visando à caracterização da condição do estudo são: argila 50%; pH H<sub>2</sub>O 6,3; índice SMP 6,2; matéria orgânica 3,6%, fósforo (Mehlich-I) 6,3 mg dm<sup>-3</sup>, potássio (Mehlich-I) 158,1 mg dm<sup>-3</sup>, alumínio 0,0 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>, cálcio 8,2 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>, magnésio 4,2 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; CTC 15,9 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; saturação por base 80,6%.

Figura 1 – Laudo da análise completa de solo, realizada em 2018, nas camadas de 0 a 0,20 metros de profundidade.

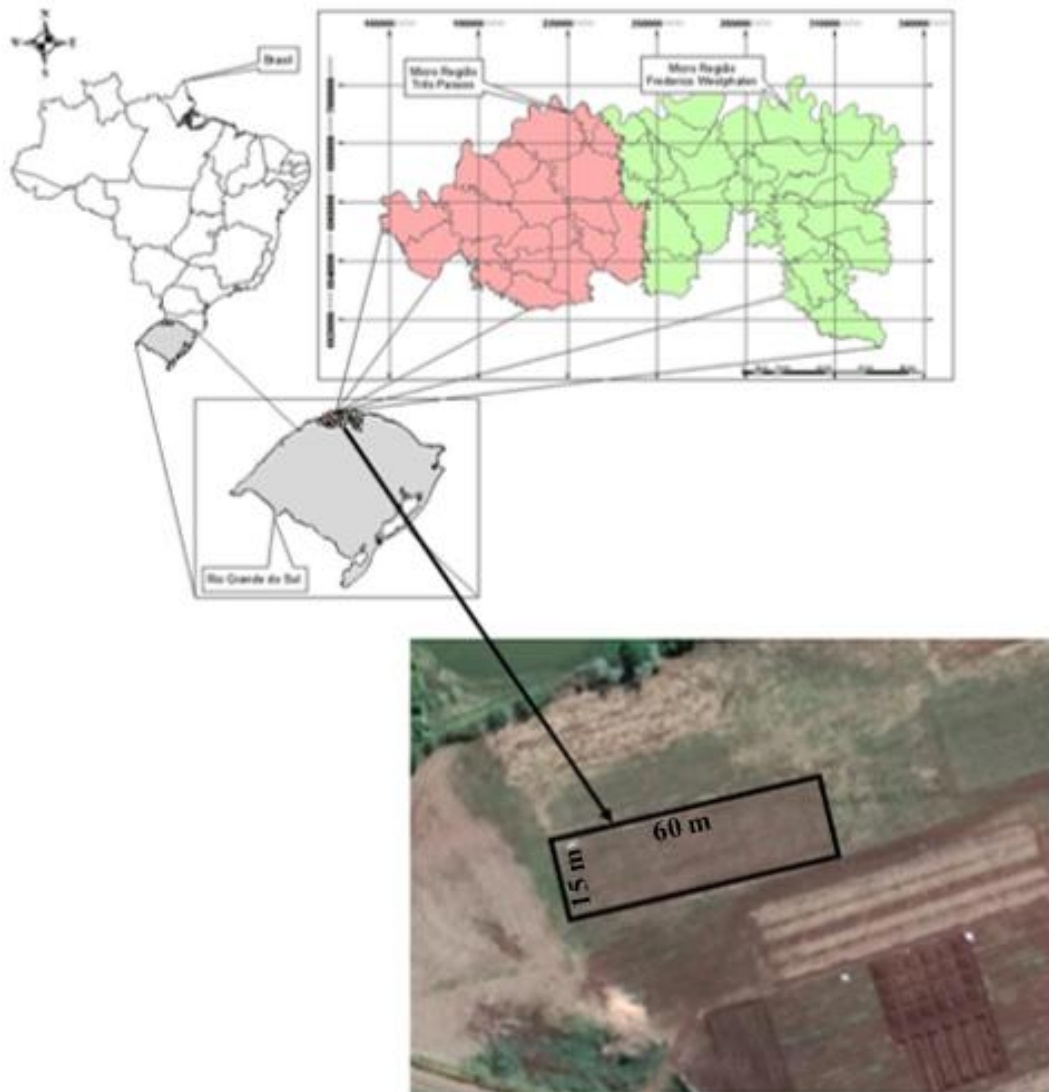
Argila %	Ph/ H <sub>2</sub> O	Índice SMP	P mg/L	K mg/L	M.O. %	Al cmol <sub>c</sub> /L	Ca cmol <sub>c</sub> /L	Mg cmol <sub>c</sub> /L
50	6,3	6,2	6,3	158,1	3,6	0,0	8,2	4,2

CTC cmol <sub>c</sub> /L	H +Al cmol <sub>c</sub> /L	% Sat. Da CTC		Relações		
		Bases	Al	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
15,9	3,0	80,6	0,0	1,9	24,1	12,5

S mg/L	Zn mg/L	Cu mg/L	B mg/L	Mn mg/L	Fe %
12,1	7,2	18,2	0,4	36,6	

(Fonte: LINCK, 2018)

| Figura 2 – Localização geográfica da área experimental utilizada no estudo.



(Fonte: (Adaptação de BREUNIG, 2012).

### 3.2 DADOS DO EXPERIMENTO

A implantação do experimento se deu concomitantemente com a semeadura das plantas de cobertura solteiras e consorciadas (tratamentos), no ano agrícola de 2017, nos dias 14 e 15 de junho. Já no segundo ano, a semeadura das mesmas plantas foi realizada no dia 26 de maio de 2018. A semeadura das plantas de cobertura fora feita de forma manual a partir de abertura das linhas de semeadura, espaçadas a 0,35 metros.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com três repetições. As parcelas foram constituídas de 15 m<sup>2</sup>, onde cada fileira era espaçada de 0,45 m, totalizando 5 m de largura e apresentavam 3,0 m de comprimento, totalizando 900m<sup>2</sup> de área total.

Os tratamentos utilizados foram: *blends* de plantas de cobertura e plantas de cobertura “solteiras” e pousio invernal, apresentadas no quadro 1. A quantidade de sementes utilizadas para cada tratamento seguiu as recomendações técnicas para cada espécie e consórcios e as proporções indicadas estão ilustradas a seguir (quadro 1):

Quadro 1 – Descrição da composição dos tratamentos e quantidade de sementes utilizadas para a pesquisa.

<b>Tratamento</b>	<b>Descrição</b>	<b>Composição</b>	<b>Quantidade Kg ha<sup>-1</sup></b>
<b>T1</b>	<i>Blend</i> de espécies	Centeio, A. P., N. F., A. B.	43
<b>T2</b>	<i>Blend</i> de espécies	A. P., Nabo, centeio	44
<b>T3</b>	<i>Blend</i> de espécies	Ervilhaca, A. P., Centeio	54
<b>T4</b>	<i>Blend</i> de espécies	Tremoço, A. P., Centeio	62
<b>T5</b>	<i>Blend</i> de espécies	Centeio, A.B., N. F., A.P.	37
<b>T6</b>	<i>Blend</i> de espécies	A. B., Ervilhaca, Centeio	46
<b>T7</b>	<i>Blend</i> de espécies	A. B., Ervilha forrageira, N. F.	42
<b>T8</b>	<i>Blend</i> de espécies	A. P., Ervilha frageira, N. F.	43
<b>T9</b>	<i>Blend</i> de espécies	Centeio, Ervilha forrageira, N. F.	52
<b>T10</b>	<i>Blend</i> de espécies	A. B., Ervilhaca, N. F.	62
<b>T11</b>	<i>Blend</i> de espécies	Tremoço, A. P., Ervilhaca	55
<b>T12</b>	Espécie “solteira”	Ervilha forrageira	90
<b>T13</b>	Espécie “solteira”	Nabo forrageiro	19
<b>T14</b>	Espécie “solteira”	Ervilhaca/ Avica	70
<b>T15</b>	Espécie “solteira”	Tremoço branco	90
<b>T16</b>	Espécie “solteira”	Centeio progresso	84
<b>T17</b>	Espécie “solteira”	Centeio Serrano	60
<b>T18</b>	Espécie “solteira”	Aveia Centauro	72
<b>T19</b>	Espécie “solteira”	Aveia Neblina	70
<b>T20</b>	Pousio invernal	-	-

\*Nota: *Blend* = mistura; A.B = Aveia Branca; A. P. = Aveia Preta; N.F. = Nab Forrageiro.

Os tratos culturais realizados nas plantas de coberturas foi basicamente o controle de plantas daninhas, realizado de forma manual, considerando que os tratamentos eram compostos por diferentes espécies de plantas, não sendo possível, assim, um controle químico para todos os tratamentos, com exceção do pousio invernal no qual não se aplicou nenhum controle químico ou mecânico.

No pleno florescimento das plantas de cobertura, foram coletadas plantas para quantificação da matéria seca (MS) em todos os tratamentos, totalizando 60 amostras; para todos foram coletados 0,25m<sup>2</sup> de área, e logo após o material fresco foi levado para a estufa, a 72°C, até as mesmas atingirem peso constante, que se deu em cerca de nove dias. Após, foi realizada a dessecação da área, utilizando N- (fosfonometil) glicina (Glifosato), Sethoxydim (Poast) e óleo mineral.

Na data de 21 de novembro de 2017 e 20 de novembro de 2018, primeiro e segundo ano de análise da produtividade da cultura da soja, bem como demais avaliações feitas no decorrer de seu desenvolvimento, realizou-se a semeadura. A cultivar utilizada foi a TMG 7262 INOX, que apresenta as seguintes características: material super precoce com PMS elevado (184 gramas médio) e combinação pioneira no mundo, tecnologia Inox com Intacta RR PRO. A cultivar pertence ao grupo de maturação fisiológica 6.2, hábito de crescimento semi-determinado.

Na cultura da soja, os tratos culturais adotados seguiram as recomendações técnicas indicadas para a cultura; na adubação de base foram utilizados 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 05-20-20 (NPK) na linha de semeadura no primeiro ano, e 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 10-20-10 (NPK) no segundo ano agrícola.

Quando a cultura da soja estava em plena maturação fisiológica, coletou-se plantas para análise dos componentes de produtividade (altura da planta, número de legumes nos ramos, número de legumes na haste, número de grãos nos ramos, número de grãos na haste, número de nós viáveis nos ramos, número de nós viáveis na haste, peso de mil sementes), sendo que para estas avaliações coletou-se dez plantas de cada parcela. Já para produtividade, foram colhidas três linhas espaçadas por 0,45m, com dois metros de comprimento, totalizando seis metros lineares.

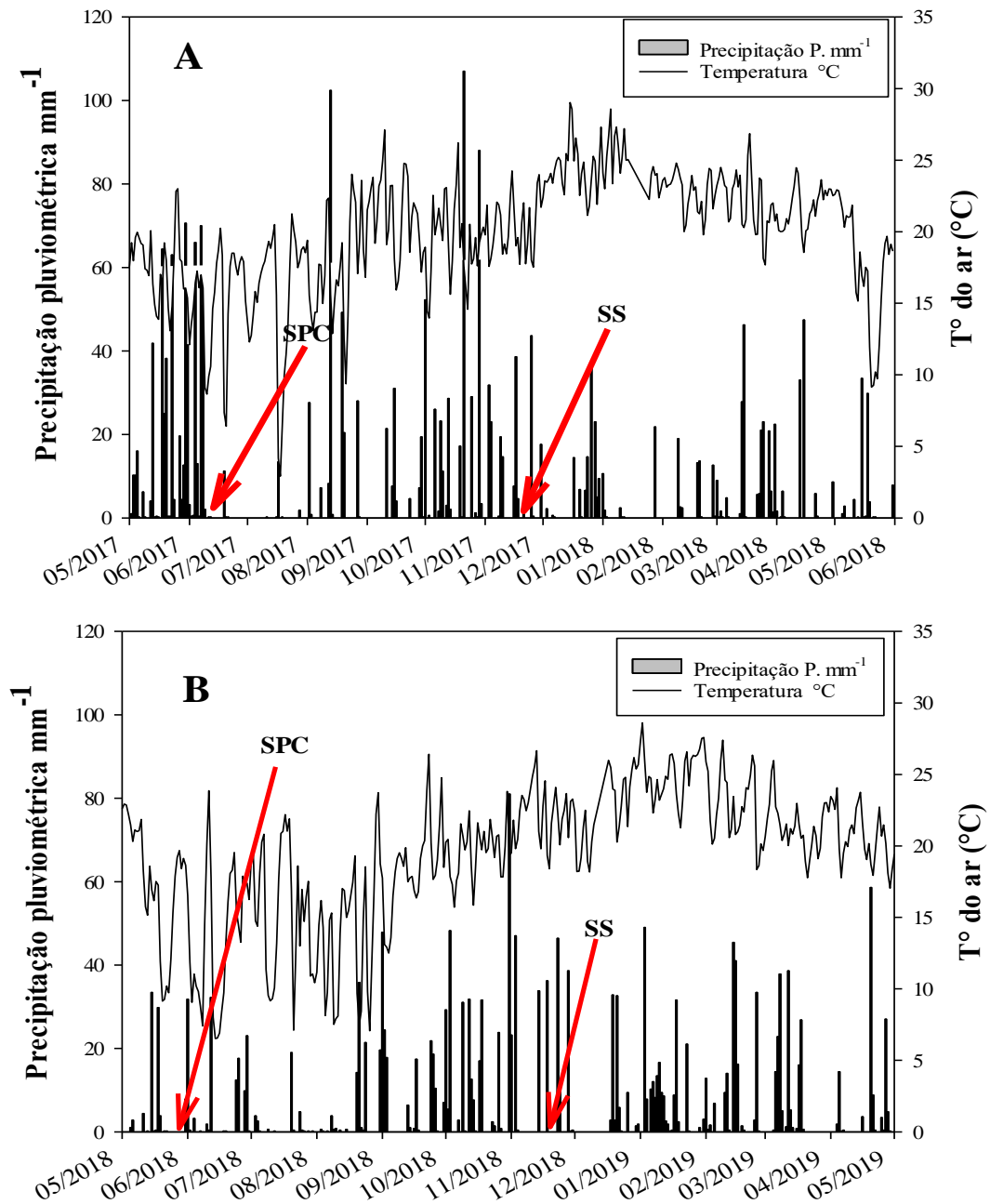
Os dados de matéria seca das plantas de cobertura, solteiras e consorciadas, produtividade e componentes de produtividade para a cultura da soja foram obtidos em dois anos agrícolas, sendo safras 2017/2018 e 2018/2019.

### 3.3 DADOS CLIMÁTICOS

As precipitações pluviométricas (mm<sup>-1</sup>) e temperaturas médias do ar (°C) ocorridas durante o período experimental, coletadas na estação meteorológica da UFSM, campus Frederico Westphalen, estão apresentados na Figura 3, que mostram desde a implantação do experimento, com as plantas de cobertura, em 2017, até a segunda e última safra observada da cultura da soja, no ano de 2019.

Nos tratamentos (T1 a T20), não se realizou nenhum manejo químico, apenas mecânico, dentre eles a capina manual. Na cultura da soja, os tratamentos fitossanitários utilizados seguiram as recomendações técnicas para a cultura, sendo: utilização de herbicidas, fungicidas e inseticidas e óleo mineral, indicados para a cultura da soja. Realizou-se três a quatro aplicações, durante o ciclo.

Figura 3 – Temperaturas médias do ar e precipitações pluviométricas médias ocorridas durante os anos agrícolas 1 (A) e 2 (B).



NOTA: SPC – Semeadura plantas de cobertura; SS – Semeadura da cultura da soja.

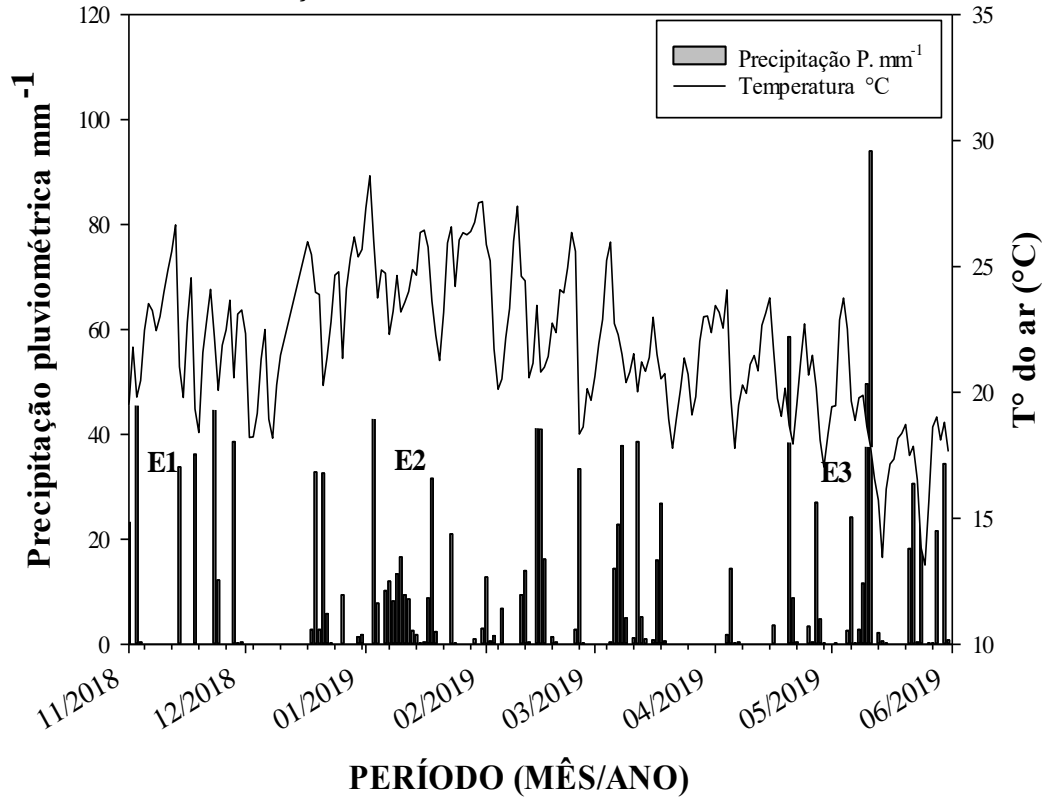
Avaliou-se em três diferentes épocas a resistência à penetração do solo, sendo: 1<sup>a</sup>: pré-semeadura (V0), realizada dia oito de novembro de 2018; 2<sup>a</sup>: pleno florescimento (R2), dia dezessete de janeiro de 2019 e 3<sup>a</sup>: pós-colheita da cultura da soja (entressafra), realizada no dia 2 de maio de 2019. Utilizou-se o equipamento Penetrolog\_(Falker).

Posteriormente a medição a campo realizou-se a determinação da umidade gravimétrica do solo, através do método padrão de estufa, uma vez que a resistência à penetração e a umidade do solo são dependentes e apresentam variação inversamente proporcional. Conforme Santos et al. (2006) é um método destrutivo, direto e muito preciso. O maior limitante deste método é o tempo necessário para obtenção do resultado, o qual se aproxima de 24 horas ou mais.

Para esta avaliação, coletou-se solo nas camadas de 0 a 60 cm de profundidade, sendo que a verificação da umidade foi feita a cada 10 cm. Após a coleta de solo, colocou-se o mesmo em recipientes de metal com aproximadamente 5 cm de diâmetro, para em seguida realizar a pesagem (50 gramas de solo de cada profundidade – 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-50; 50-60 cm) em balança de precisão, da marca Shimadzu; em seguida, as amostras foram acondicionadas em estufa a uma temperatura de 105°C, durante um período de 48 horas.

Na figura 4, são apresentadas as condições meteorológicas nas quais foram realizadas as três medições (épocas), da avaliação de resistência a penetração do solo, sendo elas: pré-plantio da cultura da soja (E1), pleno florescimento da cultura da soja (E2) e pós colheita da cultura da soja (E3). A importância desta relação do dia que se realizou tal avaliação com as condições climáticas em determinado período que antecedem a avaliação está em comprovar e constatar que se seguiu as recomendações técnicas do fabricante do equipamento Penetrolog, a qual indica fazer tal avaliação quando o solo estivesse em capacidade de campo (CC).

Figura 4 – Condições meteorológicas (temperaturas do ar e precipitações pluviométricas) durante o período de avaliação de Resistência à penetração (RP), realizada em 3 épocas distintas de RP: E1 (pré-semicolonha da cultura da soja); E2 (pleno florescimento da cultura da soja) e E3 (pós colheita da cultura da soja), realizada no segundo ano experimental (2018/19).



E1 – 1ª época da realização da Resistência à Penetração do solo (Pré-semicolonha da cultura da soja); E2 - 2ª época da realização da Resistência à Penetração do solo (Pleno florescimento da cultura da soja); E3 - 3ª época da realização da Resistência à Penetração do solo (pós-colheita da cultura da soja).

Os resultados foram submetidos à análise da variância e quando os valores de F tratamento foram significativos ao nível de 5 % de probabilidade, foram submetidos ao teste de comparação de médias Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Os gráficos foram gerados pelo programa SigmaPlot.



## 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

A importância da pesquisa aqui desenvolvida, com relação ao desempenho de plantas de cobertura, quando consorciadas, é de suma importância, considerando que ainda, este tema é um aspecto ainda pouco estudado no Brasil, restringindo-se ao consórcio entre aveia e ervilhaca (BASSO, 1999; HEINRICHS et al., 2001). Por isso, faz-se necessário ampliar o número de espécies, selecionando-se aquelas que melhor se adaptem ao cultivo consorciado, bem como estabelecer a proporção ideal de cada espécie no consórcio, visando maximizar a produção de matéria seca (MS), a adição de carbono ao solo e o acúmulo de nutrientes, principalmente de nitrogênio, fósforo e potássio.

### 4.1 PRODUÇÃO DE MASSA SECA DA PARTE AÉREA DAS PLANTAS DE COBERTURA

Com relação aos resultados obtidos, no primeiro (figura 5 A) e segundo ano (figura 5 B), para as plantas de cobertura, obteve-se diferença significativa entre as espécies de cobertura analisadas, no que diz respeito ao rendimento de massa seca da parte aérea.

A produção de MS nos dois anos experimentais, foram: Primeiro ano (2017), sob condições normais de precipitação pluviométrica e temperaturas mais elevadas, os tratamentos que melhor expressaram seu potencial foram T18 (aveia BRS Centauro), T15 (tremoço branco), T11 (RX630) e T4 (RX240). Em contrapartida, no segundo ano (2018), quando os tratamentos foram expostos a estresse hídrico e temperaturas mais baixas, os tratamentos que se sobressaíram foram os consórcios em geral (*blend* de plantas) e as duas cultivares de aveia preta (BRS centauro e neblina).

Observa-se que, no primeiro ano entre as culturas isoladas, o tremoço branco (T15) e a aveia centauro (T18) foram os que se enquadraram no primeiro grupo estatístico (A), apresentando uma produção de MS (10.234 e 10.307 kg ha<sup>-1</sup>), sendo superiores aos demais tratamentos isolados de ervilha forrageira (T12), centeio progresso (T16), centeio serrano (T17), aveia neblina (T19) e pousio (T20), os quais apresentaram uma produção de MS (5.040; 5.010; 8.633; 7.932; 7.568; 7.859 e 4.964 kg ha<sup>-1</sup>), respectivamente, bem como de todos os tratamentos consorciados (RX 110 (T1), 210 (T2), 220 (T3), 240 (T4), 310 (T5), 330 (T6), 430 (T7), 510 (T8), 520 (T9), 610 (T10) e 630 (T11), que apresentaram uma produção de MS (7.738; 8.035; 7.561; 9.546; 8.782; 7.768; 6.149; 6.438; 8.036; 8.657; 9.300 kg ha<sup>-1</sup>),

respectivamente (Figura 3 A). No primeiro ano (2017), para a variável MS, o CV (%) médio para tratamentos foi de 31.5.

No segundo ano experimental (Figura 5-B), entre as culturas isoladas, as duas cultivares de aveia, BRS Neblina (T19) e BRS Centauro (T18) foram as que se enquadraram no primeiro grupo estatístico (A), apresentando uma produção de MS (10.307 e 7.859 kg ha<sup>-1</sup>) semelhante aos consórcios RX210 (T2), RX520 (T9), RX610 (T10), RX630 (T11), RX430 (T7), RX510 (T8), RX310 (T5) e RX110 (T1), os quais apresentaram uma produção de MS (8.035; 8.036; 8.657; 9.300; 6.149; 6.438; 8.782 e 7.738 kg ha<sup>-1</sup>), respectivamente, e superior aos tratamentos isolados de ervilha forrageira (T12), centeio progresso (T16) e centeio serrano (T17), que a produção de MS foi ( 5.040; 5.010; 8.633 kg ha<sup>-1</sup>) (B) e o tremoço branco (T15), o qual ficou no último grupo estatístico (C) apresentou uma produção de MS (3.318 kg ha<sup>-1</sup>) (Figura 3-B). Apresentando um CV (%) médio de 14.6.

Embora tenham ocorrido condições climáticas não tão favoráveis como no primeiro ano, em relação a estiagem, foram observadas produções de MS da parte aérea, variando de 3.318 kg ha<sup>-1</sup> (tremoço branco) a 6.902 kg ha<sup>-1</sup> (RX210).

O desempenho de plantas de cobertura, quando consorciadas, é um aspecto ainda pouco estudado no Brasil, restringindo-se ao consórcio entre aveia e ervilhaca (BASSO, 1999; HEINRICHS et al., 2001). Nesse sentido, é necessário ampliar o número de espécies, selecionando-se aquelas que melhor se adaptem ao cultivo consorciado, bem como estabelecer a proporção ideal de cada espécie no consórcio, visando maximizar a produção de MS, a adição de carbono ao solo e o acúmulo de nutrientes, principalmente de N, P e K (GIACOMINI, 2003).

Segundo Kluthcouski et al., (2003), para a cobertura plena da superfície do solo, são necessárias cerca de 7.000 kg ha<sup>-1</sup> de MS, uniformemente distribuída. Dessa forma, no primeiro ano (2017) as produtividades obtidas pelas culturas de cobertura foram satisfatórias, pois situaram-se acima deste valor, assegurando, assim, os efeitos benéficos da palhada quanto à manutenção ou melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (DAROLT et al., 1998).

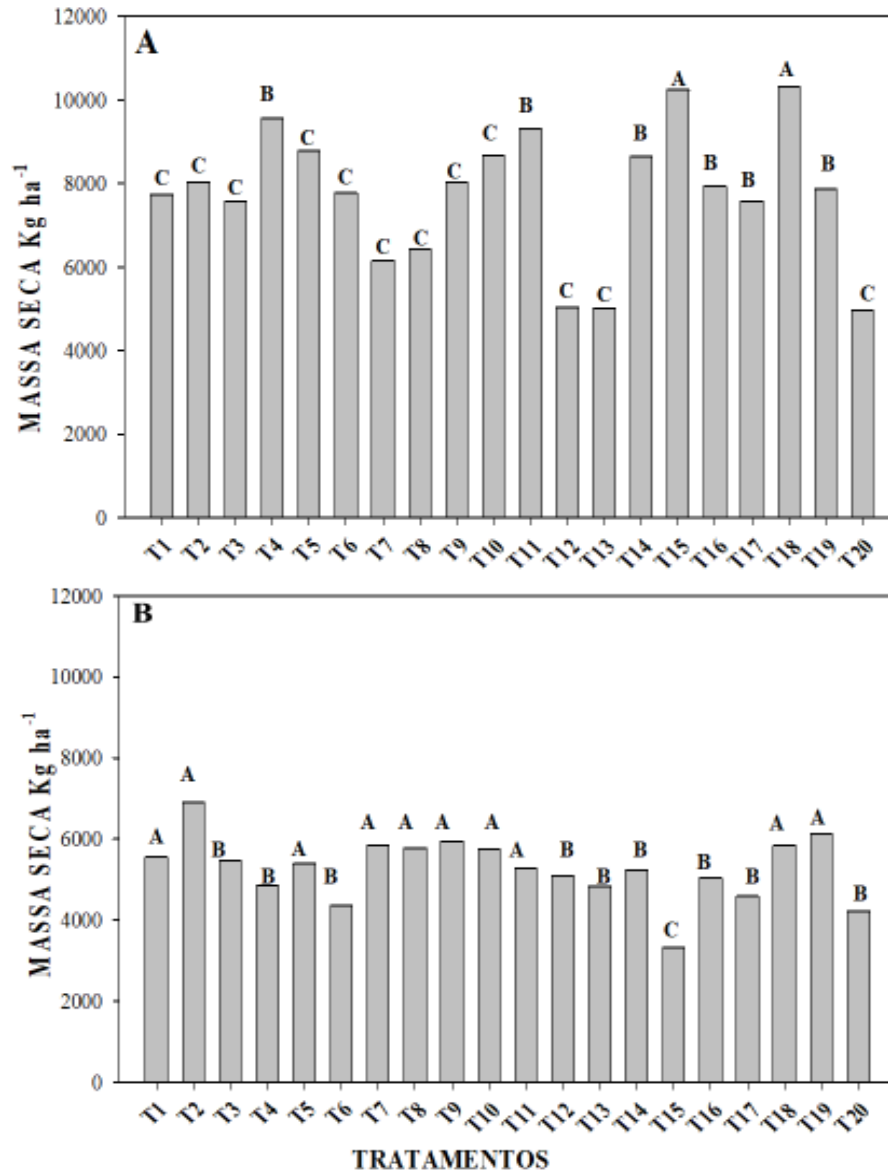
Heinrichs et al. (2001), trabalhando com diferentes densidades de aveia-preta e ervilhaca em consorciação, concluíram que a aveia-preta contribuiu com mais da metade da produção massa seca do total do consórcio no tratamento, sendo que apenas 10% da densidade era composta por aveia-preta.

A superioridade da aveia preta sobre a ervilhaca que trabalharam nas mesmas condições de solo e clima do presente estudo, confirma que a aveia preta mostra melhor

adaptação do que a leguminosa, além de apresentar a capacidade de perfilhar. Além disso, no mesmo estudo observou-se a elevada produção de MS do nabo forrageiro isolado no primeiro ano (5.530 kg ha<sup>-1</sup>), em sucessão à soja, sendo semelhante a encontrada por Derpsch et al. (1985).

Em relação ao nabo forrageiro, Derpsch e Calegari (1992) e Calegari (1998), realizaram pesquisas similares, onde constataram 3.000 kg ha<sup>-1</sup> de MS da parte aérea, quando a cultura do nabo recebeu chuvas apenas nos primeiros 30 dias após a emergência, estes resultados corroboram com os aqui descritos, onde o mesmo ocorre, no entanto com produção de massa seca um pouco superior (2017: 5010,4; 2018: 4830,8 kg ha<sup>-1</sup>). Resultados semelhantes foram obtidos por Basso (1999); segundo os resultados, a produção de MS pelo nabo após a soja foi de 5.160 kg ha<sup>-1</sup> e de apenas 3.400 kg ha<sup>-1</sup> após o milho, evidenciando que o desempenho da cultura do nabo está diretamente relacionado com o tipo de solo e com o antecedente cultural.

Figura 5 - Produção de massa seca das plantas de cobertura solteiras, consorciadas e pousio invernal nos anos de 2017 (A) e 2018 (B), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



**TRATAMENTOS**

**NOTA:** T1 – RX110 (Centeio, A. P., Nabo, A. B.); T2 - RX 210 (A. P., Nabo, centeio); T3 - RX 220 (Ervilhaca, A. P., Centeio); T4 - RX 240 (Tremoço, A. P., Centeio); T5 - RX 310 (Centeio, A.B., Nabo, A.P.); T6 - RX 330 (A. B., Ervilhaca, Centeio); T7 - RX 430 (A. B., Ervilha forrageira, Nabo); T8 - RX 510 (A. P., Ervilha forrageira, Nabo); T9 - RX 530 / RX 520 (Centeio, Ervilha forrageira, Nabo); T10 - RX 540 / RX 610 (A. B., Ervilhaca, Nabo); T11 - RX 630 (Tremoço, A. P., Ervilhaca); T12 - Ervilha forrageira; T13 - Nabo forrageiro; T14 - Ervilhaca/ Avica; T15 - Tremoço branco; T16 - Centeio progresso; T17 - Centeio Serrano; T18 - Aveia Centauro; T19 - Aveia Neblina e T20 – Pousio invernal. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma safra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott ( $p \leq 0.05$ ).

Em solos ricos em MO ou em sucessão à soja, o potencial de produção de MS parece situar-se no mesmo nível daquele da aveia. A MS total dos tratamentos envolvendo os consórcios entre aveia e ervilhaca não diferiu da aveia e do nabo em culturas isoladas. Comparando apenas os consórcios com aveia e ervilhaca, em relação à leguminosa isolada, observa-se que a produção de MS dos consórcios foi superior em 54, 20 e 76 %, nos anos de 1998, 1999 e 2000, respectivamente.- Comportamento semelhante foi relatado por Heinrichs et al. (2001) com o consórcio aveia + ervilhaca e por Ranells & Wagger (1997), em condições

de clima temperado, com os consórcios centeio (*Secale cereale* L.) + trevo encarnado (*Trifolium incarnatum* L.) e centeio + ervilhaca peluda (*Vicia villosa* Roth).

Os valores médios encontrados no primeiro ano para MS estão dentro do esperado, sendo que os valores ficaram entre 4.964 kg ha<sup>-1</sup> a 10.307 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 5-A), já no segundo ano, obteve-se uma produção de MS menor, mantendo-se entre 3.288 kg ha<sup>-1</sup> e 6.874 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 5-B), pesquisas feitas por Alvarenga et al. (2001), afirmam que a quantidade de palha sobre o solo e a uniformidade da sua distribuição podem servir de referência para uma avaliação preliminar sobre as condições nas quais o SPD está se desenvolvendo. O mesmo autor, sugere que se pode considerar que 6.000 kg ha<sup>-1</sup> de resíduos sobre a superfície seja uma quantidade adequada ao SPD, com a qual consegue-se boa taxa de cobertura do solo.

#### 4.2 PRODUÇÃO E COMPONENTES DE RENDIMENTO DA CULTURA DA SOJA

Em relação à produtividade da cultura da soja na área experimental, observada em dois anos agrícolas, sendo 1° - 2017/2018 e 2° - 2018/2019 (Figura 6), observou-se que no 1° ano (Figura 6-A), o melhor tratamento foi o T20, pousio invernal (5.102 kg ha<sup>-1</sup>); seguido do T19, Aveia Neblina (4.958 kg ha<sup>-1</sup>); T5, RX310 (4.824 kg ha<sup>-1</sup>); T7, RX430 (4.774 kg ha<sup>-1</sup>) e T6, RX330 (4.739 kg ha<sup>-1</sup>), já os considerados piores neste mesmo ano foram os tratamentos T12, Ervilha Forrageira (4165 kg ha<sup>-1</sup>); T15, Tremoço Branco (4229 kg ha<sup>-1</sup>); e T14, Ervilhaca (4280 kg ha<sup>-1</sup>).

Diferentemente do ocorrido no 1° ano agrícola, no 2° ano (Figura 6-B), o melhor tratamento observado foi o tratamento “solteiro” o qual foi composto por tremoço T15 (5.064 kg ha<sup>-1</sup>), seguido do T8, *blend* RX510 (4.926 kg ha<sup>-1</sup>); seguido do T18 (4.915 kg ha<sup>-1</sup>); T4 (4.831 kg ha<sup>-1</sup>) e T5 (4.802 kg ha<sup>-1</sup>).

Esses resultados de produção de MS, têm relação direta com as condições meteorológicas ocorridas durante todo o período que os tratamentos estavam instalados no campo (anos 1 (2017) e 2 (2018)), considerando que tanto temperatura do ar, como distribuição pluviométrica foram distintas, favorecendo o primeiro ano (2017).

A importância da cobertura vegetal no período invernal, embora inicialmente não se perceba os benefícios dos tratamentos, porém a longo prazo os benefícios e diferenças começarão a surgir. Outro tratamento que ficou entre os piores neste segundo ano foi o T13 que era composto por nabo forrageiro.

Resultados como estes reforçam a importância de, além da rotação de culturas, a quantidade de palha e a diversidade radicular, auxiliando a qualidade do desenvolvimento da cultura posterior, no caso a soja.

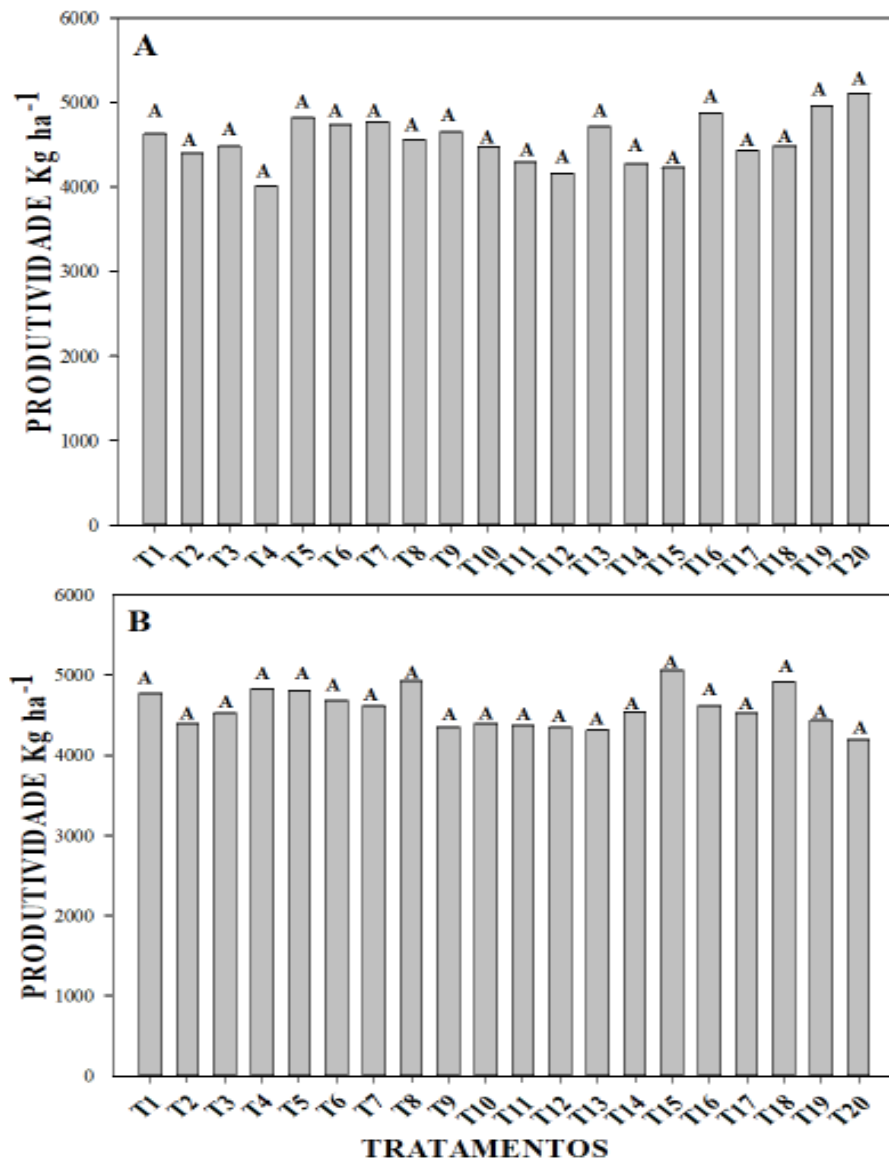
O tratamento 20, pousio invernal, não tenha se comportado como esperado, não corrobora com alguns resultados de Filho et al., (2004) e Ambrosano et al., 1997; Chaves; Calegari, 2001, os quais afirmam que o solo descoberto durante o período entressafra pode ocasionar prejuízos estrondosos na produtividade da cultura de verão, e isto com relação ao banco de sementes e também a menor quantidade de palha obtida (FILHO et al., 2004). Além de ser recomendável em sistemas que objetivem uma agricultura sustentável, visando à diversificação das atividades na propriedade (AMBROSANO et al., 1997; CHAVES & CALEGARI, 2001).

Analisando o tratamento 15, Tremoço branco, no primeiro ano ele se destacou negativamente (Figura 6-A), e já no segundo foi o que melhor expressou o potencial produtivo da cultura da soja, sendo o melhor tratamento (Figura 6-A). Isso pode ser justificado pelas condições climáticas adversas de um ano para o outro, sendo que no primeiro ano experimental constatou-se uma maior precipitação média em relação ao segundo ano, quando os tratamentos estavam no campo, neste mesmo período podemos afirmar que se observou uma temperatura média bem mais elevado no primeiro ano em comparação ao segundo. Com relação à produtividade da cultura da soja, durante seu desenvolvimento observou-se condições climáticas bem distintas de um ano para o outro também. Contudo, este comportamento do tratamento 15 (Tremoço), assim como os demais tratamentos se justifica, ou melhor dizendo, se explica pelas condições climáticas constatadas durante o período (dois anos) experimental.

Ainda, esta diferença de um ano para o outro, com relação ao tremoço, pode ser explicada pelas reações/interação alelopáticas expressadas, como descrito por Corsato et al., (2008), onde diz que o tremoço branco é uma espécie vegetal com potencial para ser empregada em sistemas de adubação verde e por consequência pode interferir através de substâncias alelopáticas nas culturas seguintes ou até mesmo inibir o desenvolvimento de espécies vegetais invasoras (CORSATO et al., 2008). Isso, explica a maior produtividade da cultura da soja, em quilogramas, cultivada na resteva desta planta forrageira no 2º ano (Figura 6-B) de pesquisa, sendo esta interação alelopática benéfica, já em um segundo momento para a cultura subsequente.

Discute-se que esse potencial de produção de fitomassa semelhante entre leguminosas e gramíneas possa ser atribuído à teoria sugerida por Ernani et al. (2001) que se referem à tolerância genética dessas espécies a solos degradados.

Figura 6 – Produtividade da cultura da soja Safras 2017/2018 (A) e 2018/2019 (B), em kg ha<sup>-1</sup>



**NOTA:** T1 – RX110 (Centeio, A. P., Nabo, A. B.); T2 - RX 210 (A. P., Nabo, centeio); T3 - RX 220 (Ervilhaca, A. P., Centeio); T4 - RX 240 (Tremoço, A. P., Centeio); T5 - RX 310 (Centeio, A.B., Nabo, A.P.); T6 - RX 330 (A. B., Ervilhaca, Centeio); T7 - RX 430 (A. B., Ervilha forrageira, Nabo); T8 - RX 510 (A. P., Ervilha forrageira, Nabo); T9 - RX 530 / RX 520 (Centeio, Ervilha forrageira, Nabo); T10 - RX 540 / RX 610 (A. B., Ervilhaca, Nabo); T11 - RX 630 (Tremoço, A. P., Ervilhaca); T12 - Ervilha forrageira; T13 - Nabo forrageiro; T14 - Ervilhaca/ Avica; T15 - Tremoço branco; T16 - Centeio progresso; T17 - Centeio Serrano; T18 - Aveia Centauro; T19 - Aveia Neblina e T20 – Pousio invernal.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma safra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0.05$ ).

Os resultados encontrados, em relação aos componentes de rendimento, não foram significativos no primeiro ano experimental, safra 2017/2018, com exceção do número de nós viáveis nos ramos, a qual se diferiu estatisticamente (Tabela 1-A), em relação a não significância, este mesmo resultado foi observado no segundo ano em análise, safra 2018/2019, (Tabela 1-B).

Discordando dos resultados encontrados nesta pesquisa, estudos desenvolvidos por Santos e Reis (1990) concluíram que as culturas antecessoras tiveram efeito sobre a altura de

plantas, número de vagens, número de grãos e peso de grãos por planta e peso de 1000 sementes.

Fontaneli et al., 2000, apontam que a cultura antecessora de aveia-branca; aveia-preta; trigo e aveia-preta em consórcio com ervilhaca peluda não influenciou significativamente sobre a produção de grãos de soja, sob plantio direto, havendo abundante nodulação em soja em todos os sistemas de produção.

Tabela 1 – Componentes de rendimento da cultura da soja, no primeiro e segundo ano experimental, safras 2017/18 e 2018/19.

(continua)									
<u>SAFRA 2017/18 (A)</u>									
<i>T</i>	<i>Alt</i>	<i>NLR</i>	<i>NLH</i>	<i>NGR</i>	<i>NGH</i>	<i>NNVR</i>	<i>NNVH</i>	<i>PMS</i>	<i>Umid.</i>
<i>1</i>	122,0	13,0	44,0	27,5	126,0	8,0 a	16,50	190	14,83
<i>2</i>	119,5	15,0	47,0	34,0	131,0	9,5 a	16,0	184	14,40
<i>3</i>	127,0	7,50	44,5	18,5	117,0	5,0 b	15,0	186	15,17
<i>4</i>	121,5	4,50	47,5	12,0	131,0	3,0 b	15,5	182	15,27
<i>5</i>	123,5	17,0	46,5	43,0	123,0	9,5 a	17,0	185	14,83
<i>6</i>	120,5	14,0	48,0	31,0	121,0	10,0 a	16,0	192	14,37
<i>7</i>	124,0	11,0	48,5	27,5	127,5	7,0 b	15,0	187	14,90
<i>8</i>	117,5	7,0	47,5	18,5	121,5	4,5 b	15,5	191	14,23
<i>9</i>	124,0	8,5	48,5	19,5	115,0	4,5 b	15,0	190	15,33
<i>10</i>	122,0	9,0	42,0	20,5	109,0	5,0 b	14,5	187	18,40
<i>11</i>	124,0	8,5	46,5	17,0	118,5	6,0 a	16,0	187	14,73
<i>12</i>	119,5	14,5	45,0	36,0	115,0	9,0 a	15,5	179	14,93
<i>13</i>	120,0	7,5	44,5	18,5	115,0	5,5 b	15,0	178	14,67
<i>14</i>	124,0	9,5	51,0	23,0	127,0	6,0 b	16,0	191	15,30
<i>15</i>	116,5	13,0	45,5	27,5	113,5	9,5 a	16,0	179	14,90
<i>16</i>	119,0	28,7	47,2	25,0	136,0	7,0 b	16,0	182	15,93
<i>17</i>	125,0	7,0	45,5	16,0	116,0	4,0 b	15,5	182	15,43
<i>18</i>	119,5	13,5	46,0	34,0	113,0	10,0 a	15,5	184	15,57
<i>19</i>	123,0	8,5	47,5	20,0	116,5	5,0 b	15,0	180	14,80
<i>20</i>	120,0	9,5	48,5	21,5	131,0	4,5 b	15,0	178	15,53
<i>Média</i>	121.36	12.00	46.85	28.87	121.12	8.61	15.68	178.4	-
<i>F trat.</i>	1.33ns	1.84ns	0.78ns	1.64ns	0.896ns	1.87*	1.31ns	0.86ns	-
<i>CV (%)</i>	2.85	59.88	6.92	61.0	7.01	45.98	6.51	4.02	-
<u>SAFRA 2018/19 (B)</u>									
<i>T</i>	<i>Alt.</i>	<i>NLR</i>	<i>NLH</i>	<i>NGR</i>	<i>NGH</i>	<i>NNVR</i>	<i>NNVH</i>	<i>PMS</i>	<i>Umid.</i>
<i>1</i>	129,0	26,0	44,0	28,0	108,0	19,0	17,0	208,9	15,4
<i>2</i>	128,8	9,0	46,0	18,0	105,0	7,0	18,0	209,0	16,0
<i>3</i>	134,0	8,0	46,0	23,0	112,0	6,0	16,0	211,6	15,2
<i>4</i>	127,8	10,0	55,0	24,0	119,0	7,0	20,0	205,1	15,6
<i>5</i>	127,0	8,0	50,0	27,0	119,0	5,0	18,0	215,9	16,3
<i>6</i>	128,3	4,0	50,0	19,0	114,0	3,0	16,0	197,5	15,4
<i>7</i>	132,3	14,0	51,0	30,0	124,0	12,0	20,0	204,9	15,6
<i>8</i>	129,3	9,0	54,0	19,0	129,0	8,0	17,0	203,9	15,8
<i>9</i>	128,8	5,0	56,0	16,0	134,0	4,0	19,0	216,5	15,8
<i>10</i>	128,8	2,0	39,0	23,0	100,0	2,0	16,0	196,9	15,8
<i>11</i>	129,8	21,0	52,0	14,0	118,0	13,0	19,0	203,9	15,4

(continuação)



<b>12</b>	124,0	6,0	49,0	28,0	108,0	5,0	19,0	193,5	15,9
<b>13</b>	129,8	2,0	48,0	28,0	113,0	2,0	17,0	202,5	16,1
<b>14</b>	133,8	12,0	51,0	22,0	116,0	8,0	19,0	202	15,5
<b>15</b>	125,8	7,0	40,0	33,0	104,0	4,0	17,0	213,5	15,5
<b>16</b>	134,0	2,0	54,0	37,0	103,0	1,0	16,0	220,9	16,1
<b>17</b>	134,0	7,0	51,0	16,0	115,0	6,0	16,0	211	15,4
<b>18</b>	129,5	16,0	53,0	17,0	128,0	8,0	20,0	211	15,7
<b>19</b>	129,5	16,0	49,0	49,0	113,0	10,0	19,0	206,3	15,7
<b>20</b>	132,5	10,0	51,0	26,0	117,0	7,0	19,0	205,3	15,5
<b>Média</b>	129.29	19.23	49.62	42.94	121.94	11.28	18.34	205.57	-
<b>F trat.</b>	1.16ns	0.92ns	1.31ns	0.78ns	1.10	0.88ns	1.25ns	0.57ns	-
<b>CV (%)</b>	3.43	72.80	7.27	74.35	21.16	57.20	9.98	6.66	-

**Nota 1:** - **1** – RX110 (Centeio, A. P., Nabo, A. B.); **2** - RX 210 (A. P., Nabo, centeio); **3** - RX 220 (Ervilhaca, A. P., Centeio); **4** - RX 240 (Tremoço, A. P., Centeio); **5** - RX 310 (Centeio, A.B., Nabo, A.P.); **6** - RX 330 (A. B., Ervilhaca, Centeio); **7** - RX 430 (A. B., Ervilha forrageira, Nabo); **8** - RX 510 (A. P., Ervilha forrageira, Nabo); **9** - RX 530 / RX 520 (Centeio, Ervilha forrageira, Nabo); **10** - RX 540 / RX 610 (A. B., Ervilhaca, Nabo); **11** - RX 630 (Tremoço, A. P., Ervilhaca); **12** - Ervilha forrageira; **13** - Nabo forrageiro; **14** - Ervilhaca/ Avica; **15** - Tremoço branco; **16** - Centeio progresso; **17** - Centeio Serrano; **18** - Aveia Centauro; **19** - Aveia Neblina e **20** – Pousio invernal. - **Nota 2:** Alt. – Altura de planta em centímetros; NLR – Número de legumes nos ramos; NLH – Número de legumes na haste; NGR – Número de grãos nos ramos; NGH- Número de grãos na haste; NNVR – Numero de nós viáveis nos ramos; NNVH – Numero de nós viáveis na haste; PMS – Peso de mil grãos, em gramas e Umid. – Umidade das sementes. Produt. Kg/Ha: Produtividade quilos/hectare; (1) Tratamentos. (2) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna, se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0.05$ ). \* significativos a 1 % de probabilidade, pelo teste F. ns não-significativo, pelo teste F.

Com relação aos componentes de rendimento no primeiro ano agrícola, 2017/18 (Tabela 1-A), da cultura da soja, o comportamento para todas as variáveis analisadas se manteve parecidos, não diferindo estatisticamente entre eles e nem entre os tratamentos. Para a altura da planta, a que se sobressaiu foi o tratamento RX220 (T3); para número de legumes nos ramos foi o tratamento composto por centeio progresso (T16); número de legumes na haste foi a ervilhaca (T14); número de grãos nos ramos foi o tratamento RX310 (T5). Número de grãos na haste foram RX210 e RX240 (T2 e T4); número de nós viáveis nos ramos foram RX330 e aveia centauro, (T6 e T18) número de nós viáveis na haste RX310 (T5) e peso de mil grãos (PMS) foi a ervilhaca (T14). No entanto, considerando que a média esperada de PMS, analisando a cultivar em estudo, é de 184,00 gramas, com exceção dos tratamentos 12, 13, 15 e 20, todos os outros se enquadraram no PMS esperado, nesse primeiro ano.

Apesar de não haver diferença estatística, há uma diferenciação em valores e sendo assim, no segundo ano experimental (Tabela 1-B), as variáveis que mais se sobressaíram, com relação aos componentes de rendimento em relação altura de planta foi RX220 (T3); para número de legumes nos ramos, RX110 (T1); número de legumes na haste foi RX520 (T9); número de grãos nos ramos foi a aveia neblina (T19); número de grãos na haste, RX520 (T9); número de nós viáveis nos ramos, RX110 (T1); para número de nós viáveis na haste foram os

tratamentos RX240, RX430 e aveia centauro, T4, T7 e T18, consecutivamente; e peso de mil sementes foi o T16 que era composto por centeio progresso.

### **4.3 RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO DO SOLO**

Com relação à resistência à penetração do solo, na primeira época de avaliação, pré-semeadura da cultura da soja (08/11/18) (Tabela 2), observou-se uma menor RP nas camadas mais superficiais, 0-0,05 e 0,05-0,10 m, havendo nestas camadas, diferença significativa, sendo que na camada 0-5 centímetros os tratamentos que apresentaram uma menos compactação foram T3, T4, T6, T7, T11, T16, T18 e T19, vale destacar que estes tratamentos eram compostos por coquetéis de plantas e gramíneas; Já na camada de 0,05-0,10 m foram T1, T2, T3, T4, T6, T7, T8, T11, T16, T17, T18 e T19, também se sobressaíram nesta segunda camada os coquetéis e as gramíneas. Isso pode ser justificado pela umidade do solo no momento de avaliação, considerando que leguminosas mantêm mais água no solo, forçando dessa forma uma resistência maior à penetração.

Tabela 2 – Resistência à penetração mecânica, avaliada na época 1 com auxílio de penetrômetro digital, em um Latossolo Vermelho distrófico, em diferentes sistemas de manejo de cobertura de inverno (20 sistemas (11 consórcios de plantas de cobertura, 8 espécies solteiras e Pousio invernal) – valores em KPa – Frederico Westphalen - RS. Teste de Scott-knott ( $p < 0,05$ ).

T	PROFUNDIDADE (metros)						
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,15	0,15-0,20	0,20-0,25	0,25-0,30	0,30-0,35
1	933 a	1536 b	1746	1764	1720	1573	1503
2	894 a	1445 b	1591	1653	1697	1657	1495
3	478 b	1320 b	1534	1513	1618	1564	1474
4	714 b	1639 b	1837	1849	1722	1602	1479
5	990 a	1860 a	1680	1559	1505	1500	1397
6	666 b	1473 b	1641	1578	1648	1567	1512
7	747 b	1537 b	1698	1614	1497	1455	1397
8	942 a	1655 b	1720	1676	1629	1584	1347
9	1029 a	1858 a	1832	1856	1860	1625	1503
10	1084 a	1793 a	1677	1715	1610	1569	1409
11	745 b	1617 b	1840	1678	1661	1666	1686
12	1221 a	2114 a	1808	1752	1729	1740	1696
13	1090 a	1864 a	1822	1726	1655	1619	1547
14	1138 a	1822 a	1844	1757	1761	1824	1725
15	958 a	1802 a	1885	1748	1790	1719	1703
16	482 b	1460 b	1713	1693	1661	1630	1537
17	863 a	1527 b	1724	1644	1642	1637	1509
18	727 b	1404 b	1530	1544	1543	1393	1388
19	819 b	1480 b	1642	1713	1588	1557	1437
20	893 a	1606 a	1847	1673	1622	1621	1575
<b>Média</b>	871	1641	1731	1685	1658	1605	1516
<b>F trat.</b>	2.03*	2.50**	1.33 ns	0.98 ns	0.85 ns	0.58 ns	1.36 ns
<b>CV(%)</b>	32.49	15.52	10.77	11.11	11.86	15.60	12.69

**Nota:** T = **1** – RX110 (Centeio, A. P., Nabo, A. B.); **2** - RX 210 (A. P., Nabo, centeio); **3** - RX 220 (Ervilhaca, A. P., Centeio); **4** - RX 240 (Tremoço, A. P., Centeio); **5** - RX 310 (Centeio, A.B., Nabo, A.P.); **6** - RX 330 (A. B., Ervilhaca, Centeio); **7** - RX 430 (A. B., Ervilha forrageira, Nabo); **8** - RX 510 (A. P., Ervilha forrageira, Nabo); **9** - RX 530 / RX 520 (Centeio, Ervilha forrageira, Nabo); **10** - RX 540 / RX 610 (A. B., Ervilhaca, Nabo); **11** - RX 630 (Tremoço, A. P., Ervilhaca); **12** - Ervilha forrageira; **13** - Nabo forrageiro; **14** - Ervilhaca/Avica; **15** - Tremoço branco; **16** - Centeio progresso; **17** - Centeio Serrano; **18** - Aveia Centauro; **19** - Aveia Neblina e **20** – Pousio invernal. \* significativos a 1 % de probabilidade, pelo teste F. ns não-significativo, pelo teste F.

No pleno florescimento da cultura da soja (16/01/2019), realizou-se a segunda avaliação de resistência à penetração, e constatou-se que não houve diferença estatística (Tabela 3). No entanto, vale destacar que as gramíneas foram as que obtiveram uma menor

RP. Isso pode ser justificado por ter ocorrido chuvas constantes neste período, e por isso dá não significância também na produtividade de soja.

Tabela 3 – Resistência à penetração mecânica, avaliada na época 2, com auxílio de penetrômetro digital, em um Latossolo Vermelho distrófico, em diferentes sistemas de manejo de cobertura de inverno (20 sistemas (11 consórcios de plantas de cobertura, 8 espécies solteiras e Pousio invernal) – valores em KPa – Frederico Westphalen - RS. Teste de Scott-

T	PROFUNDIDADE (metros)						
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,15	0,15-0,20	0,20-0,25	0,25-0,30	0,30-0,35
1	1522	2287	2267	2173	2187	1897	2032
2	1004	2233	2533	2454	2340	2234	2202
3	1387	2415	2343	2336	2294	2283	2110
4	1486	2339	2713	2672	2449	2143	2219
5	1159	2127	2365	2319	2228	2030	2113
6	1309	2436	2578	2387	2164	2271	2275
7	1398	2332	2518	2463	2486	2374	2514
8	973	2430	2887	2617	2648	2646	2564

Knott ( $p < 0,05$ ).

<b>9</b>	1389	2188	2445	2635	2914	2786	2722
<b>10</b>	1268	2126	2502	2392	2341	2007	2035
<b>11</b>	1236	1991	2398	2563	2265	2112	2038
<b>12</b>	1001	2345	2515	2529	2508	2424	2384
<b>13</b>	1439	2733	3007	2551	2481	2339	2290
<b>14</b>	1121	2444	2546	2360	2402	2282	2271
<b>15</b>	930	1913	2589	2978	3095	2945	2385
<b>16</b>	1189	2293	2490	2422	2271	2345	2290
<b>17</b>	1540	2403	2360	2414	2258	2093	2136
<b>18</b>	1474	2346	2636	2605	2288	2204	2446
<b>19</b>	1208	1984	2371	2410	2238	2143	1898
<b>20</b>	1443	2072	2183	2206	2116	2075	2086
<b>Média</b>	1274	2272	2512	2474	2399	2282	2251
<b>F trat.</b>	1.38ns	0.87ns	1.33	0.84ns	1.17ns	1.68ns	1.00ns
<b>CV(%)</b>	22.55	15.98	11.74	13.75	16.46	15.35	15.87

**Nota:** **T** = **1** – RX110 (Centeio, A. P., Nabo, A. B.); **2** - RX 210 (A. P., Nabo, centeio); **3** - RX 220 (Ervilhaca, A. P., Centeio); **4** - RX 240 (Tremoço, A. P., Centeio); **5** - RX 310 (Centeio, A.B., Nabo, A.P.); **6** - RX 330 (A. B., Ervilhaca, Centeio); **7** - RX 430 (A. B., Ervilha forrageira, Nabo); **8** - RX 510 (A. P., Ervilha forrageira, Nabo); **9** - RX 530 / RX 520 (Centeio, Ervilha forrageira, Nabo); **10** - RX 540 / RX 610 (A. B., Ervilhaca, Nabo); **11** - RX 630 (Tremoço, A. P., Ervilhaca); **12** - Ervilha forrageira; **13** - Nabo forrageiro; **14** - Ervilhaca/Avica; **15** - Tremoço branco; **16** - Centeio progresso; **17** - Centeio Serrano; **18** - Aveia Centauro; **19** - Aveia Neblina e **20** – Pousio invernal. \* significativos a 1 % de probabilidade, pelo teste F. ns não-significativo, pelo teste F.

Na terceira época de avaliação de RP, realizada após colheita da cultura da soja, apesar de não haver diferença estatística entre os tratamentos, pode-se observar que houve uma diminuição geral da compactação do solo, e isso pode ser justificado pela boa palhada deixada pela cultura em foco. Além disso, há uma observação relevante em relação ao tratamento 20, o qual era o Pousio, comparado aos demais (consórcios e solteiras), nas primeiras camadas ele não se diferenciou aos demais. No entanto, neste tratamento há um aumento da compactação conforme aumento a profundidade, e isso explica-se pelo revolvimento do plantio e não cobertura do solo no inverno (Tabela 4).

Tabela 4 – Resistência à penetração mecânica, avaliada na época 3 com auxílio de penetrômetro digital, em um Latossolo Vermelho distrófico, em diferentes sistemas de manejo de cobertura de inverno (20 sistemas (11 consórcios de plantas de cobertura, 8 espécies solteiras e Pousio invernal) – valores em KPa – Frederico Westphalen - RS. Teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

<b>T</b>	<b>PROFUNDIDADE (metros)</b>						
	<b>0-0,05</b>	<b>0,05-0,10</b>	<b>0,10-0,15</b>	<b>0,15-0,20</b>	<b>0,20-0,25</b>	<b>0,25-0,30</b>	<b>0,30-0,35</b>
<b>1</b>	623	1111	1350	1437	1538	1640	1790
<b>2</b>	490	1084	1408	1478	1470	1515	1441
<b>3</b>	386	1412	1686	1627	1447	1396	1459

<b>4</b>	309	1080	1413	1368	1366	1402	1434
<b>5</b>	505	1367	1532	1383	1384	1411	1524
<b>6</b>	643	1242	1428	1550	1619	1576	1461
<b>7</b>	616	1391	1608	1539	1515	1438	1425
<b>8</b>	472	1159	1488	1547	1518	1609	1601
<b>9</b>	636	1288	1446	1552	1396	1459	1440
<b>10</b>	704	1326	1412	1201	1229	1200	1359
<b>11</b>	656	1216	1560	1507	1492	1392	1278
<b>12</b>	508	1179	1269	1256	1323	1263	1392
<b>13</b>	777	1341	1533	1338	1409	1492	1274
<b>14</b>	670	1201	1508	1522	1402	1651	1766
<b>15</b>	358	1014	1553	1677	1594	1336	1357
<b>16</b>	506	1135	1604	1622	1584	1326	1345
<b>17</b>	413	1030	1525	1501	1580	1591	1370
<b>18</b>	306	947	1297	1431	1448,6	1551	1463
<b>19</b>	390	892	1491	1527	1364	1364	1244
<b>20</b>	674	1519	1404	1539	1680	1903	1872
<b>Média</b>	532	1197	1476	1480	1468	1476	1465
<b>F trat.</b>	1.03 ns	0.57 ns	1.34 ns	0.95 ns	0.51 ns	0.48 ns	0.36 ns
<b>CV(%)</b>	58.23	32.62	16.34	17.90	18.24	24.54	27.82

**Nota:** **T** = **1** - RX110 (Centeio, A. P., Nabo, A. B.); **2** - RX 210 (A. P., Nabo, centeio); **3** - RX 220 (Ervilhaca, A. P., Centeio); **4** - RX 240 (Tremoço, A. P., Centeio); **5** - RX 310 (Centeio, A.B., Nabo, A.P.); **6** - RX 330 (A. B., Ervilhaca, Centeio); **7** - RX 430 (A. B., Ervilha forrageira, Nabo); **8** - RX 510 (A. P., Ervilha forrageira, Nabo); **9** - RX 530 / RX 520 (Centeio, Ervilha forrageira, Nabo); **10** - RX 540 / RX 610 (A. B., Ervilhaca, Nabo); **11** - RX 630 (Tremoço, A. P., Ervilhaca); **12** - Ervilha forrageira; **13** - Nabo forrageiro; **14** - Ervilhaca/ Avica; **15** - Tremoço branco; **16** - Centeio progresso; **17** - Centeio Serrano; **18** - Aveia Centauro; **19** - Aveia Neblina e **20** - Pousio invernal. \* significativos a 1 % de probabilidade, pelo teste F. ns não-significativo, pelo teste F.

A resistência à penetração do solo é um indicativo para o desenvolvimento adequado do sistema radicular. No entanto, o valor a partir do qual a resistência à penetração passa a dificultar o crescimento radicular depende da cultura em questão, deve-se olhar peculiarmente. Considerando esta afirmação, de uma maneira geral, os valores acima de 2.000 KPa são os mais aceitos como críticos de resistência do solo ao crescimento das raízes, podendo essa faixa ser de 2.000 a 5.000 KPa (Silva et. al. 1998; Reinert et al., 2001). Segundo Reinert et al. (2001), uma resistência à penetração de 2.800 a 3.200 KPa retarda a alongação das raízes e acima de 4.000 KPa paralisa o crescimento das mesmas.

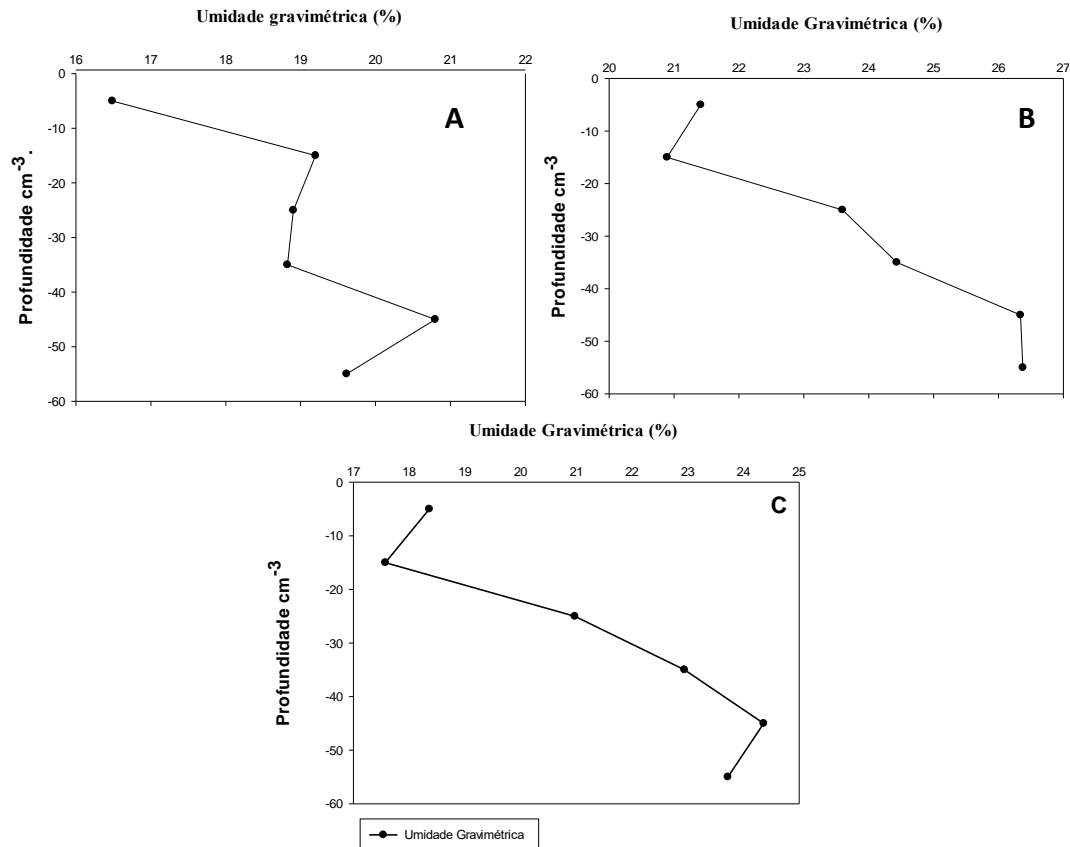
Os trabalhos encontrados na literatura têm apresentado diferentes valores de resistência à penetração considerados críticos ou restritivos ao desenvolvimento e produtividade de plantas. Essa variação pode estar associada ao tipo de solo, espécie ou variedade envolvida e umidade do solo no momento da avaliação. Por isso é importante

padronizar a inclusão da umidade durante a avaliação da resistência à penetração, de modo que os resultados obtidos nas diferentes pesquisas possam ser comparados. Uma possibilidade de padronização seria por meio de equações de ajuste, como as desenvolvidas por Busscher (1990) ou Canarache (1990).

Por tanto, considerando a compactação presente nas três épocas verificadas, observou-se um valor superior ou igual a 2.000 KPa somente na segunda época (pleno florescimento da soja), em todas as camadas exceto na mais superficial 0-5cm, e isso se justifica pelo revolvimento superficial na hora da semeadura. No entanto, vale salientar que a não relação ou falta de significância estatística, se deve ao fato de ser o segundo ano experimental, e este é considerado um experimento a longo prazo, os efeitos começarão nos próximos anos, mas salienta-se que está “possível” compactação não interferiu na produtividade da cultura da soja (Figura 5A e 5B), no geral, em ambos os anos.

Na figura 7, estão ilustradas as umidades do solo no momento das três épocas de avaliação de RP, sendo elas pré-plantio, pleno florescimento e pós-colheita da cultura da soja. A umidade do solo na primeira época de avaliação, nas camadas 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-50 e 50-60 centímetros foram de 16,49; 19,20; 18,90; 18,82; 20,80 e 19,61%, consecutivamente. Na segunda época em que foi realizada a avaliação de RP, o solo se encontrava nas seguintes condições de umidade: 0-10cm (21,41%); 10-20cm (20,89%); 20-30cm (23,59%); 30-40cm (24,43%); 40-50cm (26,34%) e 50-60cm (26,37%). Já para a terceira e última época de RP avaliada, a umidade que o solo se encontrava, na profundidade até 60 centímetros, observados de 10 em 10 cm, foram: 0-10cm, 21,41%; 10-20cm, 20,89%; 20-30cm, 23,59%; 30-40cm, 24,43%; 40-50cm, 26,34% e 50-60cm, 26,37%.

Figura 7 – Umidade gravimétrica (%), avaliada em três épocas (A – Época 1, B – Época 2 e C Época 3), de um Latossolo Vermelho distrófico, sob diferentes sistemas de manejo de cobertura de inverno (20 sistemas (11 consórcios de plantas de cobertura, 8 espécies solteiras e Pousio invernal), tendo como culturas de verão antecessoras soja, pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).



Observa-se que no período quando estavam instaladas as plantas de cobertura em 2017 (figura 3A), as temperaturas no geral foram mais elevadas (3°C), do que no segundo ano de pesquisa e a precipitação pluviométrica foi bem distribuída e mais elevada, diferença de 188,4 mm<sup>-1</sup>, durante o período. Em relação a cultura da soja, durante todo o período em que estava instalada no campo, apresentou uma temperatura média de 22,1 °C e Precipitação acumulada de 327,8 mm<sup>-1</sup>.

No segundo ano (2018) para plantas de cobertura (figura 3B), a temperatura média foi de 14,9 °C e precipitação acumulada de 439,8 mm<sup>-1</sup>, e para a cultura da soja: 769,4 mm<sup>-1</sup> e 22 °C.

Visivelmente, nota-se uma diferença bem significativa e representativa de um ano para o outro, em se tratando de temperatura e precipitação pluviométrica no decorrer de todo experimento (2 anos), o que interferiu em alguns resultados.

Contudo, podemos afirmar que embora tenhamos tido condições adversas, em relação ao clima, a produtividade não foi afetada pela compactação constatada, neste momento, e isso se dá pela boa distribuição pluviométrica e temperaturas constantes, bem como pelo manejo adequado adotado pelos pesquisadores. Vale destacar também, que o solo em questão não



apresentava as reservas nutritivas exauridas, a ponto desta característica interferir na produtividade, apesar de ter sido o primeiro ano o qual ele recebeu um manejo adequado. Por esta questão que nestes dois primeiros anos, não se obteve um incremento na produtividade, no entanto, não se observou decréscimo da mesma, mantendo-se a média esperada para a cultivar utilizada, que é de  $4.500 \text{ kg ha}^{-1}$ , fazendo desta forma com que a cultura em análise conseguisse se desenvolver adequadamente apesar da RP constatada.

Além disso, considerando que quando se trata de plantas de cobertura, é sabido que o processo para se notar mudanças na estrutura física e química do solo, é lento, para tanto, esta não diferença significativa em relação à RP nos diferentes tratamentos, era esperada para este primeiro momento.

## 5 CONCLUSÕES

1 - Não houve diferença significativa para a variável produtividade da cultura da soja, cultivada sob os tratamentos analisados.

2 - Os sistemas mais diversificados (*blend* de plantas) não proporcionam maior produtividade para a cultura da soja em comparação com plantas “solteiras” (leguminosas, crucíferas e gramíneas).

3- Não se constatou, correlação entre a quantidade de palha produzida pelos tratamentos, com a produtividade da cultura da soja, mas sim com as condições meteorológicas.

4- Nos sistemas que continham leguminosas e crucíferas, “solteiras”, não se obteve uma maior resistência a penetração e infiltração de água, quando comparado a gramíneas;

5- Nestes dois primeiros anos, não se observou que os consórcios de plantas de cobertura, “*blend*”, proporcionam uma melhor infiltração de água, comparadas com sistemas solteiros.

6- Não houve correlação, nestes dois anos iniciais, da resistência a penetração do solo com a produtividade da cultura da soja.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento da produtividade deve ser uma das principais etapas da AP, intervenções a taxa variada só terão eficácia mensuradas através dos mapas de produtividade, assim como os demais métodos e aparelhos de AP disponíveis no mercado, como por exemplo os penetrômetros digitais, o qual utilizou-se para o desenvolvimento da pesquisa, além de clorofilômetros, greenseekers, etc.

De acordo com resultados observados, a observação temporal da produtividade pode criar alguns padrões de distribuição similar, mesmo que em culturas diferentes, se tratando de coquetéis de plantas de cobertura, bem como elas “solteiras” além disso, considerando a hipótese da possível relação entre a produção de MS e produtividade da cultura da soja, neste primeiro momento de estudo, constatou-se não haver influência da quantidade de palha para a produtividade da cultura principal, a soja. Isso porque, neste primeiro momento apesar de ter-se observado uma diferença significativa entre os tratamentos (coquetéis de plantas de cobertura, plantas “solteiras” e pousio invernal), com relação a MS, constatou-se pouca diferença com relação aos quilos produzidos desta MS especificamente, o que justifica a não significância com relação a produtividade da soja.

Com relação aos aspectos físicos do solo estudados, evidencia-se que as plantas necessitam de solos com condições físicas favoráveis para o seu adequado desenvolvimento. Essas condições, conforme Collares et al., (2006), determinam os fluxos de água, calor e gases no solo.

A definição de resistência à penetração do solo como conforme Passos e Carvalho (2009), é o esforço de reação que o solo oferece à pressão de penetração de uma haste do penetrômetro com ponta cônica no sabre, cuja área é conhecida. Simula a reação do solo à elongação radicular. Marcolin, (2006) afirma que a RP é uma propriedade que integra a avaliação da compactação do solo, o conteúdo de água, a textura e os tipos de minerais da argila presentes. Segundo Montanari et al. (2010), esta avaliação vem a contribuir para se avaliar a compactação do solo, tendo estreita correlação com o crescimento radicular. Ainda, Silveira et al., (2010), considera a resistência do solo à penetração a propriedade mais adequada para expressar o grau de compactação do solo e, conseqüentemente a facilidade de penetração das raízes.

A correlação entre atributos físicos do solo e produtividade demonstrou, neste primeiro momento de implantação de um experimento, este considerado de longo prazo para se ter resultados significativos, não haver grande influência e interferência entre as duas

variáveis, nestes 2 anos de observação, isso porque, quando fala-se em recuperação de solo, não espera-se um processo rápido, pois ao longo dos anos, extraiu-se quase todas as reservas minerais, biológicas e estruturais dos nossos solos, em geral, e por isso este processo de reativação/reanimação de seus principais aspectos ao longo de seus horizontes, é trabalhoso, lento e inicialmente custoso, sem o retorno imediato ao qual se está acostumado.

Por fim, a busca por plantas de cobertura de solo mais adaptadas aos diferentes ambientes edafoclimáticos e que se ajustem melhor aos sistemas de rotação, é mais do que uma sugestão, é uma necessidade urgente da qual os solos de forma geral necessitam.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M.R. & DALMOLIN, R.S.D., eds. Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1997. p.76111.

ALTMANN, N. Princípios do sistema plantio direto na palha. In: ALTMANN, N. Plantio direto no cerrado: 25 anos acreditando no sistema. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2010. p. 23-72.

ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, p.25-36, 2001.

AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L. Using precision farming to overcome yield-limiting factors in Southern Brazil Oxisols: A case study. In D. CLAY, J. SHANAHAN; J. FRANCIS PIERCE (Eds.), GIS Applications in Agriculture - Nutrient Management for Improved Energy Efficiency, v. 3. 3ª ed., p. 31–60. CRC: Boca Raton, 2011.

AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; MURAOKA, T. Leguminosas para adubação verde: uso apropriado em rotação de culturas. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1997. 24p. **Apostila**.

ARAÚJO, E.A. Qualidade do solo em ecossistema de mata nativa e pastagens na Região Leste do Acre, Amazônia Ocidental. 2008. 233f. - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 2008. (**Tese de Doutorado**).

BALBINOT JR., A.A. et al. Desempenho da cultura do feijão após diferentes formas de uso do solo no inverno. **Revista Ciência Rural**, v.39, n.8, nov/2009. ISSN 0103-8478. ISSN Eletrônico: 1678-4596.

BALBINOT JR., A.A. et al. Formas de uso do solo no inverno e sua relação com a infestação de plantas daninhas em milho (*Zea mays*) cultivado em sucessão. **Planta Daninha**, Viçosa, v.26, n.3, p.569-576, 2008. doi: 10.1590/S0100-83582008000300012.

BASSO, Claudir José. Épocas de aplicação de nitrogênio para o milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo, no sistema plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1999. 91p. (**Tese de Mestrado**).

BUSSCHER, W.J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 3:519-524, 1990.

CALBO, Adonai Gimenez. **Irrigás**: sistema gasoso de controle de irrigação. In: \_\_\_\_\_. Estado da água no solo e na planta, 2006. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/novidade/prelancamento/irrigas/irrigas.html>>. Acesso em: 3 de maio 2019.

CALEGARI, A. Sistemas de rotação de culturas e seus efeitos ambientais econômicos no Centro-Sul do Cerrado. Anais.... In: **Encontro Regional de Plantio Direto no Cerrado**, 5. 2001. Brasília-DF : APDC; Dourados : UFMS/Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 31). P. 23-8.

CALEGARI, Ademir. Espécies para cobertura de solo. In: DAROLT, M.R. (Coord.). **Plantio direto: pequena propriedade sustentável**. Londrina: Iapar, 1998. p.65-94. (**Circular, 101**).

CANARACHE, A. Penetr - a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. *Soil Till. Res.*, 16:51-70, 1990.

CARNEIRO, Marco Aurélio Carbone; SOUZA, Edicarlos Damacena de; REIS, Edésio Fialho dos; PEREIRA, Hamilton Seron; AZEVEDO, Watson Rogério de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 33, núm. 1, Janeiro-fevereiro, 2009, pp. 147-157 Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, Brasil.

CARVALHO, Morel de Passos e. Compactação do solo avaliada pela resistência mecânica à penetração. UNESP/Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de ilha solteira. FEIS. DEFERS. Março / 2009.

CARVALHO, Wellington Pereira de; CARVALHO, Gabriel José de; NETO, Dyrson de Oliveira Abbade; TEIXEIRA, Luíz Gustavo Vieira. Desempenho agrônomico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.48, n.2, p.157-166, fev. 2013. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000200005.

CERETTA, Carlos Alberto; BASSO, José Claudir; HERBES, Miguel Gustavo; POLETTI, Naracelis; SILVEIRA, Márcio José da. Produção e decomposição de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.32 (janeiro-fevereiro) : [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2019], n.1, p.49-54, 2002, 32 Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33132109>> ISSN 0103-8478.

CHAVES, J.C.D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, v.22, p.53-60, 2001.

COLLARES, Gilberto Loguércio; REINERT, Dalvan José; REICHERT, José Miguel; KAISER, Douglas Rodrigo. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.41, n.11, p.1663-1674, nov. 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – **CONAB**. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento, agosto/2018. Brasília: Conab, 2018. 102 p. ISSN 2318-6852.

CORSATO, Jaqueline Malagutti; SANTORUM, Márcia; LESZCZYNSKI, Raquel; FORTES, Andréa Maria Teixeira. Efeito Alelopático do Tremoço Branco (*Lupinus albus* L.)

Sobre a Germinação e o Crescimento Inicial da Alface, Soja e Picão Preto. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 6, supl. 1, p. 14-15, set. 2008.

DAROLT, M. R. Princípios para implantação e manutenção do sistema. In: DAROLT, M. R. Plantio direto: Pequena propriedade sustentável. Londrina: **Iapar**, 1998, p.16-45 (Circular, 101). ISSN 0100-3356.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno. Londrina: **Iapar**, 1992. 80p. (Circular, 73).

DERPSCH, Rolf; SIDIRAS, Nikolaos; HEINZMANN, Franz X.. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, 20(7):761-773, julho/1985.

Disponível em: <<http://www.falker.com.br/produto-penetrolog-medidor-compactacao.php>>; <<http://www.falker.com.br/produto-clorofilog-medidor-clorofila.php>>. Data de acesso: 29/Mai/2019.

DUARTE, Indiana Bersi; GALLO, Anderson de Souza; GOMES, Michele da Silva; GUIMARÃES, Nathalia de França; ROCHA, Daniel Passareli; SILVA, Rogério Ferreira da. Plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo. **Revista Acta Iguazu**, Cascavel, v.3, n.2, p. 150-165, 2014. ISSN: 2316-4093.

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V. Influência da calagem no rendimento de matéria seca de plantas de cobertura e adubação verde, em casa de vegetação. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.897-904, 2001.

**FALKER**: Inovando a agricultura. Porto Alegre/RS. Clorofilog e Penetrolog.

FILHO, Joilson Sodré; CARDOSO, Alexandre Nunes; CARMONA, Ricardo; CARVALHO, Arminda Moreira de. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Revista Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.327-334, abr. 2004.

FIORIN, J.E. Plantas recuperadoras da fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO, 1999, Cruz Alta. **Resumos de palestras...** Passo Fundo: Editora Aldeia Norte, 1999. p.39-55.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; VOSS, M.; AMBROSI, I. Rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 349-355, 2000.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES †, M. R. Matéria seca, relação c/n e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa, v.27, n.2, p.325-334, 2003., 2003. ISSN 0100-0683.

HEINRICH, R.; AITA, C.; AMADO, T.J.C.; FANCELLI, A.L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 25, p.331-340, 2001. ISSN 0100-0683.

HILLEL, D. Introduction to soil physics. San Diego: **Academic Press**, 1982. 264p.

JUNIOR, Alvadi-Antonio- Balbinot; —MORAES, Anibal- de;- VEIGA, Milton -da; PELISSARI, DIECKOW, Adelino; Jeferson; —CARVALHO, Paulo —César— de —Faccio. Desempenho da cultura do feijão após diferentes formas de uso do solo no inverno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p.2340-2346, nov, 2009. ISSN 0103-8478.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; COSTA, J. L. S.; PORTELA, C. Cultivo do feijoeiro em palhada de braquiária. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2003. (Documentos, 157).

LIMA, Aline de Souza; SILVA, João José Costa; LACERDA, Natália Machado; BARROS, Danieli Lazarini de; GOMIDE, Plínio Henrique Oliveira. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB DIFERENTES MANEJOS NO SUL DE RORAIMA. **Revista Ambiente: Gestão e Desenvolvimento** – Volume 11, n.01, Dezembro/2018. ISSN ONLINE:1981-4127

MAGALHÃES, Luna. Tipos de solo. Set/2018. Disponível em < <https://www.todamateria.com.br/tipos-de-solo/>> Data de acesso: 04/set/2019.

MARCOLIN. C. D. Propriedades físicas de nitossolo e Latossolos argilosos sob plantio direto. 2006. 110f., Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo 2006. **Dissertação (mestrado)**.

MONTANARI, Rafael; CARVALHO, Morel de Passos e; ANDREOTTI, Marcelo; DALCHIAVON, Flávio Carlos; LOVERA, Lenon Henrique; HONORATO, Max Alexandre de Oliveira. Aspectos da produtividade do feijão correlacionados com atributos físicos do solo sob elevado nível tecnológico de manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 34:1811-1822, 2010. ISSN 0100-0683.

MORAES, W.V. de. Comportamento de características e propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro, submetido a diferentes sistemas de cultivo. Lavras: UFLA, 1984. 107p. **Dissertação (Mestrado)**.

NASCIMENTO, A. F.; MATOS, J. L. S. Benefícios com a utilização de adubos verdes. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v.2, n.3, p.41-55, 2007.

PENA, Rodolfo F. Alves. "Fatores de formação dos solos"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/fatores-formacao-dos-solos.htm>. Acesso em 04 de setembro de 2019.

RAGHAVAN, G.S.V.; MICKYES, E. Physical and hydraulic characteristics in compacted clay soils. *Journal of Terramechanics*, **Elmsford**, v.19, p.235-242, 1983.

REICHERT J.M, REINERT D.J & BRAIDA J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência e Ambiente**, v 27, p 29-48, 2003.



REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & SILVA, V.R. Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto irrigado. In: CARLESSO, R.; PETRY, M.T.; ROSA, G.M.; CERETTA, C.A., Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul. Santa Maria, 2001, p. 114-133.

SANTI, A. L. Relações entre indicadores de qualidade do solo e a produtividade das culturas em áreas com agricultura de precisão. 2007. 150p. **Tese (Doutorado)** - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; EITELWEIN, M. T.; CHERUBIN, M. R.; SILVA, R. F.; DA ROS, C. O. Definição de zonas de produtividade em áreas manejadas com agricultura de precisão. **Agrária**, v. 8, n. 3, p. 510-515, 2013.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Efeito de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 25, n. 11, p. 1637-1645, 1990.

SANTOS, R. M. et al. Montagem e acurácia de um sistema experimental de pesagem para calibração de sensores de umidade de solo. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1162-1169, nov./dez. 2006.

SILVA, A.C.; HIRATA, E.K.; MONQUERO, P.A. Produção de palha e supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura, no plantio direto do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.1, p.22- 28, 2009.

SILVA, V. R.; REINERT, D.J. Efeito do sistema de cultivo na resistência de um latossolo roxo. In: **VI ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA**, 1998.

SILVEIRA, D.C.; MELO FILHO, J.F.; SACRAMENTO, J.A.A.S. & SILVEIRA, E.C.P. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no Recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, ed. 34, p 659-667, 2010.

SILVEIRA, D.C.; MELO FILHO, J.F.; SACRAMENTO, J.A.A.S.; SILVEIRA, E.C.P. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no Recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, ed. 34, p 659-667, 2010. ISSN 0100-0683.

SMUCKER, A.J.M.; ERICKSON, A.E. Tillage and compactive modifications of gaseous flow and soil aeration. In: LARSON, W.E.; BLAKE, G.R.; ALLMARAS, R.R.; VOORHEES, W.B.; GUPTA, S.C. (eds.). Mechanics related process in structured agricultural soils. NATO applied sciences. Amsterdam: **Kluwer Academic Publishers**, 1989. v.172, p.205-221.

SOANE, B.D. The role of organic matter in soil compatibility: A review of some practical aspects. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.16, p.179-201, 1990.

STEFANOSKI, Diane C.; SANTOS, Glenio G.; MARCHÃO, Robélio L.; PETTER, Fabiano A.; PACHECO, Leandro P.. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a

qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.12, p.1301–1309, 2013 Campina Grande, PB, UAEEA/UFCG.

STONE, Luís F.; GUIMARÃES, Cleber M.; MOREIRA, José A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.207-212, 2002 Campina Grande, PB, DEAg/UFCG – ISSN 1415-4366 (Impresso), ISSN 1807-1929 (Online).

SOANE, B.D. The role of organic matter in soil compatibility: A review of some practical aspects. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.16, p.179-201, 1990.

TRACY, B. F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated crop-livestock system in Illinois. **Crop Science**, Madison, v. 48, n. 3, p.1211-1218, 2008.

## APÊNDICE

Apêndice A – Croqui da área experimental, composta por 900 m<sup>2</sup> (60 x 15 m).

	1	7	16
	5	14	11
	13	20	9
	20	17	1
	17	5	7
	10	3	18
	15	11	19
	2	18	2
	11	9	10
	19	19	3
	7	2	14
	3	16	17

EXPERIMENTO PLANTAS DE COBERTURA - 20 T

**NOTA:** 1 - T1 (RX110 (Centeio, A. P., Nabo, A. B.)); 2 - T2 (RX 210 (A. P., Nabo, centeio)); 3 - T3 (RX 220 (Ervilhaca, A. P., Centeio)); 4 - T4 (RX 240 (Tremoço, A. P., Centeio)); 5 - (T5 - RX 310 (Centeio, A.B., Nabo, A.P.)); 6 - T6 (RX 330 (A. B., Ervilhaca, Centeio)); 7 - (T7 - RX 430 (A. B., Ervilha forrageira, Nabo)); 8 - T8 (RX 510 (A. P., Ervilha forrageira, Nabo)); 9 - T9 (RX 530 / RX 520 (Centeio, Ervilha forrageira, Nabo)); 10 - T10 (RX 540 / RX 610 (A. B., Ervilhaca, Nabo)); 11 - T11 (RX 630 (Tremoço, A. P., Ervilhaca)); 12 - T12 (Ervilha forrageira); 13 - T13 (Nabo forrageiro); 14 - T14 (Ervilhaca/ Avica); 15 - T15 (Tremoço branco); 16 - T16 (Centeio progresso); 17 - T17 (Centeio Serrano); 18 - T18 (Aveia Centauro); 19 - T19 (Aveia Neblina) e T20 (Pousio invernal).