

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

BRONILDO JOSÉ WENZEL

**INDICADORES FÍSICOS DO SOLO E DESEMPENHO DA CULTURA DO TRIGO
SOB DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA**

CERRO LARGO

2022

BRONILDO JOSÉ WENZEL

**INDICADORES FÍSICOS DO SOLO E DESEMPENHO DA CULTURA DO TRIGO
SOB DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURASUBTÍTULO**

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

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

CERRO LARGO

2022

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Wenzel, Bronildo José
INDICADORES FÍSICOS DO SOLO E DESEMPENHO DA CULTURA
DO TRIGO SOB DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA / Bronildo
José Wenzel. -- 2022.
47 f.

Orientador: Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo, RS, 2022.

1. Sistema de Plantio Direto. 2. Plantas de
Cobertura. 3. Indicadores físicos do solo. 4. Trigo. I.
Kaiser, Douglas Rodrigo, orient. II. Universidade
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

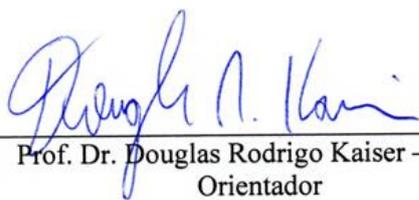
BRONILDO JOSÉ WENZEL

**INDICADORES FÍSICOS DO SOLO E DESEMPENHO DA CULTURA DO TRIGO
SOB DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Agronomia

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em:

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS
Orientador


Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira - UFFS
Avaliador


Me. Lucas Raimundo Rauber - UFSM
Avaliador

AGRADECIMENTO

A Deus, pela vida e a saúde.

Um agradecimento especial a minha família, aos filhos Guilherme e Bruno, às noras Janaína e Débora e aos netos Marina, Lucas e Alice, mas em especial à minha esposa Margarida que tudo fez para que este sonho frutificasse e se tornasse uma realidade.

Meu agradecimento ao orientador, Professor Dr. Douglas Rodrigo Kaiser, pelo apoio incondicional em todas as fases do Curso de Agronomia, viabilizando projetos e inovações.

A minha família de berço, aos Pais in memoriam e os onze Irmãos que demonstraram seu incentivo.

Agradeço muito aos Professores pelos ensinamentos e o tratamento imparcial, em suas exigências e demandas gerando um clima de conforto.

Agradeço aos meus colegas do Laboratório de Solos e do Curso, pelo espírito de união e de cooperação para que esta meta fosse atingida.

“O que seria de nós se não sonhássemos?”

José Saramago

RESUMO

O sistema Plantio Direto (SPD), por ser uma tecnologia agrícola dinâmica e inovadora se encontra em constante aprimoramento em função das características regionais, criando sua identidade própria. Em se tratando de um sistema complexo, exige-se do agricultor um amplo domínio de todas as fases do sistema, um conhecimento do manejo de diferentes culturas, buscando plantas de cobertura de solo mais adaptadas aos diversos ambientes edafoclimáticas e que se encaixem melhor aos diversos sistemas de produção. A Região Missioneira se caracteriza por um clima com maior temperatura, comparado com o resto do estado e tem em seu calendário agrícola, um amplo vazio outonal entre as principais culturas, que inicia na colheita da soja e vai até o plantio do Trigo ou do milho, do final de março até junho ou agosto respectivamente. O principal objetivo desse trabalho foi avaliar diversas espécies de plantas de cobertura solteiras e consorciadas no período outonal, visando proporcionar cobertura do solo, reciclagem de nutrientes e melhoria da estrutura do solo. No presente trabalho, para definir as espécies de plantas de cobertura, se levou em consideração, precocidade, ciclagem de nutrientes, produção de massa seca, redução de pragas e doenças, relação C/N e enraizamento com potencial de descompactação. As plantas escolhidas foram: Trigo Mourisco, Nabo Forrageiro e Capim-Sudão e a mistura dessas espécies em diferentes proporções. Para a pesquisa, foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso (DBC), com quatro blocos e com oito tratamentos, perfazendo um total de 32 parcelas de 4,0 x 5,50 m. O Nabo Forrageiro e o Trigo Mourisco expressaram todo o seu potencial em MS, enquanto o Capim Sudão e o pousio foram significativamente inferiores em seus tratamentos, repercutindo de forma semelhante para os teores de N e C presente nessas plantas. Os demais elementos analisados P, K, Ca, Mg e S, apresentaram comportamentos diferentes, sendo uma característica de cada planta. Sobre o desempenho do trigo após o manejo das plantas de cobertura, tanto a MS quanto a produção de grãos não foram afetados pelos diferentes manejos. Das propriedades físicas densidade e porosidade (total, micro e macro), não houve diferença estatisticamente. Esta pequena variabilidade entre os diversos arranjos das plantas de cobertura em relação a produtividade do trigo, se deve principalmente por ser um experimento de apenas um ciclo das culturas, como também, as condições adversas de estresse hídrico no início do desenvolvimento, afetando o seu potencial produtivo.

Palavras-chave: densidade do solo, *Fagopyrum esculentum*, Porosidade do solo, *Raphanus satibus L.*, *Sorghum sudanense*.

ABSTRACT

The no-tillage system (NTS), as a dynamic and innovative agricultural technology, is constantly improving due to regional characteristics, creating its own identity. In the case of a complex system, the farmer is required to have a broad domain of all phases of the system, a knowledge of the management of different cultures, seeking ground cover plants that are more adapted to the different soil and climate environments and that fit better to the different production systems. The Misionera Region is characterized by a climate with higher temperature, compared to the rest of the state, and its agricultural calendar has a wide autumn gap between the main crops, which starts with the harvest of soybeans and goes until the planting of wheat or corn. , from late March to June or August respectively. In the present work, to define the cover crop species, precocity, nutrient cycling, dry mass production, pest and disease reduction, C/N ratio and rooting with decompaction potential were taken into account. The plants chosen were: Buckwheat, Forage Turnip and Sudan Grass and the mixture of these species in different proportions. For the research, the experimental design of randomized blocks (DBC) was used, with four blocks and eight treatments, making a total of 32 plots of 4.0 x 5.50 m. Forage turnip and buckwheat expressed their full potential in DM, while Sudan grass and fallow were significantly lower in their treatments, with similar repercussions for the levels of N and C present in these plants. The other analyzed elements P, K, Ca, Mg and S, presented different behaviors, being a characteristic of each plant. On the performance of wheat after handling cover crops, both DM and grain yield were not affected by the different managements. Of the physical properties density and porosity (total, micro and macro), there was no statistical difference. This small variability between the different arrangements of cover crops in relation to wheat productivity is mainly due to the fact that it is an experiment with only one crop cycle, as well as the adverse conditions of water stress at the beginning of development, affecting its potential. productive.

Keywords: soil density, *Fagopyrum esculentum*, Soil porosity, *Raphanus satibus L.*, *Sorghum sudanense*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Nabo forrageiro	18
Figura 2. Trigo mourisco	20
Figura 3. Capim sudão.....	21
Figura 4. Localização do experimento em lavoura, no município de Salvador das Missões, RS 22	
Figura 5. Croqui do experimento em lavoura comercial, em de salvador das missões-rs.....	24
Figura 6. Implantação do experimento: registros dos produtores de sementes usadas no experimento (a); rastelo manual (b); semeadura das plantas de cobertura (c).	25
Figura 7. Vistoria realizada em 30 de abril de 2021 (16 dias após semeadura).	27
Figura 8. Os diferentes tipos de tratamentos: nabo forrageiro (a); capim sudão (b); trigo mourisco (c); 1/3 nabo forrageiro; 1/3 capim sudão; 1/3 trigo mourisco (d); 1/2 nabo forrageiro; 1/4 capim sudão; 1/4 trigo mourisco (e); 1/4 nabo forrageiro; 1/2 capim sudão; 1/4 trigo mourisco (f); 1/4 nabo forrageiro; 1/4 capim sudão; 1/2 trigo mourisco (g); pousio (h).....	28
Figura 10. Amostra de matéria seca.	31
Figura 11. Dessecação das plantas de cobertura.....	31
Figura 12. Realização da semeadura do trigo.....	32
Figura 13. Precipitação pluviométrica durante o período de cultivo da cultura do trigo.	33
Figura 14. Cultura do trigo em estado reprodutivo.....	34
Figura 15. Corte de plantas rente ao solo, com auxílio de um quadrado metálico, para quantificação da produção de massa seca.	35
Figura 16. Colheita do trigo (amostra).	36
Figura 17. Demonstração da coleta de solo.	37
Figura 18. Pesagem das amostras desidratadas.	38
Figura 19. Pesagem das amostras saturadas.	38
Figura 20. Massa seca da parte aérea das plantas de cobertura do solo.	41
Figura 21. Massa seca da parte aérea do trigo cultivado sob diferentes plantas de cobertura do solo.	43
Figura 22. Produtividade do trigo cultivado sob diferentes plantas de cobertura do solo.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratamentos e quantidade de semente utilizada.....	26
Tabela 2. Propriedades físicas do solo sob diferentes tipos de plantas de cobertura	40
Tabela 3. Composição química da biomassa da parte aérea das plantas de cobertura do solo.....	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	PLANTIO DIRETO E PLANTIO CONVENCIONAL	13
2.2	SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	14
2.3	PLANTAS DE COBERTURA.....	16
2.1.1	Nabo Forrageiro	16
2.1.2	Trigo Mourisco	18
2.1.3	Capim Sudão	20
3	METODOLOGIA.....	22
3.1	SOLO, CLIMA E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	22
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E IMPLANTAÇÃO DO TRATAMENTO .	24
3.3	PREPARO DA ÁREA E SEMEADURA	32
3.4	AVALIAÇÃO DO INDICADORES QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO	37
3.5	ANÁLISE DOS DADOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	Erro! Indicador não definido.
5	CONCLUSÕES.....	466
	REFERÊNCIAS.....	48
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	

1 INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto (SPD), tem como objetivo, aumentar a eficiência do uso do solo, conservar o solo, a água e a biodiversidade, intensificando sua exploração melhorando com isto a renda do agricultor. No entanto, dados levantados pela CONAB (abril de 2020) demonstram, de um total de 65,1 milhões de hectares com culturas anuais produtoras de grãos e fibras, apenas 19,4 milhões de hectares recebem culturas de segunda safra no outono inverno. Cabe ressaltar que a grande maioria dessas áreas não praticam rotação de cultura, não configurando como um sistema plantio direto (SPD).

Para alcançarmos o status de um Sistema de Plantio Direto em seu sentido pleno, temos um longo caminho a ser percorrido, visto que apenas 20% dos agricultores procuram adotar o sistema, melhorando seus manejos, para usufruir de todos os seus benefícios.

Além dos benefícios citados, as plantas de cobertura podem nos propiciar diferentes tipos de manejo: Adubação do sistema visando a próxima cultura e com isto aumentando a massa seca, a aplicação de corretivos como o fósforo e o Potássio que com o espaçamento reduzido da semeadora (17 cm entre linhas), consegue-se uma melhor distribuição e incorporação principalmente do P que não se mobiliza no solo evitando o risco de ser carregado pelas chuvas, por vezes intensas nesta época.

Fazendo uma análise comparativa, a técnica do sistema de plantio direto em seu uso pleno, nos propicia um aumento de produtividade bem superior, comparado com um incremento de adubação ou variedade mais produtiva. A região missioneira do RS, por ser a mais quente do estado, diversas espécies forrageiras, conseguem expressar em 80 a 90 dias toda a sua potencialidade produzindo palhada e reciclando nutrientes. As plantas de cobertura têm um papel de grande importância para o funcionamento pleno do Sistema Plantio Direto (SPD), como sistema conservacionista e sustentável da produção agrícola

O propósito deste estudo é avaliar diversas plantas de cobertura que melhor respondem ao vazio outonal que na região do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul corresponde entre segunda quinzena de março, com a colheita da soja até a primeira quinzena de junho, com a implantação do trigo em anos em que a rotação de culturas privilegia estas espécies. O principal objetivo desse trabalho foi avaliar diversas espécies de plantas de cobertura solteiras e consorciadas no período outonal, visando proporcionar cobertura do solo, reciclagem de nutrientes e melhoria da estrutura do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PLANTIO DIRETO E PLANTIO CONVENCIONAL

O Sistema de Preparo Convencional (SPC) vem sendo praticada pelo homem quando se fixou à terra deixando de ser nômade e passou a praticar agricultura. Devido a essas práticas, conseqüentemente com o passar do tempo houve mudanças no ecossistema natural para um agroecossistema; o que implicou alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos dos solos (OADES, 1984).

Até a década de 90, utilizava-se prioritariamente sistema de preparo convencional (SPC) o qual ainda persiste, principalmente nas pequenas propriedades no país. O referido sistema tem como característica o revolvimento do solo para eliminação das ervas daninhas e promover a melhoria das propriedades físicas e químicas do solo para manter ou melhorar a produtividade. No entanto, com o revolvimento intenso deste solo para a implantação das culturas, o solo acaba ficando desprotegido e exposto, acarretando em sérios problemas de erosão, impacto direto das gotas de chuva, escoamento superficial, perda de nutrientes, dentre outros.

Para corrigir estes fatores, o Plantio Direto, também conhecido como plantio na palha, começou a ser difundido na década de 90 e atualmente é uma das alternativas mais utilizadas por lavouras comerciais brasileiras. A promessa do PD foi deixar a palhada sobre o solo para manter seus nutrientes e proteger dos impactos das gotas da chuva, a fim de evitar os prejuízos decorrentes dos processos erosivos.

A grande diferença do sistema tradicional, o solo é apenas manuseado no PD durante o plantio. Para incorporar os fertilizantes e as sementes de forma correta, é aberto um sulco com uma semeadora especialmente desenvolvida para executar com eficiência esta difícil tarefa, devido a presença de diferentes quantidades de palhada e tipos de solo. Por ser a única manipulação do solo em todo o ciclo da cultura, o agricultor passa o foco a partir deste momento, ao controle das ervas daninhas, ao manejo integrado de pragas e doenças.

Desta forma, eliminadas as práticas de aragem e gradagem do processo produtivo, mantida a palha na superfície do solo, passou-se a adotar a rotação de culturas para aumentar a produtividade. O conjunto destas práticas resultou no aumento da matéria orgânica, um equilíbrio da temperatura e uma maior disponibilidade da água e nutrientes.

No PD em comparação ao PC, há uma importante redução em relação à mecanização. Resultados de pesquisa obtidos em Dourados, MS, indicaram que o tempo médio de utilização de equipamentos de semeadura no SPD foi menor do que no sistema convencional; a redução

do uso de máquinas e equipamentos foi da ordem de 45% e a economia no consumo de óleo diesel, de até 72%. No Rio Grande do Sul, estimou-se que o SPD, em termos comparativos, apresentou redução na utilização de máquinas e equipamentos em 5,2 horas ha⁻¹ ano⁻¹. Máquinas e tratores no SPD têm custo de manutenção menor e duram mais tempo, havendo casos de tratores com mais de quinze anos sendo ainda usados com eficiência (SALTON et al, 1998). Dados da Embrapa, divulgados pelo Projeto Soja Brasil, apontam que a produtividade aumenta 30% com o PD se comparada aos métodos tradicionais. Em safras que sofrem da seca, a produção pode chegar ao dobro.

O plantio na palha ou PD, vem sendo testado com sucesso em lavouras diferenciadas como a do café e olerícolas, porém o mais comum é estar relacionado a cereais, como soja, milho, canola e trigo. A referida técnica pode ser adotada por qualquer agricultor, desde que ele conte com uma supervisão técnica, para evitar imprevistos.

Um estudo feito pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) desenvolveu testes que compararam taxas de rentabilidade de diferentes sistemas de plantio. Em todas as culturas analisadas, os custos de produção dos sistemas de PD foram menores do que o método convencional. A rentabilidade estava diretamente associada aos menores custos totais. Entre os sistemas que utilizaram o plantio direto, os mais competitivos foram os que apresentaram menores custos com herbicidas.

Com esta análise, chega-se à conclusão de que o Plantio Direto trouxe diversos benefícios ao agricultor. Suas grandes vantagens em termos de sustentabilidade com o solo são preservadas, há também a diminuição dos gastos com combustível com a eliminação de diversas etapas de preparação do solo.

2.2 SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

As culturas implantadas sob cultivo mínimo (PD), como culturas de verão e outra no inverno, praticado pela grande maioria dos agricultores, do norte ao sul do Brasil, não gera grandes melhorias.

O espírito imediatista do agricultor, relega ao segundo plano a rotação de culturas e acaba optando de forma recorrente, para o plantio da soja no verão e o trigo no inverno, deixando em pousio um solo por um longo período outonal, que pode ir normalmente da segunda quinzena de março até a primeira quinzena de junho na região missioneira do Rio Grande do Sul.

Como se isto não bastasse, com o lançamento de máquinas e implementos cada vez maiores, desenvolvidos para a região do centro oeste do Brasil, são adquiridas pelos nossos agricultores do sul com o intuito de agilizar os trabalhos, e para funcionarem em solos com declividade, destroem sistemas de terraceamento que retinha as águas no local, e não carreavam os nutrientes e o solo em suspensão.

Com o resultado destas práticas ao longo dos anos, o solo foi degradado física, química e biologicamente gerando compactação por não alcançar a quantidade mínima necessária de palha para proteger a superfície do solo, nem raiz para estruturar o solo. Com isto, não há fluxo de água e não existe palhada e enraizamento suficiente para promover a capilaridade, e assim, os nutrientes presentes não são devidamente aproveitados.

Há a necessidade de retomarmos as boas práticas de uma agricultura conservacionista e sustentável chamado de Sistema de Plantio Direto (SPD), que exige do agricultor e dos técnicos uma nova postura na gestão da propriedade, uma visão empresarial sobre a atividade além de uma constante atualização técnica. O sistema requer cuidado na tomada de decisões para a sua implantação ou na correção dos rumos, mas depois de restabelecido, seus benefícios se estendem não apenas ao solo, mas ao rendimento das culturas e à competitividade dos sistemas agropecuários.

Em se tratando de um sistema complexo, exige-se do agricultor um amplo domínio de todas as fases do sistema, um conhecimento do manejo de diferentes culturas, adquirido frequentando cursos, dias de campo ou assistência técnica especializada. Estima-se que apenas, em torno de 20 a 25% dos agricultores realizam o SPD.

O Sistema plantio direto (SPD) está calcado sobre três princípios:

1. Mínimo revolvimento do solo.
2. Presença de cobertura viva e morta sobre o solo.
3. Rotação de culturas.

A palhada é oriunda de plantas de cobertura, implantadas especialmente para tal finalidade ou resteva de lavoura cultivada anteriormente ou pela rotação da cultura que irá beneficiar a espécie rotacionada. Enquanto a palha tem a função de proteger o solo do impacto da chuva, do sol de verão, contra a oscilação da temperatura e contra a evaporação, a raiz tem a função de estruturar o solo.

Segundo Denardin et al (2019), o milho obrigatoriamente precisa entrar no sistema rotativo para promover raiz e palha para o solo. A soja e as culturas de inverno como trigo, aveia, canola não tem raiz para promover uma estrutura do solo. Precisa ser inserido um cereal

de verão com raízes agressivas para romper as camadas compactadas do solo, como, milho, capim-Sudão ou sorgo forrageiro.

2.3 PLANTAS DE COBERTURA

As plantas de cobertura representam um papel de grande importância para o pleno funcionamento do sistema plantio direto (SPD) como um sistema sustentável, porém deve-se se ter muito cuidado para a escolha das espécies, quanto ao fornecimento de biomassa seca, se a espécie é fixadora de nitrogênio, se é hospedeira alternativa de pragas ou doenças, se há formas de manejo com herbicidas disponíveis, e se a espécie produz efeitos alelopáticos negativos sobre as culturas de sucessão e rotação. As raízes das plantas de cobertura também são eficientes em melhorar a agregação e a porosidade do solo, garantindo melhor aeração, infiltração de água e atividade biológica do solo (DENARDIN *et al*, 2019).

Com o uso contínuo de uma mesma planta de cobertura, resultou na seleção da biologia do solo, impactando de certa forma nas culturas em sequência, aumentando a pressão a certos patógenos. Assim foi se entendendo que uma só cultura de cobertura não era mais o suficiente para estimular a biota do solo como um todo para promover o equilíbrio necessário.

Surgiu o poli cultivo de plantas de cobertura “O Mix”. Enquanto uma cultura desenvolve sistema radicular mais profunda que outra. Uma se desenvolve mais rapidamente e outra mais vagarosamente. Uma cultura tem mais afinidade em reciclar nitrogênio e enxofre, outra, potássio.

Quando implantamos mais culturas, estimulamos mais a biota do solo que vai promover o equilíbrio biológico. O valor de um poli cultivo nos dá uma melhoria química através da reciclagem de nutrientes, melhoria física que melhora e agrega o solo.

2.1.1 Nabo Forrageiro

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.), pertencente à família Cruciferae, é uma planta anual, alógama, herbácea, ereta, muito ramificada e que pode atingir de 100 a 180 cm de altura (Derpsch & Calegari, 1992), originário do Sul da Europa e está entre as mais antigas espécies para a produção de óleo, muito cultivado na Ásia Oriental.

Caracteriza-se pelo crescimento inicial extremamente rápido, e aos 60 dias após a emergência promove a cobertura de 70% do solo (CALEGARI, 1990). A raiz é pivotante, podendo atingir 2 metros de profundidade. As folhas são alternadas entre 12 a 15 cm de

comprimento, com longo terminal. O ciclo da planta é anual; o plantio ocorre entre abril e maio e o período de produção dura três meses. O florescimento ocorre 80 dias após o plantio, com uma duração de 30 dias alcançando a maturação aos 120 dias.

Por ser uma planta de inverno, o plantio mais indicado é em abril/maio, com o espaçamento entre linhas de 17 a 40 cm usando uma média de 25 sementes por metro linear com 15 a 20 kg/ha para a produção de massa verde. Para a produção de grãos o espaçamento das linhas deverá ser maior. O nabo forrageiro produz 20 a 35 t/ha de massa verde, 3,5 a 8 t/ha de massa seca e 0,5 a 1,5 t/ha de grãos, sendo de cor marrom-amarelada com 2 a 3 mm de diâmetro.

Muito utilizada como adubação verde sendo uma das poucas culturas propícias na função de atenuar a compactação do solo, através de um sistema radicular pivotante, rompendo camadas e propiciando um aumento da infiltração da água.

O nabo apresenta elevada capacidade de reciclagem de nutrientes como o fósforo e em relação ao Nitrogênio pode ser comparado a uma leguminosa. O nabo (Figura 1), por ser uma crucífera, tem uma capacidade para reciclar o enxofre, trazendo-o de volta para a superfície do solo como componente de muita importância na fixação biológica do nitrogênio da soja. No que tange a biologia, a planta, por ter uma relação C:N muito baixa, se decompõe rapidamente, estimulando microrganismos de melhor qualidade e contribui para o aumento do teor de matéria orgânica do solo.

Em estudos desenvolvidos pela Universidade de Maryland no Texas EUA, classificaram o nabo forrageiro como um supressor de ervas daninhas, não pelo efeito alelopático, mas sim pela cobertura do solo. Em outro estudo conduzido sobre nematoides pela mesma Universidade, concluiu que o nabo reduziu a sobrevivência do nematoide (*Meloidogyne incógnita*) e do nematoide do cisto da soja (*Heterodera glycines*).

Porém, a cultura apresenta elevada suscetibilidade ao mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e as sementes com escleródios podem apresentar rápida infecção do mofo-branco, além de proporcionar aumento de inóculo na área de cultivo, necessitando para isto, tratar as sementes. Quando em policultivos a manifestação das doenças e pragas, diminui consideravelmente.

Figura 1. Nabo Forrageiro.



Fonte: Sementes Renascer

2.1.2 Trigo Mourisco

O trigo mourisco, também conhecido como trigo sarraceno, trigo mouro ou trigo preto (*Fagopyrum esculentum* Moench), é uma planta dicotiledônia pertencente à família Polygonaceae, tem como centro de origem a china de onde se dispersou pela Ásia e outras partes do mundo, chegando à América do Norte no século XVII.

Apresenta múltiplos usos, incluindo alimentação animal, em substituição às gramíneas), cobertura de solo. Na alimentação humana, por ser considerado um alimento funcional, ou seja, afeta positivamente o organismo humano por si só, e por não conter glúten, é muito indicado para celíacos (SI

O trigo mourisco necessita de polinização cruzada para reproduzir sementes, então uma pesquisa realizada em Manitoba no Canadá, sugeriu que a cada acre deve-se ter uma colônia de abelha, isto representa, uma colônia de abelha para dois hectares.

A espécie se desenvolve bem em solos pobres porque seu sistema radicular tem grande afinidade com micorrizas facilitando a absorção de fósforo e potássio de maiores profundidades, sendo por isto, uma excelente recicladora de nutrientes do solo. A cultura possui um rápido fechamento de linha, inibindo a germinação de plantas que dependem de luz para germinar, como por exemplo a buva.

O trigo mourisco (Figura 2) por pertencer a uma família de espécie diferentes das culturas do país, pode ser usado para interromper o ciclo das principais pragas e doenças que atacam as culturas brasileiras.

No sul do Brasil, o Trigo Mourisco é utilizado após a colheita das culturas de verão, antecedendo a implantação das culturas de inverno, como trigo, cevada ou aveia. Segundo Menezes e Leandro (2004), ao avaliarem a produção de fitomassa de diferentes espécies de coberturas do solo e o potencial dessas espécies vegetais em fornecer nutrientes às culturas subsequentes, a planta apresentou um ótimo resultado. Além de apresentar alta relação carbono/nitrogênio, promovendo a reciclagem de nutrientes e favorecendo as culturas subsequentes, esta planta também se destaca na supressão de nematoides, inibindo a reprodução do gênero *Pratylenchus* spp. e suprimindo o desenvolvimento em 90% de formas juvenis de *Meloidogyne incógnita*. Segundo a Sociedade Brasileira de Nematologia, as perdas causadas por este fitopatógeno variam entre 5 e 35%, dependendo do tipo de cultivo.

As referidas espécies de fito nematoides possuem potencial de sobreviver de uma safra para a outra, no entanto, com a implantação do trigo mourisco ocorre uma quebra de ciclo de desenvolvimento e multiplicação. O mecanismo de ação envolve a produção de exsudatos radiculares que inibem o desenvolvimento de nematoides, que, além de ser rico em taninos, substâncias com ação anti-helmíntica, que atuam reduzindo a fertilidade de nematoides fêmeas, conseqüentemente, reduzindo a sua taxa de reprodução.

Figura 2. Trigo Mourisco.



Fonte: LVA et al. (2002).

2.1.3 Capim Sudão

O capim-Sudão (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) (Figura 3) tem como origem o Sudão e sul do Egito e levada para os Estados Unidos em 1909 e, mais tarde, sendo trazida para o Brasil, Argentina e Uruguai.

O capim-Sudão (Figura 3) é uma forrageira de ciclo anual, com grande velocidade de crescimento, excelente capacidade de perfilhamento e resistente ao estresse hídrico, além de seu bom valor nutritivo possui bastante folhas longas, colmo fino e de boa palatabilidade, e chega a atingir a altura de 3 m (May et al., 2011).

Devido a sua melhor capacidade de rebrota que a maioria das gramíneas anuais, admite-se utilizações sucessivas. Por essas razões, o capim-Sudão é mais utilizado para pastoreio rotacional temporário. Além disso, acumula menores quantidades de ácido prússico que é um composto tóxico (HCN, ácido cianídrico) do que o sorgo forrageiro.

As suas sementes apresentam boa capacidade de germinação, com rápida emergência sob temperaturas elevadas do solo e do ar. Em função de suas 5 características, é mais apropriado para utilização na forma pastejo direto, corte verde e produção de feno. O capim sudão plantado em linha, necessita 25 kg de sementes por hectare. As raízes da planta são muito agressivas e tem o poder de romper as camadas mais adensadas do solo em um período de 60 dias.

Figura 3. Capim sudão.



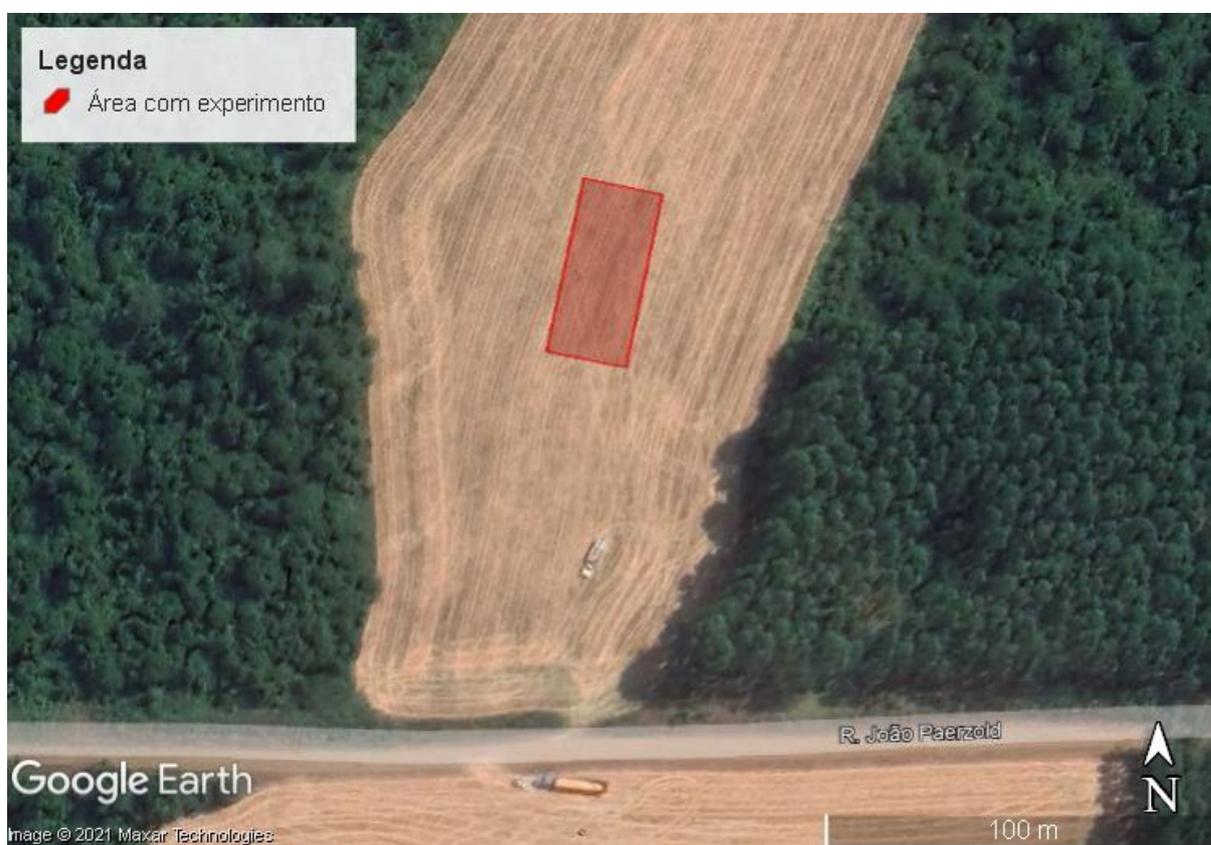
Fonte: Embrapa.

3 METODOLOGIA

3.1 SOLO, CLIMA E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Para atender os objetivos propostos, instalou-se um experimento em uma lavoura sob plantio direto, localizada na Linha Santo Antônio, Município de Salvador das Missões/RS (Figura 4). O clima da região é classificado como Cfa (úmido em todas as estações do ano, verão quente e moderadamente quente) (KUINCHTNER; BURIOL, 2001). O solo da área é classificado como um Cambissolo Háplico, com composição granulométrica de 350 g kg de argila; 210 g kg de areia e 440 g kg de silte na camada de 0 a 20 cm.

Figura 4. Localização do experimento em lavoura, no município de Salvador das Missões-RS.



Fonte: Google Earth.

A área onde se instalou o experimento, vinha sendo conduzida a mais de 20 anos sob plantio direto. As principais culturas que vinham sendo cultivadas eram soja e milho na primavera/verão e trigo e canola no período de outono/inverno. Antes de implantar o experimento foram

coletadas amostras de solo na camada de 0 a 10 cm de profundidade retiradas com uma pá de corte, compostas por várias subamostras numa distribuição espacial de 1 ha. Conforme o resultado das análises (Tabela 1), promoveu-se, logo após a colheita da soja 2021, uma aplicação de calcário a lanço de 1.500 kg de calcário por ha corrigido em 70% o PRNT. Como os níveis de fósforo na área estavam baixos, aproveitou-se para corrigir o solo com 300 kg de superfosfato simples no momento da semeadura das plantas de cobertura, para promover uma melhor distribuição do fósforo através da incorporação na linha de semeadura. O espaçamento entre linhas foi de 17 cm.

Tabela 1- Dados da análise química do solo da área experimental.

Elemento/propriedade química	Camada
	0 a 10 cm
Argila (%)	35
Classe	3
pH _{H2O}	5,3
SMP	5,8
P (mg dm ⁻³)	11,9
K (mg dm ⁻³)	480
MO (%)	4,7
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,1
Ca (cmol _c dm ⁻³)	12,5
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,9
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	5,5
CTC _{pH7} (cmol _c dm ⁻³)	21,5
Saturação de Al (%)	0,6
Saturação de Bases (%)	74,5
S (mg dm ⁻³)	13,1
Zn (mg dm ⁻³)	15,3
Cu (mg dm ⁻³)	20,8
B (mg dm ⁻³)	0,5
Mn (mg dm ⁻³)	153

Fonte: Laboratório de química e fertilidade da UFSM. Adaptado pelo autor.

Para definir as espécies de plantas de cobertura, se levou em consideração, precocidade, ciclagem de nutrientes, produção de massa seca, redução de pragas e doenças, relação C/N e enraizamento com potencial descompactação. As plantas escolhidas foram: Trigo Mourisco, Nabo Forrageiro e Capim-Sudão e a mistura dessas espécies em diferentes proporções.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E IMPLANTAÇÃO DO TRATAMENTO

Para a pesquisa, foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso (DBC), com quatro blocos e com oito tratamentos, perfazendo um total de 32 parcelas de 4,0 x 5,50 m (Figura 5).

Figura 5. Croqui do experimento em lavoura comercial, em de Salvador das Missões-RS.

4	8	7	1	5	3	2	6
6	3	5	8	2	4	1	7
5	4	2	6	7	1	8	3
1	8	6	3	2	5	7	4

Fonte: autor (2022).

Os tratamentos utilizados foram diferentes espécies de plantas de cobertura implantadas de forma solteira e de forma consorciada. Como testemunha utilizou-se o pousio. Foram adquiridas sementes certificadas e corrigidas as porcentagens de impurezas e poder de germinação, para definir a quantidade de semente a ser utilizada. Com base nisso, utilizou-se 18 kg/ha de Nabo Forrageiro, 30 kg/ha de Capim Sudão e 72 kg/ha de Trigo Mourisco. Na tabela 1, estão detalhados os tratamentos.

Figura 6. Implantação do experimento: registros dos produtores de sementes usadas no experimento (a); rastelo manual (b); semeadura das plantas de cobertura (c).



Fonte: autor (2021)

Para realizar a semeadura nas diferentes parcelas do experimento usou-se uma semeadora da marca KF de 19 linhas distanciadas em 17 cm dando uma abrangência de 3,23 metros de largura com 4 passadas no meio das parcelas em sentido longitudinal, abrindo sulcos, até completar 8 parcelas por passada. Junto com a abertura dos sulcos promoveu-se a correção de fósforo com o uso de 300 kg/ha de superfosfato simples dando um tratamento igualitário a todas as parcelas.

A semeadura das plantas de cobertura foi realizada nos dias 13 e 14 de abril de 2021. A densidade de semeadura e a proporção de sementes de cada espécie estão descritas na Tabela 2. Para executar a tarefa do plantio, inicialmente foi usado um rastelo manual com hastes na distância de 17 cm para a reabertura dos sulcos. A seguir, com o parâmetro de régua centimétrica distribuiu-se as sementes uniformemente dentro do sulco, atendendo o propósito da quantidade por metro linear de cada tratamento. Quando o tratamento exigia o plantio de três culturas no mesmo sulco da parcela, para uma melhor precisão, as sementes foram distribuídas manualmente de forma separada. Para agilizar a contagem das sementes, calibraram-se repetidamente diferentes dosadores. Para isto se usou seringas descartáveis com 3 e 5 ml de capacidade, atendendo as diferentes tamanhos e quantidades de semente em milímetro.

Fechado novamente os sulcos e dando por encerrado o plantio no dia 14 de abril a tarde, a coroação do trabalho veio no dia 15 de abril com uma chuva de 25 milímetros.

Tabela 2. Tratamentos e quantidade de semente utilizada.

Tratamento	Espécie	Quantidades de sementes por metro linear	Quantidades de sementes (kg/ha)
T1	Nabo forrageiro	48	18 kg ha ⁻¹
T2	Capim Sudão	61	30 kg/ha
T3	Trigo mourisco	53	72 kg/ha
T4	1/3 – Nabo forrageiro	16	6 kg/ha
	1/3 - Capim Sudão	20	10 kg/ha
	1/3 – Trigo mourisco	17	24 kg/ha
T5	1/2 - Nabo forrageiro	24	9 kg/ha
	1/4 – Capim sudão	15	7,5 kg/ha
	1/4 – Trigo mourisco	13	18 kg/ha
T6	1/4 – Nabo forrageiro	12	4,5 kg/ha
	1/2 – Capim sudão	30	15 kg/ha
	1/4 – Trigo mourisco	13	18 kg/há
T7	1/4 - Nabo forrageiro	12	4,5 kg/ha
	1/4 - Capim sudão	15	15 kg/ha
	1/2 - Trigo mourisco	26	26 kg/ha
T8	Pousio		

Fonte: autor (2022).

A germinação ocorreu de modo uniforme e dentro da expectativa. O desenvolvimento atendeu as características intrínsecas de cada cultura.

Figura 7. Vistoria realizada em 30 de abril de 2021 (16 dias após semeadura).



Fonte: autor (2021).

No dia 16 de maio 2021, foi feita uma cobertura fotográfica para registrar o estado do desenvolvimento das plantas de cobertura, o stand das plantas e o desempenho de cada tratamento. Naquele momento o experimento completava 33 dias da sua implantação.

Figura 8. Os diferentes tipos de tratamentos: nabo forrageiro (a); capim sudão (b); trigo mourisco (c); 1/3 nabo forrageiro; 1/3 capim sudão; 1/3 trigo mourisco (d); 1/2 nabo forrageiro; 1/4 capim sudão; 1/4 trigo mourisco (e); 1/4 nabo forrageiro; 1/2 capim sudão; 1/4 trigo mourisco (f); 1/4 nabo forrageiro; 1/4 capim sudão; 1/2 trigo mourisco (g); pousio (h).





Fonte: autor (2021).

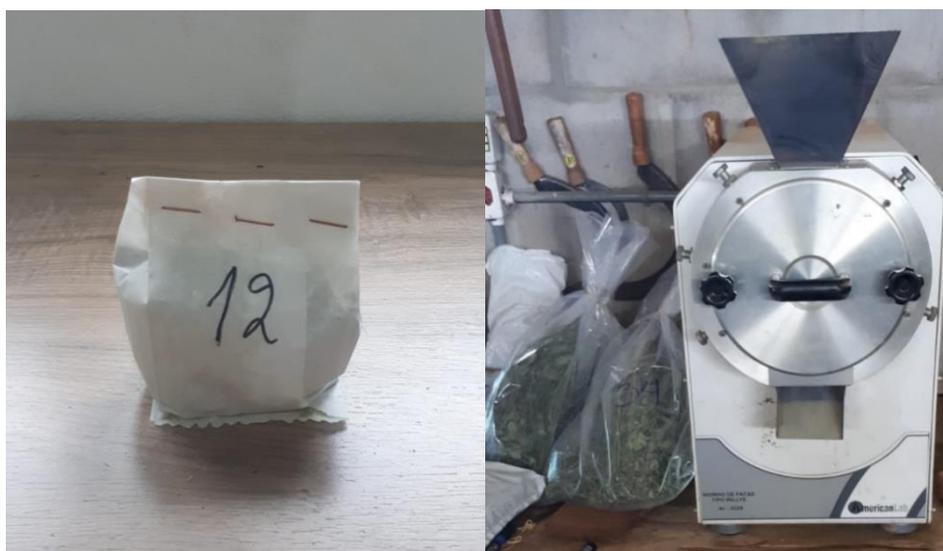
Não houve nenhum manejo durante o estabelecimento das culturas. Para as avaliações, no dia 16 de junho foram coletadas a massa das plantas de cobertura. Até essa data, apenas o Trigo Mourisco e o Nabo Forrageiro estavam em pleno florescimento. Para a sua execução foi usado uma moldura de ferro quadriculado com 25 cm de lado que colocado em local da parcela onde tem a melhor representatividade e após feito o corte das plantas a nível do solo dentro do quadrado e embalado em sacos de juta ou algodão devidamente numerados para que possa representar a massa de cada parcela. A seguir, foi colocado em estufas até sua secagem e pesado na sequência. Para analisar o teor de nutrientes na massa seca (C, N, P, K, Ca, M), as amostras foram moídas em micro moinho Willey embalados em sacos plásticos e repassados em saquinhos de papel e enviados ao Laboratório de Análises da UFSM, para serem analisados.

Figura 9. Coleta da Massa das Plantas.



Fonte: autor (2021)

Figura 10. Amostra de matéria seca.



Fonte: autor (2021).

No dia 22 de junho de 2021, foi realizada a dessecação das plantas de cobertura. Para a dessecação foram usados os seguintes produtos: Herbicida Crucial (Equivalente de Ácido de Glifosato – 540,00 g/L) como Herbicida sistêmico não seletivo na dosagem de 2 litros por hectare, junto o Herbicida Heat (ingrediente ativo Saflufenacil – 350 g/kg), herbicida seletivo condicional de contato, objetivando o controle da erva daninha buva (*Coniza bonariensis*) na dosagem de 7 gramas por hectare, presente na área, além de um redutor de pH da calda (4 a 5,5 pH para herbicidas) e Óleo mineral para aumentar a eficácia dos princípios ativos dos defensivos agrícolas.

Figura 11. Dessecação das plantas de cobertura.



Fonte: autor (2021).

3.3 PREPARO DA ÁREA E SEMEADURA DO TRIGO

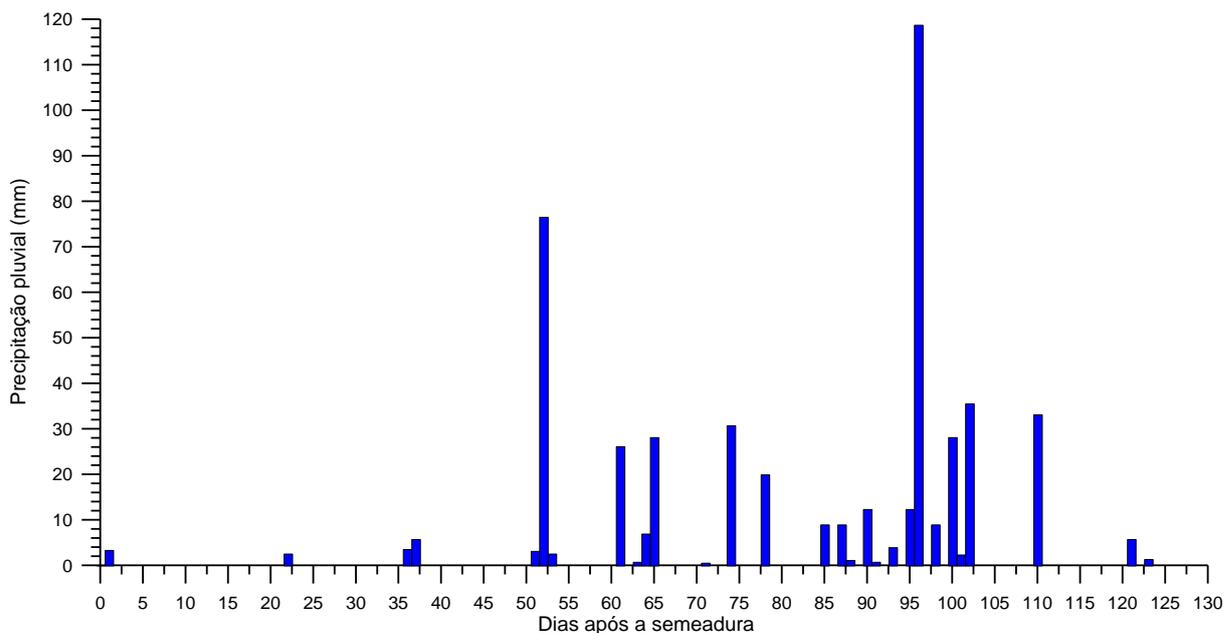
Figura 12. Realização da semeadura do trigo.



Fonte: autor (2021).

No dia 04 de julho 12 dias após o manejo das plantas de cobertura, implantou-se a cultura do trigo no experimento. A variedade de trigo utilizado foi o Tbio Ponteiro, com a quantidade de 130 kg/ha de sementes. Para a adubação de base foram usados 300 kg/ha da fórmula 8-20-20.

Figura 13. Precipitação pluviométrica durante o período de cultivo da cultura do trigo.



Fonte: autor (2022).

Como pode ser observado, o plantio da cultura do trigo, praticamente não teve precipitação pluviométrica durante os primeiros 53 dias. Devido a isto, o stand do trigo ficou enormemente prejudicado, ocorrendo problemas na germinação, resultando em uma população de plantas abaixo do recomendado. Devido à estiagem a planta mãe atrasou muito no desenvolvimento de afilhos, vindo a ocorrer somente depois da primeira chuva.

O potencial produtivo do trigo se define na média de 30 a 40 dias após o plantio, podendo variar por variedade. A aplicação nitrogenada, devido a esta característica da planta e a grande demanda deste nutriente pela cultura, se torna necessária que seja feita neste período. Como a planta se encontrava em estresse hídrico, a cobertura nitrogenada só pode ser feita no dia 23 de agosto em pré-chuva, visto que a estiagem não apresentava as condições de ser efetuada antes. A quantidade aplicada foi de 120 kg/ha de ureia por hectare ou 54 kg de N/ha.

Para os tratamentos culturais: No dia 18 de agosto foi aplicado o herbicida nufuron com a dose de 7 gramas por hectare (Metsulfurom-metílico a 600 g/kg), acompanhado do redutor de calda (allredutt com 50 ml/ha), e o anti-deriva (fihgter com 100 ml/ha), inseticida lagartida fisiológico Mirza (Triflumurom a 480 g/L) com 50 ml/ha e óleo mineral áureo na dosagem de 500 ml/ha.

Figura 14. Cultura do trigo em estado reprodutivo.



Fonte: autor (2021).

No dia 15 de setembro foi aplicado a primeira dose de fungicida, visando a prevenção principalmente das doenças, ferrugem da folha e do colmo e a mancha foliar do trigo com os produtos fúngicos como sphere max com a dose de 200 ml ha⁻¹ e propiconazole com 500 ml/ha acompanhado do redutor de calda allredutt com 30 ml, o anti-deriva fighter na dose de 100 ml/ha, o inseticida imidacloprid 480 sc. 100 ml/há além do óleo mineral áureo fec br com 300 ml/ha. Dia 5 de outubro houve a necessidade de uma segunda dose de fungicidas o qual foi feito com a repetição dos mesmos produtos e doses.

Figura 15. Corte de plantas rente ao solo, com auxílio de um quadrado metálico, para quantificação da produção de massa seca, realizado dia 22/10/2021.



Fonte: autor (2022).

Para a avaliação da massa seca do trigo foi feito o corte rente ao solo dentro de um quadrado de ferro dimensionado de modo que fosse representativo como MS/ha. A seguir foi acondicionada em bolsas de juta e algodão com a finalidade de desidratar dentro de estufas para não perder MS. Com a amostragem seca, foi feita a pesagem em balança de precisão para avaliação.

Dia 2 de novembro de 2021, com o trigo em maturação fisiológica foi aplicado o herbicida glufosinato, de nome comercial finale para a dessecação da cultura, além de um redutor de pH (allredutt) e um óleo mineral (mees).

Figura 16. Colheita do trigo (amostra).



Fonte: autor (2022)

Para estimar a produtividade das 32 parcelas do experimento, de posse de uma régua e uma tesoura de poda promoveu-se o corte de 3 fileiras de um metro de plantas médias de trigo. A distância entre as fileiras foi de 17 cm, representando em uma área de 0,51 m². Cada amostra cortada, foi embalada em bolsa de algodão que foi identificado com o número da parcela e o número do tratamento. Logo após as bolsas foram acondicionadas em estufas para completar a sua secagem.

3.4 AVALIAÇÃO DOS INDICADORES FÍSICOS DO SOLO

O Método do Anel Volumétrico (MAV), é considerado uma amostragem padrão para a avaliação da densidade e da porosidade do solo, e consiste na amostragem do solo com estrutura indeformada num anel (cilindro metálico) de volume conhecido.

As coletas de solo através do Método do Anel Volumétrico na área experimental, foi efetuado no dia 26 de fevereiro de 2022, porque o solo não apresentava condições ideais para uma coleta representativa até aquele momento devido à escassez hídrica.

A tarefa da coleta de solo foi realizada nos dias 26, 27 e 28 de fevereiro em todas as 32 parcelas do experimento através do anel volumétrico de aço de um lado com borda cortante que é inserida no solo através de batidas em cima de um apoiador de anel. Em cada parcela foi coletado solo a uma profundidade de 0 a 10 e 10 a 20 cm, perfazendo um total de 64 amostras. A coleta do solo ocorreu em torno de 100 dias após a colheita do trigo no experimento, quando as condições de umidade do solo estavam adequadas para a coleta de amostras com estrutura preservada

Figura 17. Demonstração da coleta de solo.



Fonte: autor (2022)

Figura 18. Pesagem das amostras de solo secas.



Fonte: autor (2022)

Figura 19. Pesagem das amostras saturadas.



Fonte: autor (2022)

Após as coletas, as amostras foram levadas para processamento em laboratórios. Com essas amostras foi determinado a densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade, seguindo metodologia descrita por Teixeira *et al.* (2017). As amostras de solo foram submetidas à saturação de coluna de água em 3 etapas de 24 horas até completar 72 horas

e depois pesadas. Posteriormente, foram postas numa mesa de tensão a 60 cm de coluna de água por 48 horas promovendo uma nova pesagem para mensuração da quantidade de microporos presentes no solo pela diferença do peso. Ao final, elas foram colocadas em estufa de ar forçado a 105° C, onde ficaram 48 horas, para que a massa seca de solo fosse obtida.

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos foram submetidos a análise da variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott , a 5% de probabilidade.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

A avaliação das propriedades físicas do solo, para as diferentes plantas de cobertura a densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade em duas camadas de solo: 0 – 10 cm e 10 – 20 cm de profundidade (Tabela 3).

Tabela 3. Propriedades físicas do solo sob diferentes tipos de plantas de cobertura

Tratamento	Densidade do solo (g m ⁻³)	Porosidade total (cm ³ cm ⁻³)	Microporosidade (cm ³ cm ⁻³)	Macroporosidade (cm ³ cm ⁻³)
Camada de 0 -10 cm				
Nabo Forrageiro	1,31 a	0,54a	0,41a	0,16a
Capim Sudão	1,26 a	0,55a	0,40a	0,19a
Trigo Mourisco	1,31 a	0,57a	0,42a	0,15a
1/3NF1/3CS1/3TM	1,31 a	0,56a	0,42a	0,15a
1/2NF1/4CS1/4TM	1,33 a	0,56a	0,41a	0,15a
1/4NF1/2CS1/4TM	1,35a	0,55a	0,43a	0,12a
1/4NF1/4CS1/2TM	1,35 a	0,55a	0,42a	0,12a
Pousio	1,39 a	0,54a	0,41a	0,13a
CV (%)	5,97	4,74	5,88	27,49
Camada de 10 -20 cm				
Nabo Forrageiro	1,43a	0,53a	0,42a	0,11a
Capim Sudão	1,35a	0,54a	0,40a	0,14a
Trigo Mourisco	1,40a	0,54a	0,42a	0,13a
1/3NF1/3CS1/3TM	1,37a	0,56a	0,40a	0,15a
1/2NF1/4CS1/4TM	1,46a	0,54a	0,42a	0,12a
1/4NF1/2CS1/4TM	1,44a	0,53a	0,42a	0,12a
1/4NF1/4CS1/2TM	1,39a	0,55a	0,41a	0,14a
Pousio	1,45a	0,53a	0,41a	0,12a
CV (%)	5,68	4,00	4,77	22,2

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Fonte: autor (2022).

São conhecidos das fontes da literatura, alguns parâmetros do solo que apontam o nível crítico que ele se encontra para auxiliar na tomada de decisão de uma possível intervenção: Faixa de valores físicos críticos do solo: densidade do solo (D_{sc}) 1,4 – 1,6 (g cm⁻³) para solos argilosos e 1,6 – 1,8 (g cm⁻³) para solo franco e arenoso propostos por VEIHMEIER & HENDRICKSON, 1948.

Há concordância no sentido de que a infiltração de água, macroporosidade, resistência à penetração de raízes, densidade, porosidade total e microporosidade indicam o estado em que a estrutura do solo se encontra e servem como indicadores do seu estado de compactação REICHERT et al. (2003).

O armazenamento, disponibilidade e transporte da solução e do ar no solo não só dependem da porosidade total, mas também, e principalmente, de como o espaço poroso total

é distribuído por tamanho. Os microporos são responsáveis pela retenção de água e solutos, e os macroporos pela infiltração, drenagem e aeração do solo FURQUIM, Leonardo (2019).

Do ponto de vista químico do solo, parâmetros relacionados à porosidade afetam os processos de capacidade de troca catiônica, fixação de fósforo, absorção de água e de nutrientes e a presença de oxigênio, os quais definem o grau de fertilidade do solo bem como seus processos biológicos, portanto, o sucesso do plano de recuperação depende que os indicadores físicos de qualidade do solo estejam dentro dos limites da capacidade suporte de um sistema produtivo

Nas propriedades físicas do solo, sob diferentes plantas de cobertura, levando-se em consideração a sua Densidade, Porosidade Total, Micro porosidade e Macro porosidade, nas camadas de 0 a 10 cm, como e de 10 a 20 cm de profundidade do solo não houve diferença entre os tratamentos.

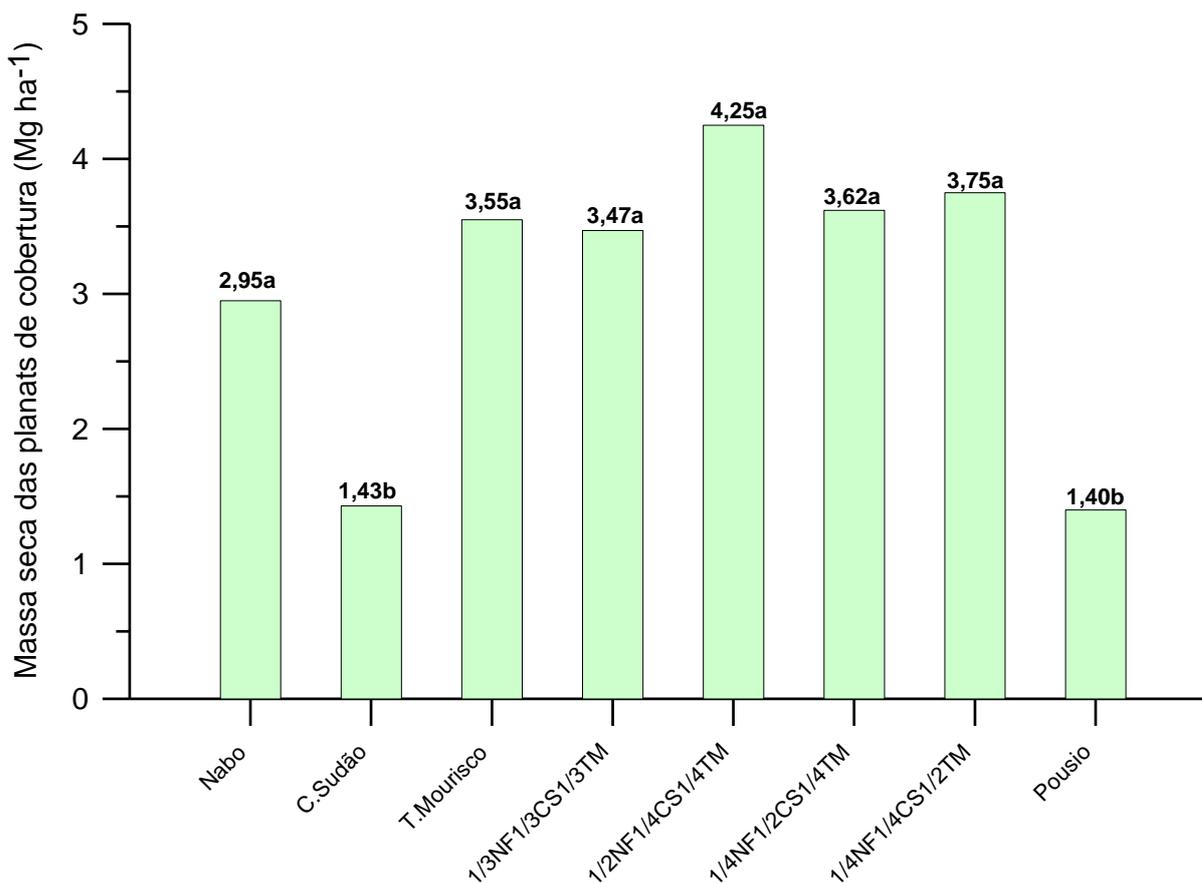
A Densidade do solo no tratamento 2 (Capim Sudão) na profundidade de 0 – 10 cm, demonstrou uma ligeira melhora em relação aos demais tratamentos, o mesmo acontecendo com a macroporosidade ficando em acima de $0,10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. Embora não havendo diferença significativa entre os tratamentos, pode-se creditar à raiz mais agressiva do capim sudão à maior porcentagem de macroporos.

Dados publicados e observações visuais indicam que o maior estado de compactação de solos sob SD, indicado pela densidade, ocorre de 8 cm até aproximadamente 15 cm de profundidade, compactação provocada pelo confinamento das pressões que ocorrem próximo a essa profundidade. REICHERT et al. (2003).

A camada do solo de 10 – 20 apresenta um estado de compactação levemente superior em relação a camada superficial e o mesmo acontecendo com a diminuição na porcentagem de macroporos, porém não comprometendo o desenvolvimento normal das raízes das plantas. Os valores encontrados na Macroporosidade em geral estão bem acima do mínimo necessário ($0,10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) para o crescimento e desenvolvimento satisfatório de sistemas radiculares.

Quanto a massa seca da parte aérea das plantas de cobertura do solo, as espécies presentes nos tratamentos com Capim Sudão e pousio, apresentaram valores significativamente inferiores aos demais tratamentos (Figura 20). O capim Sudão apresentou menor crescimento pois a semeadura ocorreu num período que já não era o mais favorável para a cultura. Os tratamentos com nabo, trigo mourisco e consórcios, não diferiram entre si, apresentando comportamento semelhante para este parâmetro.

Figura 20. Massa seca da parte aérea das plantas de cobertura do solo.



Fonte: autor (2022).

Tabela 3. Composição química da biomassa da parte aérea das plantas de cobertura do solo

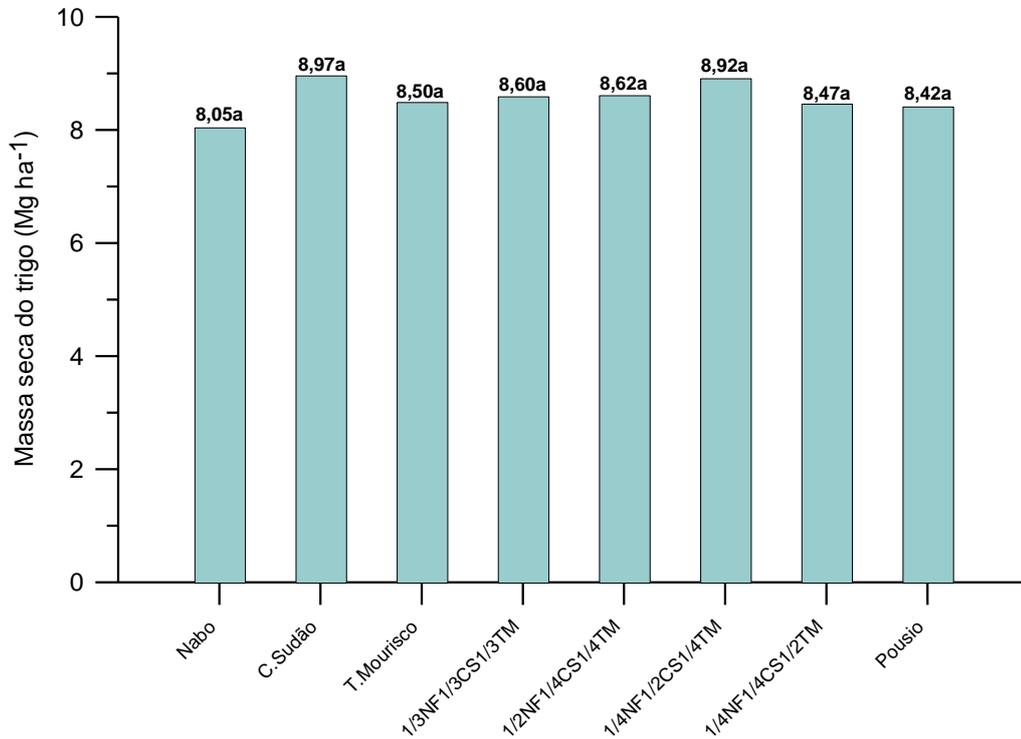
Tratamento	N	C	P	K	Ca	Mg	S	C/N
Nabo Forrageiro	75,8a	1079,9a	7,4 b	105,0a	54,1a	10,7c	0,72d	14,24
Capim Sudão	46,6b	558,7b	5,8c	57,7b	12,6c	6,0cd	0,50d	12,00
Trigo Mourisco	85,3a	1321,1a	12,7 ^a	70,3 b	51,9a	26,0a	1,70b	15,49
1/3NF1/3CS1/3TM	70,8a	1195,2a	6,9b	63,1b	37,0b	9,8bc	1,69b	16,89
1/2NF1/4CS1/4TM	100,3a	1234,9a	2,9d	28,2c	18,1c	5,1d	1,14c	12,31
1/4NF1/2CS1/4TM	81,2a	1215,3a	10,8 ^a	109,1a	62,6a	15,7b	2,70a	14,97
1/4NF1/4CS1/2TM	86,4a	1006,1a	2,9d	29,3c	17,0c	4,5d	1,51b	11,64
Pousio	24,6b	364,5b	0,5e	3,9d	2,1d	0,9e	0,46d	14,84
CV (%)	24,67	23,45	22,62	19,41	21,52	26,27	22,15	

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Fonte: autor (2022).

O mesmo comportamento foi observado para os teores de carbono e nitrogênio da biomassa da parte aérea das plantas de cobertura, constatando valores significativamente inferiores de C e N para os tratamentos que demonstraram menores valores também para a massa seca da parte aérea. Quanto aos demais elementos presentes da composição química da

biomassa da parte aérea, o comportamento foi variável, diferindo em função da espécie ou consórcio em questão.

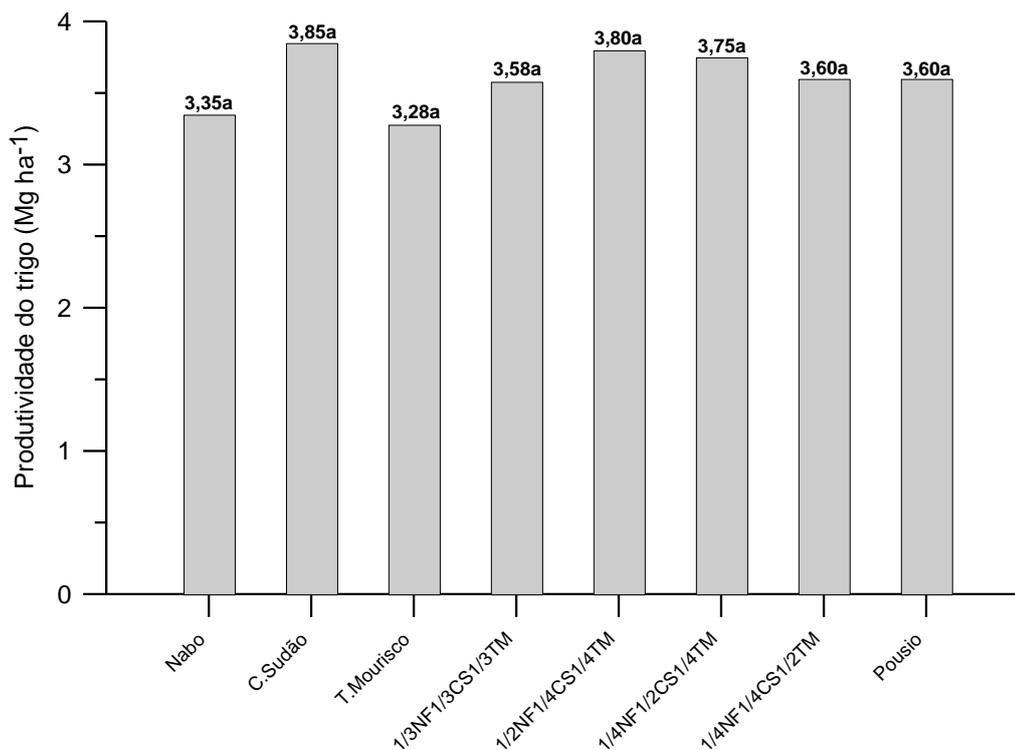
Figura 21. Massa seca da parte aérea do trigo cultivado sob diferentes plantas de cobertura do solo.



Fonte: autor (2022).

Quanto a massa seca da parte aérea e produtividade de trigo cultivado sob diferentes plantas de cobertura do solo, foi possível constatar que estes parâmetros não sofreram influência dos diferentes tratamentos, uma vez que não foi possível constatar diferença significativa entre os tratamentos.

Figura 22. Produtividade do trigo cultivado sob diferentes plantas de cobertura do solo.



Fonte: autor (2022).

A simples avaliação do nível de nutrientes no solo, mediante uma análise química de amostras, não expressa o real estado de fertilidade de um solo manejado sob Sistema Plantio Direto (SPD). O solo poderá deter os níveis químicos adequados, mas não apresentar uma estrutura física adequada para o desenvolvimento satisfatório do sistema radicular das plantas para a absorção dos nutrientes exigidos.

A massa dos resíduos culturais, das plantas cultivadas, é inferior a massa de grãos produzida por unidade de área. Sendo assim, nenhuma das espécies, melhoradas e cultivadas em monocultivo supre a quantidade de material orgânico requerido pela biologia do solo para promover e manter a estrutura do solo para expressar sua fertilidade.

Os sistemas agrícolas produtivos que contemplem modelos de produção estruturados por espécies de baixa relação C:N, como soja, canola (*Brassica napus* L.), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), ervilhaca (*Vicia sativa*) e outras leguminosas, requerem elevada quantidade e/ou frequência de aporte de material orgânico ao solo para promoverem estrutura de solo condicionadora de solo fértil. A opção, portanto, é estabelecer diversificação de espécies, em rotação, sucessão e/ou consorciação de culturas, que promova elevada relação C:N (DENARDIN *et al.*, 2012).

Uma forma para se certificar se o aporte de material orgânico ao solo está adequado é observar no final do ciclo de uma cultura, se ainda se encontra na superfície do solo, resíduos

culturais da espécie anteriormente cultivada. A presença de material orgânico ainda não decomposto, indica que o aporte está apropriado porque antes de findar a decomposição, um novo aporte de material orgânico está sendo efetuada.

A conexão entre as plantas e os organismos do solo se dá por meio da rizosfera, que através dos exsudatos promove uma seleção de organismos benéficos a ela, desta forma, a abundância da biodiversidade microbiana, fica na dependência da implantação da diversidade de espécies de plantas de cobertura.

O uso de uma adubação do Sistema Plantio Direto, através das plantas de cobertura, apostando na reciclagem de nutrientes, é uma prática que pode promover um melhor sincronismo na liberação deles e as plantas em sucessão, podendo a sua eficiência ser superior, comparado a adubação mineral.

Além de aumentar a matéria orgânica, que é um dos grandes objetivos das plantas de cobertura, há a necessidade de dar ênfase na parte física do solo, que com diversidade de raízes, com os fungos micorrízicos associados, aumentam a estabilidade dos agregados do solo.

5 CONCLUSÕES

Nas propriedades físicas de densidade e porosidade (total, micro e macro) não houve diferença entre os tratamentos, sendo iguais estatisticamente. O mesmo ocorreu com a massa seca e a produtividade do trigo que não foram afetados pelos diferentes manejos, pois não houve diferença entre os tratamentos. Esta pouca variação entre os diversos tratamentos pode estar principalmente relacionada a um experimento novo.

Já a massa seca da parte aérea das plantas de cobertura foi significativamente inferior nos tratamentos com Capim Sudão e Pousio. Os demais não diferiram entre si.

Isso repercutiu de forma muito semelhante para os teores de N e C (principalmente) presente nessas plantas. Os tratamentos que apresentaram os menores valores de massa seca, também apresentaram as menores quantidades de N e C por hectare.

Para os demais elementos analisados (P, K, Ca, Mg e S), apresentaram comportamentos diferentes relacionado ao tipo de tratamento. Isto pode variar de uma planta para a outra, sendo uma característica das próprias plantas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trigo mourisco teve um crescimento inicial muito rápido cobrindo o solo, satisfazendo o ciclo da Polygonácea. O nabo forrageiro, foi um pouco mais lento, porém compensou pelo vigor e pela massa seca que demonstrou produzir. O capim sudão não conseguiu um desenvolvimento desejável, isto devido ao clima ameno que se estabeleceu durante o ciclo da cultura, para melhorar neste aspecto, teria que posicionar ele imediatamente após a colheita da soja, o que daria três semanas de antecipação. Embora houvesse uma ótima germinação, foi observado uma falta de vigor, característica perdida talvez pelo mau armazenamento da semente já que foi adquirida fora da janela de plantio, portanto, uma sobra de estoque. Muitas plantas de Capim sudão não chegaram a completar seu ciclo apesar de ser uma semente certificada.

Foi de grande realização o presente trabalho por conseguir um melhor entendimento a respeito do comportamento de diferentes plantas de cobertura em relação às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, relacionado com a produtividade das culturas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. A.; CASSOL, E. A.; REINERT, D. J.. Relação entre a erodibilidade em entressulcos e estabilidade dos agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2000.
- ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E. Variabilidade de solo e planta em podzólico vermelho amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas – SP, p. 152-157, 1996.
- CALEGARI, A. Plantas de cobertura: manual técnico. Londrina: IAPAR, 2016. CASTRO, I.T.P.; SANTOS, H.R.O.; FIGUEIREDO, M.P.; RAMOS, B.L.P.; GIGANTE, L.M. Características agrônomicas de diferentes híbridos de sorgo com capim sudão para produção de feno. In: 3º Congresso nacional das Ciências Agrárias, 2018, Viçosa, **Anais 3ª congresso do PDVAGRO**, 2018
- DENARDIN, J. E.; FAGANELO, A.; LEMANSKI, J. **Converter Plantio em Sistema Plantio Direto – um modelo à sustentabilidade agrícola**. Embrapa Trigo, Passo Fundo RS, 2009.
- DENARDIN, José Eloir et al. **Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista**. Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2012.
- FLORES, Luana. **Trigo mourisco na rotação de culturas**. Equipe Mais Soja. Santa Maria, 2021.
- GRUVER, Joel, et al. Radishes – **A New Cover Crop for Organic Farming Systems**.
- KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do estado do rio grande do sul segundo a classificação climática de köppen e thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências Exatas, Santa Maria, v.2, n.1, p.171-182, 2001.
- MAY, A.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; RODRIGUES, J.A.S.; LANDAU, E.C.; PARRELA, R.A.C.; MASSAFERA, R. **Cultivares de sorgo para o mercado brasileiro na safra 2011/2012**. Embrapa Milho e Sorgo: Sete Lagoas, 2011, p. 30.
- OADES, J. M. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. **Geoderma**, v. 56, n. 1/4, p. 377-400, 1993.
- PLACIDO, Henrique. **Benefícios do trigo mourisco para o solo da lavoura**. Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá: 2020.
- REICHERT, José M. et al. **Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. Santa Maria RS, 2013.
- REICHERT, José Miguel et al. **Fundamentos da Ciência do Solo**. Universidade Federal de Santa Maria, Editora UFSM, Departamento de Solos. Santa Maria, 2007.
- SALTON, J.C; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z.; **Sistema plantio direto, o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados - MS, 1998, p. 248

SANTOS, Hosnerson. **Características Agronômicas e nutricionais de híbridos de sorgo com capim-Sudão (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) para a produção de feno**, 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós Graduação em Zootecnia na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

TEIXEIRA, Paulo César et al. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3ª ed. Embrapa Brasília, DF (2017).

VEIHMAYER, F.J. HENDRICKSON, A.M Soil density and root penetration. **Soil Science**, Baltimore, v.65, p.487-289, 1948.