UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

VANDERLAN FABRICIO LAUER

PLANTAS DE SERVIÇO COMO ESTRATÉGIA SUSTENTÁVEL PARA RECUPERAÇÃO FÍSICA DO SOLO NOS PERÍODOS DE OUTONO E INVERNO

CERRO LARGO
2025

VANDERLAN FABRICIO LAUER

PLANTAS DE SERVIÇO COMO ESTRATÉGIA SUSTENTÁVEL PARA RECUPERAÇÃO FÍSICA DO SOLO NOS PERÍODOS DE OUTONO E INVERNO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para a obtenção de grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

CERRO LARGO

2025

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Lauer, Vanderlan
PLANTAS DE SERVIÇO COMO ESTRATÉGIA SUSTENTÁVEL PARA RECUPERAÇÃO FÍSICA DO SOLO NOS PERÍODOS DE OUTONO E INVERNO / Vanderlan Lauer. -- 2025.
35 f.:il.

Orientador: Doutor Douglas Rodrigo Kaiser

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2025.

1. Plantas de serviço; Estrutura do solo; Compactação; Atributos físicos; Massa seca; Manejo conservacionista;. I. Kaiser, Douglas Rodrigo, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

VANDERLAN FABRICIO LAUER

PLANTAS DE SERVIÇO COMO ESTRATÉGIA SUSTENTÁVEL PARA RECUPERAÇÃO FÍSICA DO SOLO NOS PERIODOS DE OUTONO E INVERNO

Trabalho apresentado ao curso de Graduação da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 28/11/2025.

BANCA EXAMINADORA

gov.br Documento assinado digitalmente
DOUGLAS RODRIGO KAISER
Data: 15/12/2025 10:07:15-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser-UFFS
Orientador

gov.br Documento assinado digitalmente
LANA BRUNA DE OLIVEIRA ENGERS
Data: 11/12/2025 20:11:50-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Lana Bruna de Oliveira Engers-UFFS
Avaliadora

gov.br Documento assinado digitalmente
LISIANE SOBUCKI
Data: 11/12/2025 13:36:46-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Lisiane Sobucki – UTFPR
Avaliadora

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por tudo o que me dá e por ter me guiado por todo o caminho que venho seguindo.

A minha família, meus pais Leandro e Meridiana, por sempre me incentivarem e me apoiarem. Meu irmão Francisco pela ajuda e por ser sempre o meu parceiro. Enfim, agradecer por todo amor, paciência, carinho e suporte dado em toda minha caminhada. Agradecer a minha namorada Suzane Machry por todo apoio e suporte dado nesse período importante, e por me incentivar a buscar aquilo que sempre sonhei. Obrigado por ser essa companheira incrível que és.

Ao meu orientador, professor Dr. Douglas Rodrigo Kaiser, por todo apoio e auxílio durante o período do desenvolvimento dessa pesquisa e os ensinamentos passados durante todo o período do curso. Obrigado por ser um grande incentivador do ensino e da pesquisa nesse ramo que move o mundo.

Aos meus colegas e amigos, Guilherme Costa Roth, Adolfo Kuhn, Guilherme Mendes, Luiz Fernando da Veiga Theis, Murilo Netto, João Pedro Schlotefeldt, Eduarda Kreutz e Larissa Trindade pela parceria e amizade ao longo de todo o curso.

RESUMO

A intensificação agrícola tem contribuído para a degradação física do solo, especialmente em sistemas com baixo aporte de palhada e elevado tráfego de máquinas, o que compromete a estrutura, a porosidade e a infiltração de água. Nesse contexto, plantas de serviço surgem como alternativa sustentável para a recuperação gradual da qualidade física do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de diferentes plantas de serviço cultivadas no outono/inverno na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico típico. O estudo foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições, avaliando densidade, porosidade, microporosidade, macroporosidade, grau de compactação e produção de massa seca. Os resultados mostraram ausência de diferenças significativas nos atributos físicos do solo entre os tratamentos, enquanto o mix de espécies apresentou a maior produção de biomassa.

Palavras-chave: Plantas de serviço; Estrutura do solo; Compactação; Atributos físicos; Massa seca; Manejo conservacionista;

ABSTRACT

Agricultural intensification has contributed to the physical degradation of soils, particularly in production systems with low residue input and high machinery traffic, which compromise soil structure, porosity, and water infiltration. In this context, service plants emerge as a sustainable strategy for the gradual recovery of soil physical quality. This study aimed to evaluate the efficiency of different service plants grown during the autumn/winter period in improving the physical attributes of a typical dystroferric Red Latosol. The experiment was conducted in a randomized block design with five treatments and four replications, assessing soil bulk density, total porosity, microporosity, macroporosity, degree of compaction, and dry biomass production. The results showed no significant differences in soil physical attributes among treatments, while the mixed-species treatment exhibited the highest biomass production.

Keywords: Cover crops; Soil physical quality; Soil structure; Biomass production; Sustainable soil management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Imagem aérea do local do experimento 19
Figura 2- Croqui do experimento 20
Figura 3- Implantação das plantas de cobertura 20
Figura 4- Coleta das amostras a campo.....22
Figura 5- Amostra sendo coletada.....23
Figura 6- Amostras sendo preparadas.....24
Figura 7- Amostras colocadas na mesa de tensão.....25
Figura 8 e 9- Coleta das plantas de serviço para determinação de matéria seca.....26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Parâmetros físicos de um Latossolo vermelho nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm 28
Tabela 2 – Parâmetros físicos de um Latossolo vermelho nas profundidades de 10-15 e 15-20 cm 29
Tabela 3 - Massa seca produzida pelas plantas de serviço.....30

Sumário

1 INTRODUÇÃO 12

2 OBJETIVO 13

2.1 Objetivo geral 13

2.1.1 Objetivos específicos 13

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 14

3.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS NO RIO GRANDE DO SUL 14

3.1.1 Sistema plantio direto 14

3.1.2 Sistema de cultivo convencional 14

3.2 MANEJO DE MELHORIA DO SOLO 15

3.3 ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA A RECUPERAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO 16

3.3.1 Estrutura do solo 16

3.3.2 Rotação de culturas 17

3.3.4 Plantas de serviço 17

3.3.4.1 Capim sudão 18

3.3.4.2 Aveia branca 18

3.3.4.3 Mix de plantas 19

3.3.4.3.1 Nabo 19

3.3.4.3.2 Trigo Mourisco 20

3.3.4.4 Ervilhaca 20

4. MATERIAL E MÉTODOS 21

4.1 DENSIDADE, POROSIDADE E RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO 24

6.RESULTADOS E DISCUSSÃO 30

6.1 PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO 30

6.2 MASSA SECA DAS PLANTAS DE COBERTURA 32

7. CONCLUSÃO 34

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS 34

9. REFERENCIAS 35

1 INTRODUÇÃO

A intensificação crescente da atividade agrícola tem provocado impactos significativos sobre o solo, um recurso natural essencial para a produção de alimentos. Entre os principais problemas enfrentados estão a compactação, a perda da estrutura natural do solo, a redução da porosidade e a menor capacidade de infiltração de água, fatores que comprometem diretamente a produtividade das lavouras e colocam em risco a sustentabilidade dos sistemas de produção. Referente a esse cenário, se torna ainda mais necessário adotar estratégias de manejo que consigam trazer resultados visando a recuperação e conservação das características físicas do solo Shaheb, M. R. et al. (2021).

O uso de plantas de serviço como também chamadas, ganharam grande destaque como uma forma eficiente, associadas principalmente com o Sistema Plantio Direto. Essas espécies são cultivadas nos períodos de entre safras e desempenham papel fundamental na melhoria da qualidade do solo, promovendo a recuperação da agregação, aumentando a quantidade de matéria orgânica no solo, além de favorecer a ciclagem, junto com o controle da erosão e equilibrando a fauna do solo (Andrade; Stone; Silveira, 2009; Wildner et al., 2023).

A escolha adequada das espécies de plantas de serviço é decisiva para o sucesso do manejo, uma vez que cada planta possui características específicas quanto à arquitetura radicular, capacidade de cobertura, produção de biomassa, relação carbono/nitrogênio, capacidade de melhorar a estrutura física, ciclar nutrientes e controlar plantas daninhas. Espécies como aveia-branca, ervilhaca, nabo-forrageiro, milheto e trigo-mourisco têm se destacado por sua ampla adaptação às condições brasileiras e por seus comprovados benefícios agronômicos como raízes agressivas no caso da aveia e milheto, fixação de nitrogênio no caso da ervilhaca e fixação e reciclagem de nutrientes no caso do nabo e trigo mourisco (Fahl et al., 1998; Nicoloso et al., 2008; Lima filho et al., 2023).

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes plantas de serviço, (ervilhaca, aveia, capim-sudão e um mix de espécies) no período de outono/inverno, sobre a recuperação da estrutura física de um Latossolo Vermelho distroférrico no município de Giruá-Rs.

2.1.1 Objetivos específicos

a) Determinar alterações sobre a densidade e porosidade do solo pelas diferentes espécies de plantas de serviço de outono/inverno.
b) Avaliar a produção de massa seca das plantas de serviço de outono/inverno.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS NO RIO GRANDE DO SUL

3.1.1 Sistema plantio direto

O sistema de produção agrícola é constituído por três fatores: clima, planta e solo. A produtividade do sistema agrícola depende da interação de cada um desses fatores para que o sistema seja produtivo (Denardin *et al*., 2013). Segundo os dados apresentados pela (Conab,2025), a produção agrícola do Rio Grande do Sul é inferior comparadas a produção nacional. Essas percepções mostram a presença de um grande hiato entre as produções médias de soja no Rio Grande do Sul e o Brasil.

O termo sistema plantio direto surgiu nos anos 90, quando se reconheceu que o plantio direto ia além de plantar apenas sobre a palha, mas também manejar de forma correta os recursos disponíveis, rotacionar as culturas, minimizar a mobilização do solo, aumentar o uso das práticas de colher e plantar. O plantio direto se dá apenas como uma prática dentro do "sistema plantio direto", a qual é uma estratégia conservacionista que se alinha perfeitamente junto a produção sustentável de grãos (Denardin *et al.*, 2008).

A implantação do sistema ocorre quando as áreas se encontram degradadas, o que faz com que os produtores busquem alternativas para minimizar os danos causados. Esses podem ser erosão, abertura de voçorocas e manchas de menor fertilizada. Isso prejudica tanto o valor da terra como compromete a produtividade e diminui a sustentabilidade produtiva (Kochhann *et al*., 1986).

3.1.2 Sistema de cultivo convencional

O sistema de cultivo convencional se dá pelo revolvimento do solo, o qual era necessário antes do plantio direto para incorporar a palhada e distribuir uniformemente a adubação (Eltz et al.,1989).

O cultivo convencional é muito usado em algumas culturas como hortaliças, batata, arroz e para o palntio de cana de açúcar pela necessidade de ter um solo solto e romper camadas compactadas do solo (Embrapa, 2018), mas para culturas de grãos está perdendo muito espaço por ser uma estratégia que gera grandes perdas de umidade do solo, perdas de solo por erosões eólicas e hídricas e o principal de todos, a perda da matéria orgânica do solo. Mesmo com alguns benefícios como a diminuição da

resistência a penetração das raízes, aumento da macro porosidade, essa prática apresenta resultados os quais o seu uso pode ser questionado e substituído pelo sistema de plantio direto (F.s. costa et al.,2003).

3.2 MANEJO DE MELHORIA DO SOLO

A utilização intensiva do solo para diferentes cultivos agrícolas tem causado sérios impactos em suas características, principalmente de acidez, os quais, se não corrigidos, podem resultar no baixo crescimento de raízes por toxidade de alumínio, menor disponibilidade de nutrientes para as plantas, nisso resultando na baixa quantidade de raízes e afetando em perdas significativas como a diminuição da capacidade de retenção e disponibilidade de água, redução da porosidade total e da microporosidade, além do aumento da densidade do solo pela falta de estrutura do solo . Por outro lado, o plantio direto apresenta vantagens, como a melhoria na estabilidade dos agregados e o aumento nos níveis de matéria orgânica do solo (Flores *et al*., 2008).

O uso de plantas de serviço tem se mostrado uma estratégia essencial na recuperação de solos degradados. Essas espécies contribuem diretamente na melhoria da estrutura física do solo, melhorando o armazenamento e infiltração de água, reduzindo a compactação, aumentando a porosidade e diminuindo a densidade do solo. Quando consorciadas essas plantas conseguem ter um resultado ainda melhor e junto com outras práticas, como a escarificação, os níveis de produtividade de grãos tem um incremento significativo comparado aos demais manejos de plantas solteiras (Nicoloso *et al*., 2008).

A correção química do solo é outro fator de suma importância para se ter um solo de qualidade, tendo boas características químicas, físicas e biológicas. A calagem é uma das principais formas de correção da parte química do solo, pois além de equilibrar o pH do solo, também diminui a toxidez de alumínio para as plantas, e com isso as plantas conseguem aprofundar ainda mais as suas raízes e assim melhorando a estrutura do solo em profundidade (Caires et al., 2002).

3.3 ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA A RECUPERAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO

3.3.1 Estrutura do solo

A estrutura do solo é formada a partir da organização das partículas primarias do solo (areia, silte e argila), além de muitos outros componentes orgânicos presentes no solo. Esse arranjo de partículas da origem aos agregados do solo, que são as unidades fundamentais para a estrutura física do solo. A estrutura do solo é resultante de fortes interações de raízes, fragmentos de vegetais, microrganismos, minerais e matéria orgânica presente no solo. Uma boa estrutura do solo é muito importante para o bom funcionamento físico e biológico do solo, os quais influenciam diretamente nos processos de infiltração, aeração e desenvolvimento radicular das culturas (Vezzani; Mielniczuk, 2011).

Conhecer o comportamento físico do solo é de suma importância para adotar o sistema de manejo correto para cada área, realizando as práticas corretas de irrigação, drenagem, preparo e tipo de cultura a ser implantada. De acordo com (Reiner; Reichert, 2006), quando o manejo do solo é planejado considerando suas características físicas, os resultados no campo tornam-se muito mais consistentes. Isso ocorre porque um solo bem compreendido permite identificar limites e potencialidades, evitando práticas que possam comprometer sua estrutura ou reduzir sua capacidade produtiva. Assim, o produtor consegue ajustar operações como preparo, adubação e escolha da cultura de forma mais precisa, garantindo melhor aproveitamento da água, maior eficiência no uso de insumos e, principalmente, a manutenção da qualidade do solo ao longo dos anos.

O solo pode ter a alteração da sua estrutura através de um bom manejo, iniciando pelas etapas de correção de pH do solo e o incremento de plantas com sistema radicular agressivo, as quais minimizam os efeitos causados pela degradação do solo. Além de melhorar o solo essas plantas podem integrar o sistema lavoura-pecuária e assim trazendo ainda mais sustentabilidade ao produtor (Andrade; Stone; Silveira,2009).

3.3.2 Rotação de culturas

No planejamento de sistemas de rotação de culturas, nem sempre é viável utilizar exclusivamente espécies com retorno econômico direto, como grãos ou forragens. Diante de problemas técnicos, especialmente relacionados à fitossanidade, torna-se necessária a inclusão de culturas de cobertura ou adubações verdes, que embora não gerem renda imediata, são fundamentais para a manutenção da produtividade e sustentabilidade do sistema agrícola (Derpsch *et al*., 1984).

Ainda segundo o autor, a escolha dessas espécies deve considerar sua capacidade de produzir fitomassa, reciclar nutrientes, facilitar o manejo e não se tornarem plantas daninhas. O manejo dessas culturas pode ser feito por diferentes métodos, como rolagem com rolo faca, dessecação com herbicidas, roçadora, segadora ou grade de discos, sendo que a eficiência de cada um está relacionada ao estádio de desenvolvimento da planta e ao tipo de equipamento disponível. Cada método possui vantagens e limitações, e sua escolha deve ser compatível com a cultura subsequente e com a semeadora a ser utilizada.

> Tem sido apregoado que sistema de rotação de culturas sob plantio direto, incluindo espécies com sistema radicular agressivo e com diferentes quantidades de fitomassa, pode alterar as propriedades físicas e químicas do solo (Da Ros et al., 1997; Santos & Tomm, 1999; Albuquerque et al., 2001).

3.3.4 Plantas de serviço

As plantas de serviço têm ganhado muito espaço na agricultura, principalmente com o emprego de práticas do sistema de plantio direto. O solo é o mais favorecido com essa prática, pois se consegue melhorar a sua qualidade física, química e biológica (Andrade; Stone; silveira,2009). Nas camadas superficiais se observa mais rapidamente as melhorias do solo, mais com o manejo adequado essas plantas têm o potencial de alcançar as camadas mais profundas do solo e assim melhorando a densidade do solo e porosidade (Torres *et al*., 2015).

Devido as temperaturas mais amenas e uma distribuição de chuvas mais regular durante o período do inverno, a região sul do Brasil apresenta condições mais favoráveis para a manutenção da cobertura vegetal do solo e o incremento das plantas de cobertura se torna a prática ideal para esse sistema (alvarenga et al., 2001). Além do sistema

radicular das espécies, se deve levar em consideração a relação carbono/nitrogênio (C/N) para a escolha das espécies a serem utilizadas para cobertura, sendo elas classificadas como leguminosas que apresentam relação C/N menor e gramíneas, que apresentam relação C/N maior.

3.3.4.1 Capim sudão

O capim sudão (*Soughum sudanense*) ou também chamada de aveia de verão, é uma forrageira de verão caracterizada por sua elevada rusticidade e alto poder de perfilhamento. Essa espécie é uma alternativa para rotação de culturas e descompactação do solo, pois seu sistema radicular fascicular é bem agressivo ao solo e a planta pode produzir até 15 toneladas por hectare de massa seca. Seu ciclo pode variar de 75 a 120 dias após a emergência, tendo alta velocidade de cobertura do solo no início de seu ciclo. A sua semeadura deve ser feita com densidade de 20 a 25 kg de semente por hectare com espaçamento de 45 centímetros. Além da semeadura solitária, também pode ser utilizada para misturas de culturas para deixar um melhor residual de palhada e ciclagem de nutrientes (ESALQ/USP, 2022).

3.3.4.2 Aveia branca

A aveia- branca (*Avena sativa L.*) é uma cultura anual bastante utilizada nos sistemas agrícolas, especialmente na região sul e sudeste do Brasil. Seu crescimento é ereto e com raízes profundas e agressivas ao solo, com isso sua capacidade de melhorar a estrutura do solo é de grande valia. O ciclo é considerado rápido atingindo o florescimento em até 110 dias e chegando à maturação fisiológica em 180 dias após a emergência. Essa planta possui boa tolerância a baixas temperaturas e bom desenvolvimento em solos ácidos, sendo uma boa estratégia para a rotação de culturas.Além de sua capacidade de estruturar o solo, também traz bons retornos na produção de grãos e cobertura do solo (ESALQ/USP, 2022).

3.3.4.3 Mix de plantas

Em regiões com temperaturas médias mais altas, a decomposição da matéria orgânica no solo ocorre de forma mais rápida. Nesses locais, é aconselhável o cultivo de gramíneas, isoladamente ou combinadas com leguminosas e/ou outras famílias botânicas, dentro dos sistemas de rotação de culturas, com o objetivo de garantir maior durabilidade e estabilidade da palhada no Sistema Plantio Direto (SPD). Apesar de já existirem bons resultados com o uso de consórcios e misturas de espécies em várias regiões do Brasil, ainda há uma carência de pesquisas que confirmem a eficácia de diferentes combinações entre gramíneas, leguminosas e outras plantas. A densidade de semeadura recomendada pode variar de uma safra para outra, dependendo diretamente da qualidade das sementes utilizadas (ESALQ/USP, 2022).

3.3.4.3.1 Nabo

O nabo (*Raphanus sativus*) é uma planta anual, herbácea e ereta, com raiz pivotante profunda, por vezes tuberosa, e com excelente habilidade para ciclar nutrientes (principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P), o que o torna ideal para sistemas de rotação de culturas.

Possui crescimento inicial muito acelerado, podendo atingir de 1,0 a 1,8 metros de altura. Sua produtividade pode variar de 25 a 60 toneladas por hectare de massa verde e de 2 a 6 toneladas por hectare de massa seca. Embora não realize fixação biológica de nitrogênio, sua biomassa apresenta uma relação C/N baixa, o que favorece a liberação rápida de nitrogênio para culturas seguintes. A quantidade de N disponibilizada pode variar entre 60 e 180 kg ha^{-1} ano^{-1}

Essa espécie se desenvolve melhor em solos com fertilidade média, atingindo cobertura de 70% do solo cerca de 60 dias após a semeadura. Para o uso como cobertura, recomenda-se a semeadura de 15 a 20 kg ha^{-1} de sementes; já para a produção de sementes, entre 5 e 10 kg ha^{-1}. Sua biomassa se decompõe rapidamente, sendo comum seu cultivo consorciado com aveia-preta.

Além disso o nabo forrageiro é uma espécie importante para rotação de culturas, devido sua alta capacidade de promover a descompactação biológica, a agressividade de suas raízes cria canais profundos que facilitam o desenvolvimento radicular das culturas subsequentes, como milho, soja e trigo. Essas características melhoram diretamente a

estrutura do solo, além de ajudar na infiltração de água no solo e reduzir o dono por erosão (ESALQ/USP, 2022).

3.3.4.3.2 Trigo Mourisco

Trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*) ou trigo sarraceno, é uma planta de crescimento rápido e de grande rusticidade. Possui boa adaptação em solos de baixa fertilidade e ácidos, e é uma ótima alternativa para rotação de culturas, contribui para o controle de plantas daninhas, controle da erosão e melhoria das condições estruturais do solo.

Uma das suas principais características é seu ciclo curto, sendo que pode ocorrer a colheita em até 85 dias após a emergência. Apesar de seu pequeno porte, chegando a apenas 1 metro de altura, consegue produzir até 6 toneladas/ hectare de matéria seca. É possível fazer o seu plantio solteiro ou em consorcio com outras espécies, já que sua decomposição é rápida.

Suas características alelopáticas e rápido ciclo, potencializam o controle natural de plantas daninhas, diversificam a microbiota do solo e assim se tornando uma cultura alternativa viável e sustentável para melhorar as qualidades físicas e biológicas do solo (ESALQ/USP, 2022).

3.3.4.4 Ervilhaca

A ervilhaca (nome científico) apresenta melhor adaptação às condições climáticas da região Sul do Brasil. Trata-se de uma planta anual, com hábito de crescimento decumbente, atingindo entre 50 e 80 cm de altura. Seu desenvolvimento ocorre preferencialmente em solos já cultivados ou corrigidos, com bons níveis de fósforo (P) e cálcio (Ca), e sem problemas relacionados à acidez.

Para a cultivar comum, recomenda-se a utilização de 60 a 80 kg por hectare de sementes, dependendo do método de plantio: em linha (com espaçamento de 20 cm) ou a lanço, respectivamente. Quando o objetivo é a produção de sementes ou o uso como planta de cobertura, as quantidades indicadas são de 30 kg ha^{-1} e 80 kg ha^{-1}, respectivamente. O florescimento pleno ocorre entre 120 e 150 dias após a semeadura, com potencial de produção de matéria seca variando de 4 a 6 toneladas por hectare. Na região Sul, é amplamente utilizada como cultura de cobertura ou forrageira (ESALQ/USP, 2022).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no ano de 2025 no período de outono/inverno em uma propriedade particular localizada no Rincão Cascavel no interior do município de Giruá, que está localizada na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). A área tem as seguintes coordenadas geográficas 28 ° 00’ 43” S 54° 11’ 11” W e apresenta uma altitude média de 392 m.

O clima local tem classificação de Cfa segundo Köppen (1928), o que representa que o clima apresenta características de um clima subtropical, com precipitação em todos os meses do ano e altas temperaturas no verão. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho destroférrico típico (Embrapa, 2025).

Esta área apresenta uma análise granulométrica com 58,19% de argila, 7,14% de argila e 34,66% de silte

Figura 1 - Imagem aérea do local do experimento



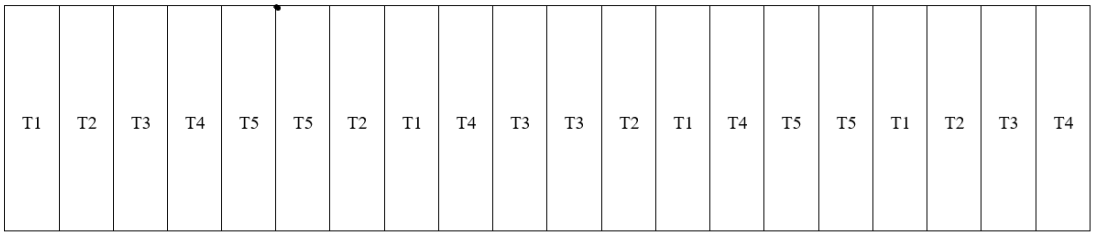
Fonte: Google Earth (2025).

A área vem sendo utilizada a mais de 30 anos para a produção de grãos, variando entre os cultivos entre as culturas de soja, trigo, milho e aveia. Nos últimos dois anos ela foi cultivada com aveia, milho, trigo e soja, nas safras de inverno e verão,

respectivamente. Com essas culturas a área possui pouca palhada, além de ter camadas compactadas pelo tráfego intenso de máquinas para plantio e colheita da área.

O experimento foi realizado com o delineamento de blocos casualizados (DBC) no qual foram 4 blocos e cada um apresentava 5 parcelas em com 10 m de comprimento e 5 m de largura, totalizando 20 unidades experimentais. Elas foram organizadas seguindo um sorteio e os tratamentos foram T1- Ervilhaca, T2 -Aveia, T3- Mix de nabo, aveia e trigo mourisco, T4- Capim sudão e T5- Pousio (Figura 2)

Figura 2- Croqui do experimento



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

As plantas de cobertura foram implantadas com uma semeadora-adubadora de fluxo contínuo da marca Eickhoff de 15 linhas e trator da marca Case, sendo utilizado 50 kg de adubação da fórmula 8-16-24 NPK, esta adubação foi proporcional a área e a formula utilizada foi (Figura 3). A semeadura foi feita no dia 1 de junho de 2025, a semeadora foi regulada para a implantação de cada uma de acordo com a dosagem específica de cada cultura e que está disponível na tabela abaixo (Tabela1).

Figura 3- Implantação das plantas de cobertura



Fonte: Autor (2025).

As densidades de semeadura recomendada e utilizada para o experimento foram feitas de forma proporcional a área das parcelas que seriam semeadas, sendo assim foram semeados 300g de ervilhaca proporcional há 60 kg/ha, 400g de aveia proporcional a 80 kg/ha, 225g do mix de espécies (45% de aveia, 34% de nabo e 21% de trigo mourisco) o qual ficou na proporção de 45 kg/ha e 125g de capim sudão que daria 25 kg/ha.

4.1 DENSIDADE, POROSIDADE E RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO

Para determinar a densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, foram coletas 4 amostras de solo por tratamento com estrutura preservadas com o uso de anéis volumétricos, com dimensões de 4 cm de altura e 6 cm de diâmetro, as amostras foram coletas com profundidade de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm (Figura 5). As amostras foram coletadas a campo (Figura 6) e levadas ao laboratório de Física do Solo da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), sendo limpas, preparadas (Figuras 7) e levadas para a mesa de tensão (Figura 8), onde foram sujeitas a uma tensão de 6 kPa por 24 h. Após esse processo, elas foram pesadas e colocadas para secar na estufa de ar forçado por 48h, a uma temperatura de 105°C, posteriormente sendo resfriadas e pesadas novamente.

Com os dados obtidos, foram feitos os cálculos seguindo a metodologia descrita em Métodos de análise de solo (Embrapa,2017), a partir das seguintes equações:

Densidade do solo = (massa do solo seco/volume do anel);
Porosidade total= 1- (densidade do solo/ densidade de partícula);
Microporosidade= (massado solo 6kpa-massa solo seco) /volume do anel;
Macroporosidade= porosidade total-microporosidade;
Grau de compactação do solo= (densidade do solo/densidade máxima do solo) *100;

Figura 4- Coleta das amostras a campo



Fonte: Autor (2025).

Figura 5- Amostra sendo coletada



Fonte: Autor (2025).

Figura 6- Amostras sendo preparadas



Fonte: Autor (2025).

Figura 7- Amostras colocadas na mesa de tensão



Fonte: Autor (2025).

4.2 PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA

Para a determinação da matéria seca das plantas de serviço, as mesmas foram coletas no dia 11 de agosto de 2025. As amostras foram cortadas rente ao solo com uma foice, numa área de 1 m^2 (Figuras 9 e 10), colocadas em sacos de pano que permitem a circulação de ar dentro da amostra, além de suportarem a temperatura. As amostras então são levadas a estufa de ar forçado, onde foram secas a 65° C por 48 horas. Após serem secas foram retiradas e pesadas, em seguida calculado a produção de massa seca em kg por hectare das plantas de serviço.

Figura 8 e 9- Coleta das plantas de serviço para determinação de matéria seca



Fonte: Autor (2025).

5.ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Software SAS. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($P<0,05$) Kaneko et al. (2023)

6.RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO

A análise dos atributos físicos do solo demonstrou que não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, para todas as variáveis avaliadas: densidade do solo, porosidade total, microporosidade, macroporosidade e grau de compactação, nas quatro profundidades estudadas (0–5, 5-10, 10–15 e 15-20 cm) (Tabela 1 e 2). Isso indica que o uso de plantas de cobertura não promoveu alterações mensuráveis na qualidade física do solo no período avaliado.

Resultados semelhantes foram relatados por Torres et al. (2015), que também não observaram diferenças significativas entre tratamentos envolvendo plantas de cobertura. Esses resultados reforçam que, geralmente, apenas um ano de utilização de plantas de cobertura ou de rotação de culturas não é suficiente para promover mudanças estruturais perceptíveis nos atributos físicos do solo, especialmente em áreas que passaram por uso intensivo.

O manejo excessivo de com máquinas pesadas e com solo úmido favoreceu a degradação deste solo, além do não uso de plantas de cobertura. Esse tipo de manejo reduz significativamente a quantidade de palhada sobre o solo e favorece processos de degradação estrutural, como aumento da densidade e redução de macroporos, tornando mais difícil detectar melhorias em curto prazo apenas com o uso de plantas de serviço (Reichert,2017).

Segundo Reichert et al. (2003), valores de densidade entre 1,30 e 1,40 Mg m^{-3} para solos argilosos, 1,40 a 1,50 Mg m^{-3} para os franco-argilosos e de 1,70 a 1,80 Mg m^{-3} para os franco-arenosos.No presente estudo, densidades abaixo de 1,40 Mg m^{-3} foram observadas em todas as camadas, mas na camada 0-5 cm foi observada uma melhor densidade comparada as outras camadas.

A porosidade total máxima encontrada foi de 0,58 m^3 m^{-3} na camada superficial (0–5 cm), reduzindo progressivamente com o aumento da profundidade — um padrão esperado em solos agrícolas. Resultados semelhantes foram observados por Nicoloso et al. (2008) ao estudar diferentes preparos de solo e plantas de cobertura. A distribuição entre microporos e macroporos seguiu comportamento semelhante, com redução dos macroporos e aumento dos microporos em profundidade, em concordância com os encontrados em Silva et al. (2012).

O histórico de tráfego intenso de máquinas agrícolas, especialmente durante operações de colheita para silagem, aliado ao pisoteio animal durante o pastejo, provavelmente contribuiu para o aumento da densidade do solo e diminuição da macroporosidade ao longo do perfil. Conforme observado por Albuquerque et al. (2001), operações mecânicas realizadas quando o solo apresenta umidade acima da faixa ideal para manejo favorecem a compactação, aumentando a densidade e reduzindo a porosidade total.

Tabela 1- Parâmetros físicos do Latossolo Vermelho distroférrico típico nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm.

Tratamento	Densidade	Porosidade total	Microporosidade	Macroporosidade	Grau de compactação
	Mg m^3		m^3 m^3		%
			Camada 0 a 5 cm		
Ervilhaca	1,25a	0,56a	0,42a	0,14a*	83,94a
Aveia	1,26a	0,56a	0,41a*	0,14a*	84,34a
Mix	1,30a	0,55a	0,42a	0,12a*	86,83a
Capim Sudão	1,39a	0,52a	0,43a	0,08a	92,93a
Pousio	1,21a	0,58a	0,37a*	0,20a	81,05a
CV%	9,17	7,33	6,8	41,47	9,22
			Camada 5 a 10 cm		
Ervilhaca	1,31	0,54a	0,41a	0,13a	87,19a
Aveia	1,38aa	0,52a	0,43a	0,08a	92,16a
Mix	1,39a	0,51a	0,44a	0,07a	93,09a
Capim Sudão	1,38a	0,52a	0,45a	0,06a	92,5a
Pousio	1,28a	0,55a	0,40a	0,15a	85,71a
CV%	7,1	6,35	7,4	47,4	7,04

*Tratamento com médias não seguidas por mesma letra pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Tabela 2- Parâmetros físicos do Latossolo Vermelho distroférrico típico nas profundidas de 10-15 e 15-20 cm

Tratamento	Densidade	Porosidade total	Micro porosidade	Macro porosidade	Grau de compactação
	Mg m^3		m^3 m^3		
			Camada 10 a 15 cm		
Ervilhaca	1,35a	0,53a	0,43a	0,10a	90,27a
Aveia	1,31a	0,54a	0,43a	0,12a	87,65a
Mix	1,33a	0,54a	0,42a	0,11a	88,83a
Capim Sudão	1,35a	0,53a	0,41a	0,12a	90,55a
Pousio	1,34a	0,53a	0,42a	0,11a	89,73a
CV%	5,41	4,92	4,86	39,12	5,48
			Camada 15 a 20 cm		
Ervilhaca	1,34a	0,53a	0,44a	0,09a	89,49a
Aveia	1,37a	0,52a	0,43a	0,08a	91,52a
Mix	1,35a	0,53a	0,43a	0,09a	90,07a
Capim Sudão	1,3a	0,55a	0,41a	0,13a	86,72a
Pousio	1,36a	0,53a	0,43a	0,09a	90,76a
CV%	6,03	5,45	7,09	57,19	6,06

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

6.2 MASSA SECA DAS PLANTAS DE COBERTURA

A análise estatística da produção de massa seca das plantas de cobertura demonstrou que não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Isso indica que o uso isolado das plantas de cobertura ou a sua combinação com a escarificação do solo não alterou de forma estatisticamente comprovada a produção de biomassa. Apesar da ausência de diferença estatística, observou-se que o mix de plantas apresentou a maior produção de massa seca, com rendimento de 1.810 kg ha^{-1} (Tabela 3).

Esse desempenho superior do mix pode ser explicado pelo alto percentual de germinação e pelo rápido desenvolvimento inicial, características que favorecem o fechamento precoce do dossel e dificultam o estabelecimento de plantas daninhas. Resultados semelhantes foram encontrados por Ribeiro et al. (2021), que também observaram maior produção de massa seca no mix de plantas (9.630 kg ha^{-1}).

Por outro lado, o pousio apresentou a menor produção de massa seca, que mesmo assim apresentou uma produção de massa seca expressiva (1.107 kg ha^{-1}) comparado aos

valores de todos os tratamentos, isso se deve ao banco de sementes de plantas daninhas ativo no solo, sobretudo com a cultura do azevém. Assim a elevada densidade de plantas espontâneas nessas parcelas contribuiu para a produção de massa seca observada mesmo com a ausência de semeadura das plantas de cobertura.

As espécies ficaram na área por cerca de 35 dias após a emergência das mesmas, por conta de fatores climáticos como as baixas temperaturas e também pela quantidade de dias que ficaram no campo se explica a quantidade baixa de kg/ha de massa seca apresentada no experimento.

Tabela 3- Peso da massa seca de plantas de serviço

Tratamento	Massa seca
	Kg ha
Ervilhaca	1.662a
Aveia	1.530a
Mix	1.810a
Capim Sudão	1.275a
Pousio	1.107a
CV%	30,92

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

7. CONCLUSÃO

Entre as espécies avaliadas, o mix destacou-se com maior produção de massa seca, apresentando valores similares ao tratamento da ervilhaca. Em contrapartida, o pousio apresentou a menor produção de fitomassa, evidenciando menor desempenho no sistema estudado.

A avaliação dos atributos físicos do solo — densidade, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e grau de compactação — demonstrou que nenhum desses parâmetros foi influenciado pelos tratamentos. Esse comportamento é coerente com o curto período de implantação das plantas de cobertura, uma vez que melhorias na estrutura do solo geralmente ocorrem de forma gradual e dependem de vários anos de manejo conservacionista contínuo.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As plantas de cobertura utilizadas no experimento puderam ser implantadas com facilidade por meio de uma semeadora de fluxo contínuo, demonstrando boa adaptação ao sistema de estabelecimento adotado. No entanto, observou-se uma limitação específica em relação à ervilhaca: devido à baixa demanda por essa espécie na região, as sementes disponíveis no comércio apresentavam baixo vigor, o que pode ter contribuído para seu desempenho inferior na produção de massa seca.

Quanto às avaliações do solo, destaca-se que o experimento teria se beneficiado da realização de análises físicas antes da implantação dos tratamentos e ao final do ciclo. Essa comparação permitiria identificar com maior precisão possíveis modificações causadas pelas plantas de serviço.

9. REFERENCIAS

ABREU, S. L.; JOSÉ MIGUEL REICHERT; DALVAN JOSÉ REINERT. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em argissolo franco-arenoso sob plantio direto. v. 28, n. 3, p. 519–531, 1 jun. 2004.

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma e estabilidade de agregados de um Latossolo Bruno. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 25, n. 3, p. 677–685, 2001.

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E. (2001) — para discutir os efeitos de tráfego de máquinas na densidade e porosidade.

CAIRES, E. F.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p.1011–1022,2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. *Safra – Série Histórica de Grãos*. Portal de Informações Agropecuárias ,2025.

CURSO de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa. *Manual de culturas agrícolas*. Viçosa:UFV,1993.

DENARDIN, J. E. Enfoque sistêmico em sistema plantio direto – fundamentos e implicações do plantio direto nos sistemas de produção agropecuária. In: NUERNBERG, N. J. (Org.). *Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto*. Lages, SC: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 1998. p. 160.

DERPSCH, R. Rotacão de culturas: plantio direto e convencional. Ponta Grossa: Associação dos Engenheiros Agrônomos do Paraná, 1984. 24p.

ELTZ, F.L P.; PEIXOTO, R.T.G. & JASTER, F. Efeito de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Brunoálico. R. Bras. Ci. Solo, 13:259-267,1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.* 6. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2025. 424 p.

EMBRAPA. *Sistema de Preparo do Solo e Plantio.* Embrapa Hortaliças, 2018.

ESALQ/USP. *Plantas de cobertura: aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo.* Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2022. 126 p.

FAHL, J. I. et al. *Plantas de cobertura do solo: características e potencial de uso em sistemas de produção agrícola*. Campinas: IAC, 1998

KANEKO, H. G. H., Fonseca Júnior, N. da S., & Cirino, V. M. (2023). Analysis of statistical methods to estimate genotype-by-environment interaction for yield-based selection of new bean cultivars and lines. *Semina: Ciências Agrárias, 44*(5), 1805–1824.

KÖPPEN, W. *Climatologia: con base en los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Econômica, 1928.

LIMA FILHO, O. F. DE et al. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática: volume 1. [s.l.] Brasília, DF: Embrapa, 2023., 2023.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. *Limites críticos de densidade do solo para compactação e implicações na estrutura porosa*. (2003).

REICHERT, J. M. (org.). *Compactação do solo e culturas agrícolas*. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2017.

RIBEIRO, L. L. O.; SEIDEL, E. P.; PAN, R.; ERTEL, L. G.; STEIN, J. Avaliação da fitomassa e índice de cobertura do solo de plantas cultivadas no outono-inverno. *Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente*, v. 2, n. 3, p. 34, 2021.

SHAHEB, M. R.; VENKATESH, R.; SHEARER, S. A. (2021)**.** *A Review on the Effect of Soil Compaction and its Management for Sustainable Crop Production.* Journal of Biosystems Engineering, 46(4), 417–439.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p.533–542, 2004.

TEIXEIRA, Paulo César et al. (Eds.). *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2017. 574 p.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ASSIS, R. L.; SOUZA, Z. M. *Atributos físicos de um Latossolo Vermelho cultivado com plantas de cobertura, em semeadura direta*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 39, n. 2, p. 428–438, 2015.

WILDNER, L. P.; MORALES, R. G. F.; JUSTEN, J. G. K.; KRUNVALD, L. *Plantas para adubação verde e cobertura do solo: caracterização das espécies e informações para cultivo no estado de Santa Catarina*. Florianópolis, SC: Epagri, 2023. 140 p. (Documentos Epagri, n. 360