

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

SANDY VIEIRA BONFADA

**DESEMPENHO DA CULTURA DO TRIGO SOB DIFERENTES PREPAROS E
PLANTAS DE COBERTURA**

CERRO LARGO

2023

SANDY VIEIRA BONFADA

**DESEMPENHO DA CULTURA DO TRIGO SOB DIFERENTES PREPAROS E
PLANTAS DE COBERTURA**

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

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

CERRO LARGO

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Bonfada, Sandy Vieira
Desempenho da cultura do trigo sob diferentes
preparos e plantas de cobertura / Sandy Vieira Bonfada.
-- 2023.
56 f.

Orientador: Doutor Douglas Rodrigo Kaiser

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2023.

1. Plantio direto. Escarificação. Massa seca.. I.
Kaiser, Douglas Rodrigo, orient. II. Universidade
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

SANDY VIEIRA BONFADA

**DESEMPENHO DA CULTURA DO TRIGO SOB DIFERENTES PREPAROS E
PLANTAS DE COBERTURA**

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

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 08/12/2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



DOUGLAS RODRIGO KAISER

Data: 13/12/2023 15:08:16-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser-UFFS
Orientador

Documento assinado digitalmente



VALERIA ORTACA PORTELA

Data: 12/12/2023 14:01:20-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr.^a Valeria Ortaça Portela-UFSM
Avaliadora

Documento assinado digitalmente



RENAN COSTA BEBER VIEIRA

Data: 13/12/2023 10:09:41-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira-UFFS
Avaliador

“Muitas vezes a diferença entre o ordinário e o extraordinário está num grão, num grau e num segundo.”

(Rodrigo Oliveira)

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Gilson e Marinês, e ao meu irmão Douglas, pelo incentivo ao longo desses anos e por me ensinarem os verdadeiros valores.

Ao meu namorado, Luís Felipe Thomas, agradeço pelo companheirismo e apoio.

Agradeço ao Professor Doutor Douglas Rodrigo Kaiser, por dedicar o seu tempo a favor da pesquisa e contribuir para a minha formação acadêmica e conduta profissional.

Agradeço aos meus amigos Thaila Moreira, Jaqueline Thaís Jaster, Milena Girelli e John Lenon Klein, pela amizade construída, contribuições e por me acompanharem ao longo dessa jornada.

Agradeço ao Éverson Thomas, pela área cedida para a elaboração do projeto.

Aos demais não citados, mas que fizeram parte desta etapa, meu muito obrigada!

RESUMO

O sistema plantio direto (SPD) é uma forma de manejo conservacionista que visa aumentar a produtividade e conservar as características físicas, químicas e biológicas do solo. Por outro lado, o sistema de plantio convencional (SPC) se caracteriza pelo uso intensivo do solo, que revolve as camadas mais superficiais, gerando a compactação e a suscetibilidade à erosão. A cultura do trigo pode sofrer interferência do manejo do manejo e uso do solo, principalmente quando é cultivado em áreas de pousio outonal. O presente trabalho busca avaliar o impacto de diferentes espécies de plantas de cobertura nos atributos físicos do solo e na produção de massa seca do trigo em áreas sob plantio direto e escarificação em um Latossolo Vermelho na região das Missões do Rio Grande do Sul. O delineamento utilizado foi blocos ao acaso, sendo quatro blocos e seis tratamentos: PO – pousio; NF – nabo-forageiro; CE – centeio; AP – aveia-preta; TB – tremoço-branco; MI – mix de espécies. Subdivididos em escarificado (ESC) e plantio direto (PD). A ESC reduziu a densidade do solo e o grau de compactação, proporcionando também o aumento dos macroporos. O nabo-forageiro representou a maior produção de biomassa seca e concentração de C, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn. Já o pousio representou condições inferiores na produção de biomassa seca e nutrientes. A massa seca do trigo não sofreu interferência dos tratamentos.

Palavras-chave: Plantio direto. Escarificação. Massa seca.

ABSTRACT

The no-till system (NT) is a conservation management practice that aims to increase productivity and conserve the physical, chemical, and biological characteristics of the soil. On the other hand, the conventional tillage system (CT) is characterized by intensive soil use, which turns over the upper layers, generating compaction and susceptibility to erosion. Wheat crops can be affected by the management and use of the soil, especially when grown in autumn fallow areas. The present study aimed to evaluate the impact of different cover crop species on soil physical attributes and wheat dry matter production in areas under no-till and scarification in a Oxisol (Ferralsols) in the Missions region of Rio Grande do Sul. The experimental design was a randomized block design, with four blocks and six treatments: PO - fallow; NF - forage turnip; CE - rye; AP - black oats; TB - white lupine; MI - species mix. The treatments were subdivided into scarified (SC) and no-till (NT) system. SC reduced soil density and compaction degree, also providing an increase in macropores. Forage turnip represented the highest dry biomass production and concentration of C, P, K, Ca, Mg, S, B, and Zn. Fallow represented inferior conditions in dry biomass and nutrient production. Wheat dry matter was not affected by the treatments.

Keywords: No-till system. Scarification. Dry mass.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Croqui da área experimental, na Linha Tremônia, Cerro largo – RS, 2023.	26
Figura 2 - Semeadura das plantas de cobertura no experimento, Cerro largo – RS, 2023.	27
Figura 3 - Plantas de cobertura em florescimento pleno (78 DAS). A: Nabo-forrageiro. B: Tremoço-branco. C: Aveia-preta.	28
Figura 4 - Coleta de 1 m linear da parte aérea do trigo, em estágio de maturação, Cerro largo – RS, 2023.	30
Figura 5 - Medição da resistência do solo à penetração em área de trigo sucedida de pousio outonal.	31
Figura 6 - Amostras de solo saturadas na mesa de tensão, laboratório da UFFS – Cerro Largo, 2023.	32
Figura 7 - Ilustração do espaço poroso e partículas em solo não compactado e compactado..	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resistência do solo à penetração sob plantio direto (PD) e escarificação (ESC)..	38
Gráfico 2 - Resistência do solo à penetração sob diferentes plantas de cobertura e pousio. ...	40
Gráfico 3 - Precipitação pluvial (mm) da área do experimento, durante o ciclo da cultura do trigo, em dias após a semeadura.	45
Gráfico 4 - Relação entre a produção de massa seca das plantas de cobertura e da cultura do trigo com a quantidade necessária para suprir a lacuna.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades físicas na camada de 0,10 a 0,20 m do solo sob os diferentes sistemas de preparo do solo.....	33
Tabela 2 - Propriedades físicas na camada de 0,10 a 0,20 m do solo sob as diferentes plantas de cobertura.	36
Tabela 3 - Análise da umidade gravimétrica (g g^{-1}) para a cultura do trigo (<i>Triticum aestivum</i>).	37
Tabela 4 - Produção de biomassa seca (Mg ha^{-1}) das plantas de cobertura e do tratamento em pousio invernal.....	41
Tabela 5 – Acúmulo de macronutrientes (C, N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) das plantas de cobertura.	42
Tabela 6 - Produção de biomassa seca (Mg ha^{-1}) do trigo (<i>Triticum aestivum</i>).....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul
SPD	Sistema plantio direto
ESC	Escarificado
CE	Centeio
NF	Nabo-forageiro
TB	Tremoço-branco
PO	Pousio
AP	Aveia-preta
MI	Mix de espécies
MPa	Megapascal
kPa	Quilopascal
Mg	Megagrama
ton	Tonelada
m	Metro
cm	Centímetro
mm	Milímetro
DAS	Dias após a sementeira
RP	Resistência do solo à penetração
Pt	Porosidade total
Mi	Microporosidade
Ma	Macroporosidade
Ds	Densidade do solo
GC	Grau de compactação
Ug	Umidade gravimétrica do solo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	OBJETIVO GERAL.....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	SISTEMA PLANTIO DIRETO.....	16
3.2	DEGRADAÇÃO DO SOLO	17
3.3	EROSÃO	19
3.4	COMPACTAÇÃO	19
3.5	IMPORTÂNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO.....	20
3.6	PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO NO PERÍODO OUTONAL ENTRESSAFRA.....	21
3.7	A CULTURA DO TRIGO.....	22
3.8	CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS	23
3.9	INFLUÊNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA NO CULTIVO DO TRIGO	23
4	MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA	25
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	25
4.3	PREPARO DA ÁREA E SEMEADURA DAS PLANTAS DE COBERTURA ..	26
4.4	AVALIAÇÃO DAS PLANTAS DE COBERTURA.....	27
4.5	IMPLANTAÇÃO DA CULTURA DO TRIGO E TRATOS CULTURAIS	28
4.6	AVALIAÇÃO DA MASSA SECA DO TRIGO	29
4.7	AVALIAÇÕES DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO	30
4.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1	PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO	33
5.2	UMIDADE GRAVIMÉTRICA DO SOLO.....	37
5.3	RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO	38
5.4	MASSA SECA E CICLAGEM DE NUTRIENTES DAS PLANTAS DE COBERTURA	40

5.5	CICLAGEM DE NUTRIENTES DAS PLANTAS DE COBERTURA.....	42
5.6	MASSA SECA DA PARTE AÉREA DO TRIGO	44
5.7	CONTRIBUIÇÃO DAS PLANTAS DE COBERTURA NA ENTRESSAFRA..	46
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
	REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

O Sistema Plantio Direto (SPD) se caracteriza como um manejo conservacionista, que associa um conjunto de técnicas e boas práticas para a manutenção das qualidades físicas, químicas e biológicas do solo, bem como o aumento da produção. Entretanto, nos últimos anos tem-se observado a supressão do SPD pelo mau uso do solo e a sucessão de culturas constante. Essas condições reduzem a produção de resíduos vegetais e tornam o solo mais suscetível à compactação e processos erosivos.

Para a conservação do solo e manutenção da ciclagem de nutrientes, para o Estado do Rio Grande do Sul, é necessário um aporte anual de 10 a 12 Mg ha⁻¹ de palhada. Para isso, é necessário a diversificação de espécies e o emprego de plantas de cobertura nos períodos entressafras. O resíduo vegetal aumenta a matéria orgânica do solo, essencial para a ciclagem de nutrientes e a atividade biológica com a produção de bioporos que auxiliam o desenvolvimento e expansão das raízes. Outro benefício da palhada é diminuir o impacto das gotas da chuva no solo, evitando o escoamento superficial, aumentando a capacidade e infiltração e armazenamento da água no solo.

Em áreas de pousio, a camada superficial do solo é exposta, o que leva a perda e degradação física, química e biológica do solo. A cobertura vegetal é a forma mais eficiente de evitar as perdas por erodibilidade. A produção de sistema radicular abundante permite a descompactação do solo e atua como redutor de patógenos, mantendo o sistema mais produtivo e eficiente ao desenvolvimento das culturas de grãos.

O efeito da degradação pode ser reduzido com o manejo adequado do solo. Este, por sua vez, preconiza o mínimo revolvimento do solo, apenas na linha de semeadura; rotação de culturas com a alternância de famílias das espécies; cobertura vegetal do solo, por meio de plantas de cobertura nos períodos que antecedem as culturas de grãos; uso exato e suficiente de insumos; implantação do processo colher/semear.

A principal forma de degradação dos solos é obtida por meio dos processos de erosão e compactação do solo. A erosão é constituída por três fases, desagregação, transporte e deposição. É importante o manejo inicial, pois se não houver a desagregação, nenhuma das demais fases serão iniciadas. A erosão é afetada principalmente pela chuva, condições do solo e relevo, que em consequência levam a perdas na produtividade. No entanto, o processo de compactação é ocasionado pela pressão externa exercida no solo, principalmente pelo tráfego excessivo de pessoas, animais e máquinas agrícolas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o impacto do preparo do solo e de diferentes espécies de plantas de cobertura sobre os atributos físicos do solo e no desempenho (produção de biomassa) do trigo, em um Latossolo Vermelho na região das Missões do Rio Grande do Sul.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o acúmulo de nutrientes das plantas de cobertura no período outonal;
- Identificar o efeito da escarificação em propriedades físico-hídricas do solo;
- Identificar o desempenho dos preparos do solo sobre os atributos físicos do solo;
- Verificar a produção de biomassa das plantas de cobertura;
- Avaliar a produção de massa seca da cultura do trigo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 SISTEMA PLANTIO DIRETO

A capacidade produtiva de um solo depende de boas práticas que são conduzidas na atividade agrícola. Com o compromisso de produzir mais para sustentar, são necessários conhecimentos para proceder ao desenvolvimento, capaz de assegurar o manejo e uso adequado do solo. Desta forma, as perdas são reduzidas à medida que a ciência e pesquisa avançam e são implantadas a campo. O Sistema Plantio Direto surge da necessidade de recuperar solos degradados e conter, principalmente, os processos de erosão, ao aumentar a capacidade de armazenamento de água, reduzindo o escoamento superficial, a velocidade e o desprendimento das partículas do solo (COGO; MOLDENHAUER; FOSTER, 1984).

Na década de 70, ao ser introduzido no Brasil, certas dúvidas impediam o avanço do SPD. Passados 10 anos, boa parte dos agricultores observaram os resultados promissores e o sistema passou a ser consolidado (SALTON; HERNANI; FONTES, 1998). No Rio Grande do Sul, o surgimento do SPD pode ser explicado por uma curva exponencial, de 1976 a 1998, seguida de uma reta até o ano 2000. No início, o sistema era fortemente associado a resolução de problemas erosivos. Contudo, os conhecimentos práticos obtidos pela vivência a campo, possibilitaram a difusão do sistema. Os implementos foram adaptados e difundidos, como o emprego das semeadoras de plantio direto, que de acordo com Denardin *et al.* (2001, p. 23) tornou o plantio direto o manejo mais integrado ao sistema de produção no Estado.

Durante o processo de estabelecimento, algumas dificuldades foram desencadeadas para incorporar o sistema de modo adequado, que seguem até os dias de hoje. Basicamente, os impasses são para executar a rotação de culturas e o revolvimento mínimo do solo. É comum três situações: a sucessão de culturas, sem alternar a família das espécies utilizadas; plantio convencional com revolvimento intenso do solo; cultivo de soja e milho no verão e pousio invernal (ARGENTA, *et al.*, 2001).

As práticas conservacionistas são essenciais para a conservação e manejo do solo e da água. Como fundamentos base para o SPD, é indispensável a rotação e diversificação de culturas, cobertura permanente do solo, semeadura em contorno ou faixas e o processo colher-semeiar. O pousio é considerado o momento de perda, pois ao deixar o solo exposto afeta diretamente a estrutura e a porosidade do solo, que são dependentes da produção de fitomassa e sistema radicular abundantemente (EMBRAPA, 2017).

Segundo Fernandes (2018), o SPD com rotação de culturas, resulta na qualidade física e infiltração de água no solo superiores quando comparado ao manejo reduzido, com tráfego excessivo e histórico de PC. Em razão da rotação de culturas permitir a cobertura de solo permanente, descompactar o solo e evitar a redução do espaço poroso, por meio do aporte de matéria orgânica e mínimo revolvimento.

O SPD é caracterizado por meio da mobilização de solo apenas na linha de semeadura, sem revolvimento intenso do solo, rotação de culturas e cobertura vegetal permanente (KOCHHANN; DENARDIN, 2000). Logo, a superfície do solo protegida pela palhada intensifica a produção de fitomassa, aumentando a capacidade de infiltração de água, o teor de MO e reduzindo plantas daninhas. Sobretudo, ao realizar o manejo, a degradação dos solos é inferior, principalmente ao reduzir a erosão e permitir uma estabilidade dos agregados mais acentuada (ROSSETTI, *et al.*, 2012).

3.2 DEGRADAÇÃO DO SOLO

O sistema agrícola produtivo é formado pelo fator clima, planta e fator solo. O clima é influenciado pela temperatura do ar, fotossíntese e precipitação. A planta é condicionada pela adaptabilidade, genética, vigor e tolerância. Já o solo, está vinculado a fertilidade (umidade, calor, material de origem, oxigênio, permeabilidade, pH, nutrientes, entre outros). Juntos, esses fatores são responsáveis pelos processos vitais de uma planta, da sua germinação à maturação. O solo, compõe o fator mais importante, pois se um solo não está bem estruturado e fértil, o clima ou a genética da planta não são suficientes para suprir o seu desenvolvimento. A variabilidade da produtividade de grãos pode ser explicada pelos atributos que integram os componentes químicos, biológicos e físicos, constituintes da qualidade do solo (SANTI *et al.* 2012).

A degradação dos solos é proveniente da ação natural ou antrópica, intensificada pelo homem quando realiza o manejo incorretamente. Esse processo diminui a qualidade do solo e impede que o potencial produtivo seja alcançado. Entre os tipos de degradação, a erosão hídrica e eólica são as mais frequentes, em decorrência da falta de cobertura vegetal e baixa drenagem interna do solo (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

A degradação química é um processo que pode ocorrer simultaneamente no solo. É provocada através da salinização, acidificação e desequilíbrio nutricional. Quando a entrada de biomassa vegetal é baixa, ocorrem alterações químicas no solo capazes de ocasionar a

perda de nutrientes. Em áreas de monocultura, por exemplo, a reserva de nutrientes é baixa, pois são estocados e exportados sem que haja a reposição. Ou seja, a ciclagem não é efetiva. Outra forma de perda é pela volatilização e lixiviação, como da amônia e do nitrato, respectivamente, em que o nitrogênio não fica disponível para as plantas, pois é perdido na atmosfera. O revolvimento do solo também é uma forma de perda, quando há retenção de nutrientes no solo que são adsorvidos e ficam indisponíveis para as plantas (CERETTA; AITA, 2010).

O conteúdo de matéria orgânica é essencial para a conservação da fauna do solo. Os organismos que habitam o meio realizam a ciclagem de nutrientes, a produção de biomassa de carbono e a decomposição da MO. O uso indevido de fertilizantes e agroquímicos diminui a concentração de microrganismos, ao elevar o acúmulo de poluentes no solo. A conservação edáfica é realizada por meio do planejamento da lavoura, com preparo adequado e manutenção da palhada (NOGUEIRA, *et al.*, 2012).

As propriedades físicas do solo são fundamentais aos processos biológicos e químicos do solo. Em síntese, condicionam o desenvolvimento das culturas por meio das características que lhes conferem. As formas de degradação físicas são o adensamento e compactação do solo, erosão, capacidade de retenção de água e porosidade. Em situações em que o conteúdo volumétrico é menor e a densidade do solo é maior, a resistência à penetração é maior. Como efeito, o sistema radicular encontra dificuldades para explorar o solo e o seu crescimento é restringido (BLAINSKI, *et al.*, 2008).

Para compreender como o solo pode ser afetado é necessário conceituar um agregado, formado por argila, silte, areia, cascalho e colóides. No momento em que essas partículas se unem, formam um microagregado responsável pela retenção de água, a estabilização vai depender das forças químicas do solo. Quando os microagregados se agrupam, formam um macroagregado, poros de aeração e drenagem, altamente influenciados pela MO. Ao utilizar a grade niveladora e arado de discos, uma prática comum no plantio convencional, a camada mais superficial do solo fica exposta. Ao deixar o solo descoberto, sem manutenção da palhada, ocorre a perda da MO e o encrostamento superficial, diminuindo a produtividade (TIECHER; MINELLA, 2015). As chuvas intensas aumentam o escoamento superficial nessas condições e provocam a erosão. Em condições de solo estruturado, a água seria drenada e armazenada nos solos.

3.3 EROSÃO

A erosão é um processo natural de desgaste de rocha e de solo, que ocorre lentamente, mas é intensificada pelo homem pelo manejo incorreto e mau uso do solo. A degradação física do solo mais frequente é a erosão hídrica e eólica, seus impactos são severos e dificilmente reversíveis. A erosão consiste na desagregação, transporte e deposição, pela água ou pelo vento. A desagregação é a separação inicial ou desprendimento de partículas do solo, seja individual ou agregados, da massa. O transporte é a fase de arremesso ou recolhimento das partículas até outro local, por meio do salpicamento das gotas da chuva. A deposição é a alocação do material desagregado e transportado, iniciando das partículas maiores para as menores. Se não houver a desagregação, o transporte e a deposição não são realizados (BERTOL; CASSOL; BARBOSA, 2018).

Os danos causados pela erosão podem ser no local de origem, acometendo em sua maioria a produtividade das culturas. Já os danos causados fora do local de origem, resultam no assoreamento de cursos de água e poluição (eutrofização). Ao ameaçar a qualidade do solo, o teor de MO e conseqüentemente, a fertilidade do solo, tem seu potencial reduzido. De acordo com Almeida *et al.* (2016), o sistema conservacionista, ao contrário do plantio convencional, auxilia na conservação da estrutura do solo, ao diminuir a energia cinética através da cobertura vegetal.

Os atributos do solo podem ser melhorados com a produção de raízes e plantas que fornecem um aporte de palhada. Isto posto, Salton e Thomazi (2014) esclarecem que as plantas de cobertura do solo são essenciais para a proteção do solo. As quais contribuem para a redução de processos erosivos, perda de água por evaporação, amplitude térmica do solo e reciclagem de nutrientes. Além de que, a cobertura vegetal do solo impede o estabelecimento de plantas espontâneas nas áreas agrícolas.

3.4 COMPACTAÇÃO

O processo de compactação é formado em situações de adensamento, em função da pressão exercida no solo quando a capacidade de resistência é inferior. O tráfego intenso de máquinas e o pisoteio de animais, são as formas mais causais do aumento da densidade do solo. As forças externas redistribuem as partículas do solo e geram a redução do espaço

poroso. Como consequência, o crescimento radicular é limitado, o que impede a absorção de água e nutrientes. Além disso, o solo compactado está mais suscetível à erosão devido o escoamento superficial (LIER, 2019). Na região Sul do país, o processo de compactação é oriundo do uso intensivo do solo ao longo do ano agrícola, principalmente em sistemas de produção de bovinocultura de leite consolidado com a produção de pastagens. Então, se provoca a diminuição da qualidade química e física do solo que acarreta em perdas de produtividade (PELLEGRINI; MEINERZ; KAISER, 2016).

A retenção de água é menor em solos compactados. Os poros ficam obstruídos por água - saturados, o que interfere na capacidade de campo, pois a água gravitacional é perdida. O nível de plasticidade do solo e a granulometria das partículas, são fatores determinantes para a suscetibilidade à compactação. Solos com macroporos menores de 0,1 m³ geralmente são solos compactados (LIER, 2020). Em relação a textura, solos mais argilosos estão mais sujeitos à compactação em comparação a solos mais arenosos.

3.5 IMPORTÂNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO

O impacto das gotas da chuva é reduzido quando a camada superficial do solo é protegida por resíduos vegetais, reduzindo o principal problema em solos do Brasil, a erosão. Posto que a cobertura vegetal delimita a desagregação e transporte das partículas. As plantas de cobertura vêm sendo utilizadas para diversificar cultivos anuais, semiperenes e perenes. A introdução desse sistema deve ser planejada de acordo com as condições edafoclimáticas da região. O estabelecimento vai depender da espécie utilizada, levando-se em consideração espécies de ciclo mais longo que produzem maior capacidade de produção de fitomassa (ALVARENGA, *et al.*, 2001).

A inserção de plantas de cobertura ao SPD, é uma prática positiva não apenas para controlar problemas erosivos, mas para reduzir a evaporação e aumentar a taxa de infiltração de água no solo. Os agentes biológicos do solo e a produção de raízes aumentam os bioporos que juntos, auxiliam no conjunto de atributos e reparo. Com o tempo, a MO do solo se concentra na camada superficial e o processo de ciclagem de nutrientes é beneficiado (DE MARIA; BERTOL; DRUGOWICH, 2018).

3.6 PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO NO PERÍODO OUTONAL ENTRESSAFRA

O período de pousio em sucessão de culturas, alarga o número de plantas daninhas, que se estabelecem pelo banco de sementes. Um método para evitar a supressão dessas espécies e adotar o SPD, principalmente a rotação de culturas com plantas de cobertura de solo. A cobertura do solo pode ser com espécies leguminosas, gramíneas, brássicas, entre outras, e no período de primavera-verão e outono-inverno. É importante a escolha de espécies com família botânica diferente da cultura de grãos anterior, para a rotação de culturas ser mais eficaz no controle de plantas daninhas. A dinâmica do resíduo vegetal atua seguidamente na decomposição e liberação de nutrientes, relacionados principalmente ao carbono e nitrogênio.

Na região sul, no verão são cultivadas culturas de grãos, como soja, milho e feijão. No período outonal, entressafras, é comum o pousio em muitas áreas, de modo que o solo permanece exposto ao processo erosivo, pela perda superficial da camada do solo e perda de produtividade. Este intervalo é um bom momento para manejar o solo com espécies que potencializam a cultura seguinte, conservando a fertilidade do solo, diminuindo a compactação pelas raízes, controlando plantas espontâneas e sobretudo, preservando a qualidade do solo (MICHELON, *et al.*, 2019).

De acordo com Silva *et al.* (2021), o cultivo das plantas pode ser individual ou em consórcio com outras espécies, também chamado mix de cobertura. O mix de cobertura, em geral, produz mais nutrientes que se deve pelo potencial característico de cada espécie.

O resíduo vegetal proveniente da cobertura de solo de espécies como aveia-preta (*Anvena strigosa*) e centeio (*Secale cereale*) auxiliam no controle de plantas daninhas como, por exemplo, a papuã (*Brachiaria plantaginea*) e capim-sudão (*Sorghum sudanense*) (CAVALLI *et al.*, 2016), que têm seu crescimento inibido por compostos alopáticos.

De acordo com Carvalho *et al.* (2022), a aveia-preta (*Avena strigosa*) é uma gramínea pertencente à família Poaceae originária da Europa, com ciclo anual, crescimento cespitoso e sistema radicular fasciculado. A relação C/N 36,5 e produção de massa seca de 3 a 6 t ha⁻¹. O centeio (*Secale cereale*), é uma gramínea também, descendente do sudoeste da Ásia. É uma planta anual, de sistema radicular fasciculado, colmos cilíndricos e inflorescência na forma de espiga. A produção de massa seca é superior a 2,8 t ha⁻¹ e a relação C/N 34. As gramíneas possuem a característica de ter uma alta relação C/N, que resulta na decomposição do material orgânico mais lenta.

Os mesmos autores descrevem o tremoço-branco (*Lupinus albus*), pertencente à família Fabaceae, originário das regiões mediterrâneas da Europa, apresenta raiz pivotante e elevada capacidade de realizar a FBN. É uma leguminosa que produz em média de 2 a 3 t ha⁻¹ e tem relação C/N 22. Quanto ao nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.) pertence à família das Crucíferas, tem como centro de origem Europa e Ásia Central, possui sistema radicular pivotante. Não realiza a FBN, mas tem alta capacidade de extrair o N do solo. A produção de massa seca é alta, em média 3,8 a 8 t ha⁻¹ e relação C/N 20. O que confere à planta, uma rápida decomposição do material orgânico.

3.7 A CULTURA DO TRIGO

A cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma espécie de gramínea, anual, originária da região sudoeste da Ásia, que chegou ao Brasil no século 16, acompanhada do processo de colonização. Foi uma das primeiras espécies a ser domesticadas pelo homem e a partir de 1950 obteve importância econômica. Por ser rico em carboidratos e proteínas, o trigo é essencial na dieta humana. O cereal é destinado para a produção de pães, massas, biscoitos e alimentação animal, na forma de pastagem e ração (BRUMM, *et al.*, 2004).

Devido às exigências edafoclimáticas da cultura, seu cultivo foi bem adaptado para a região Sul do país, tornando-se uma das principais fontes de renda de produtores rurais no período do inverno. O Estado do Paraná e do Rio Grande do Sul concentram a maior parte da produção brasileira do cereal, em 2022 estimou-se a produção de 8 milhões de toneladas (CONAB, 2023).

O trigo também apresenta um importante papel nas unidades de produção agropecuárias (GUSTMAN, 2022). Sua adoção na janela de inverno otimiza as possibilidades de rotação de culturas, garantindo o fluxo econômico e o sustento de muitas propriedades agrícolas (GEWEHR, 2012). Além disso, possibilita o controle de plantas daninhas e a dinâmica de incremento para a produção da cultura subsequente.

Para que o cultivo do trigo se estabeleça como uma atividade rentável, é necessário investir em um manejo que maximize a produtividade de forma sustentável (ARENHARDT, 2020), na qual se escolha a cultivar de acordo com a região e condições edafoclimáticas, disposição de insumos e demais fatores, para que a qualidade final do produto possa ser atingida. Um dos nutrientes mais importantes para a planta é o nitrogênio, que deve ser aplicado no momento ideal para atuar no afilhamento e alongamento da planta, contribuindo

para altos rendimentos e qualidade de grãos. O rendimento é ocasionado pelo aumento da área foliar, que produz mais fotossíntese, auxiliando em todo o ciclo vegetativo (DARIO; DARIO, 2015).

3.8 CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS

Variações edafoclimáticas, como a ocorrência de geadas, precipitação alta, seca variações de temperatura, diferenças da fertilidade do solo, solos ácidos, entre outros, podem influenciar afetar produções de grãos negativamente.

O desenvolvimento de cultivares mais produtivas associado a um manejo mais adequado tem sido responsável por um incremento na produtividade de grãos em diversos países como o Brasil e Estados Unidos (CONDÉ *et al.*, 2010). O sistema conservacionista deve ser adotado, de forma a auxiliar a qualidade do solo e os seus atributos, Bueno (2019) destaca que a produção de trigo no Brasil é favorecida para o cultivo de trigo, devido a fatores meteorológicos. É uma gramínea que contribui ao sistema de produção, mas devem ser adotadas medidas de manutenção das qualidades físicas, biológicas e químicas do solo.

3.9 INFLUÊNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA NO CULTIVO DO TRIGO

A rotação de culturas contribui com o controle de doenças, no momento em que elas se estabelecem por meio dos restos culturais com a presença de patógenos necrotróficos. Quando o cultivo é alternado com espécies não hospedeiras, os restos culturais são removidos pelos microrganismos que decompõem a palhada. À medida que o conhecimento técnico é aplicado e se empregam plantas de cobertura ao sistema, os agentes causais de problemas fitossanitários não conseguem se disseminar. O incremento de plantas de cobertura não atua somente na supressão de plantas daninhas, mas auxiliam na produção de MO no solo, que eleva a CTC do solo; os nutrientes ficam encontram-se em maior disponibilidade para o desenvolvimento das plantas e o adensamento, principalmente a compactação, é reduzido (HECKLER; SALTON, 2002).

Entretanto, as opções de espécies para cobertura no período outonal entressafra são pouco diversificadas. O que torna a consolidação do sistema pouco utilizada pelos produtores rurais, especialmente pela falta de conhecimento e assistência em suas propriedades. O

planejamento é o passo inicial na tomada de decisão, a finalidade do uso da cobertura, as condições climáticas e solo são alguns dos fatores que podem influenciar a escolha. No entanto, é válido selecionar espécies com maior aporte de massa seca, com sistema radicular abundante e que não sejam hospedeiras de patógenos (SKORUPA; MANZATTO, 2019).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA

O experimento foi conduzido em uma propriedade localizada na Vila Tremônia, interior do município de Cerro Largo – RS (28°11'23" S 54°40'55" W, a uma altitude de 194 m). De acordo com a classificação de Köppen, o clima é subtropical (Cfa) e o tipo de solo é classificado como Latossolo Vermelho, pertencente a Unidade de Mapeamento de Santo Ângelo (SANTOS *et al.*, 2018).

O histórico da área se caracteriza pela semeadura direta com a sucessão de culturas. No período anterior ao experimento, foi cultivado soja no verão. O experimento foi instalado no período outonal, após a colheita da soja e antes da implantação de uma nova cultura (período entressafra).

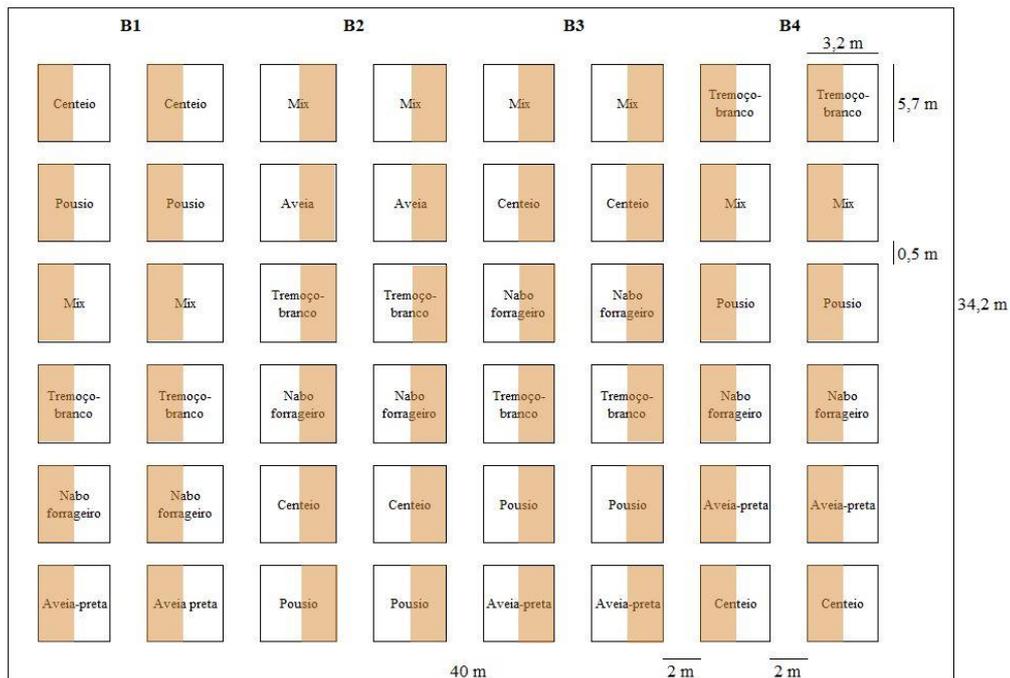
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, sendo quatro blocos e seis tratamentos, com subparcelas (Figura 1). Cada parcela tinha 18,24 m², sendo 15,32 m² a área útil. O espaçamento entre parcelas foi de 0,5 m e entre blocos, de 2 m. O experimento apresentou 34,2 m de largura e 40 m de comprimento, totalizando 1368 m².

As parcelas foram subdivididas em escarificado e não escarificado (plantio direto). Quanto as espécies, utilizou-se aveia-preta, centeio, nabo-forageiro, tremoço-branco, mix de espécies e o pousio.

A semeadura foi realizada em linha, com o espaçamento entre linhas de 0,17 m. A quantidade de sementes utilizada seguiu a recomendação de Calegari (2016). Utilizou-se 67,9 kg ha⁻¹ de aveia-preta, 86,4 kg ha⁻¹ de centeio, 20,9 kg ha⁻¹ de nabo-forageiro, 98,7 kg ha⁻¹ de tremoço-branco e 68 kg ha⁻¹ de mix de espécies. O mix apresentava 20 kg ha⁻¹ de centeio, 3 kg ha⁻¹ de nabo-forageiro, 25 kg ha⁻¹ de aveia-preta e 20 kg ha⁻¹ de tremoço-branco.

Figura 1 - Croqui da área experimental, na Linha Tremônia, Cerro largo – RS, 2023.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

4.3 PREPARO DA ÁREA E SEMEADURA DAS PLANTAS DE COBERTURA

No dia 18 de abril de 2023 realizou-se a demarcação da área e no dia 20 de abril de 2023 foi realizada a escarificação do solo e a semeadura das plantas de cobertura. Para a escarificação utilizou-se um trator Valtra A750 e escarificador São José Industrial Ripper Junior, com 5 hastes, operação a 20 cm de profundidade. Para a semeadura das plantas de cobertura utilizou-se a semeadora adubadora KF de fluxo contínuo (KF Double System New 19 linhas) e trator Valtra A750 (Figura 2).

Figura 2 - Semeadura das plantas de cobertura no experimento, Cerro largo – RS, 2023.

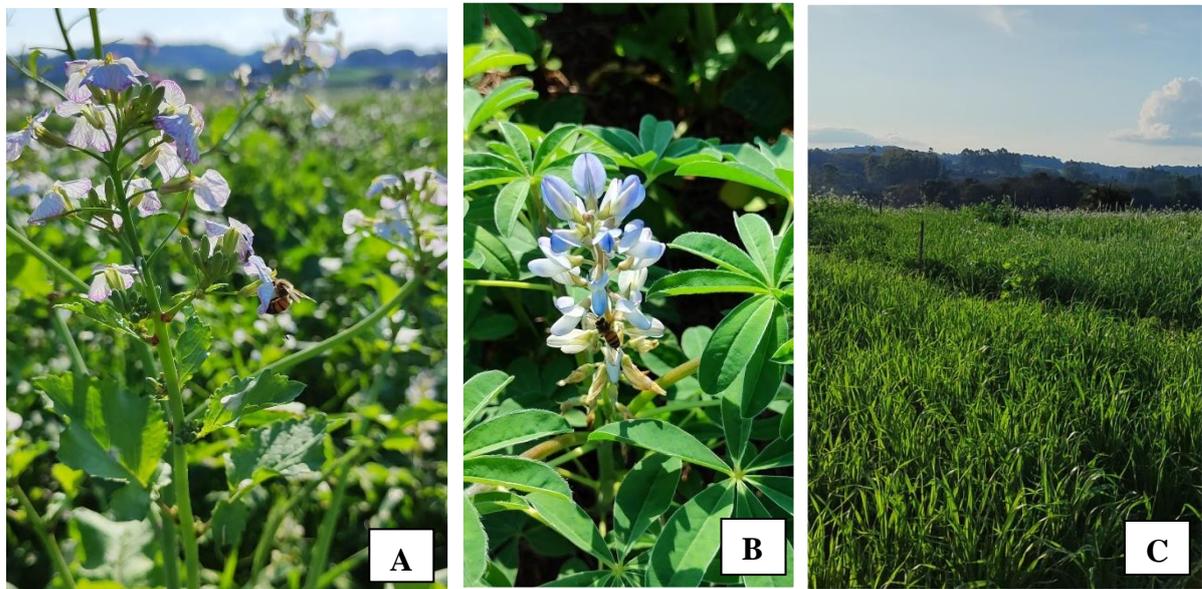


Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

4.4 AVALIAÇÃO DAS PLANTAS DE COBERTURA

Ao atingir o florescimento pleno, coletou-se 1 m linear das plantas de cobertura e do pousio, para a determinação da massa seca (MS) (Figura 3). Esta coleta ocorreu no dia 07 de julho de 2023, as plantas foram cortadas rente ao solo e identificadas em sacos de pano com massa conhecida. Coletou-se apenas a parte aérea, para ambos os tratamentos, na área escarificada e na área de plantio direto. As plantas espontâneas do tratamento com o pousio foram coletadas utilizando-se um quadrado de metal de 1 m².

Figura 3 - Plantas de cobertura em florescimento pleno (78 DAS). A: Nabo-forageiro. B: Tremoço-branco. C: Aveia-preta.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Posteriormente, as amostras foram levadas para o laboratório, para secagem em estufa de ar forçado a 55 °C, até atingir peso constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas e a produção de biomassa seca das plantas de cobertura foi calculada por diferença.

Após a determinação da massa seca, as amostras foram divididas de acordo com a espécie e trituradas em um moinho de facas tipo Willye, com peneira de 1 mm de abertura. As amostras trituradas foram encaminhadas para o laboratório de análise de solo e planta da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria, para a determinação da concentração de nutrientes da parte aérea de cada espécie, incluindo o tratamento em pousio. Nesta análise, foi identificado o acúmulo dos macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, carbono, cálcio, magnésio, enxofre) e dos micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês, zinco).

4.5 IMPLANTAÇÃO DA CULTURA DO TRIGO E TRATOS CULTURAIS

A semeadura do trigo foi realizada no dia 07 de julho de 2023, após a coleta da biomassa, seguindo as recomendações do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). A recomendação para a semeadura do trigo no município de Cerro Largo, para o ano de 2023, transcorria entre 01 de junho e 10 de julho, com risco de 20% (MAPA, 2023).

A dessecação das plantas de cobertura foi realizada no dia 08 de julho de 2023. Utilizou-se um herbicida a base de glufosinato de amônio, na dose de 3 L ha⁻¹, e um herbicida a base de glifosato potássico, na dose de 3 L ha⁻¹, acrescidos de um adjuvante, o óleo mineral, na dose de 450 ml ha⁻¹ e a aplicação foi realizada com um equipamento costal.

A cultivar de trigo implantada foi a ORS Guardiã, de ciclo médio/precoce, utilizando a semeadora adubadora KF Double System New 19 linhas, acoplada ao trator Valtra A750. Para a adubação, foi considerada a análise química realizada antes da implantação das plantas de cobertura. Os cálculos foram elaborados de acordo com o Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (2016). A adubação na base de semeadura foi de 450 kg ha⁻¹ de NPK, na formulação 10-20-10, 90 kg ha⁻¹ de N foram aplicados na base de semeadura e 78 kg ha⁻¹ foi aplicado em cobertura, no estágio fenológico de início de perfilhamento.

Ao longo do ciclo da cultura do trigo, foram adotadas medidas de manejo de pragas e doenças. Em 16 de agosto de 2023, no estágio fenológico de alongamento, foi realizada uma aplicação preventiva de fungicida sistêmico para manchas foliares e ferrugem-da-folha (*Puccinia triticina*), na dosagem de 600 ml ha⁻¹ do produto e 100 L ha⁻¹ de calda. A segunda aplicação, realizada no dia 11 de setembro de 2023, teve caráter curativo, com a aplicação de 500 ml ha⁻¹ de fungicida e 200 L ha⁻¹ de calda. No mesmo dia, aplicou-se um inseticida sistêmico para controle de pulgão-verde-dos-cereais (*Rhopalosiphum graminum*) na dosagem de 45 ml ha⁻¹ e 200 L ha⁻¹ de calda.

4.6 AVALIAÇÃO DA MASSA SECA DO TRIGO

A determinação da massa seca da parte aérea foi realizada com a coleta de amostras de 1 metro linear, ao final do ciclo da cultura (Figura 4), no dia 14 de outubro de 2023. As amostras foram secas em estufa de ar forçado a 60 °C, até atingirem peso constante. Posteriormente, foi calculado a massa seca, determinada por diferença.

Figura 4 - Coleta de 1 m linear da parte aérea do trigo, em estágio de maturação, Cerro Largo – RS, 2023.



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

4.7 AVALIAÇÕES DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

As análises dos atributos físicos do solo foram realizadas para identificar como diferentes manejos podem afetar a estrutura do solo e a cultura do trigo. À vista disso, foram avaliados os parâmetros de resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica do solo no dia 06 de novembro de 2023; e a densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e o grau de compactação, no dia 07 de novembro de 2023.

A umidade gravimétrica do solo (Ug) representa o conteúdo de água retida em uma determinada massa de solo. É uma medida importante para se realizar juntamente à análise de resistência à penetração do solo, pois permite verificar a homogeneidade da umidade do solo em todos os pontos de amostragem. Para a sua determinação, foram coletadas amostras de solo em duas camadas, de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, para os diferentes tratamentos. As amostras com solo úmido foram alocadas em uma lata de alumínio com massa conhecida e levadas ao laboratório. Inicialmente pesou-se o solo úmido acrescido da lata e posteriormente as latas com solo foram levadas para secagem em estufa a 105 °C por 48 horas. Após secas e resfriadas, as amostras foram pesadas e calculou-se a massa do solo seco por diferença.

A resistência do solo à penetração (RP) foi determinada por meio de um penetrômetro portátil da marca Falker, modelo PLG 1020, até a profundidade de 30 cm. As medidas foram

coletadas em diferentes pontos, distribuídos de acordo com o manejo realizado antes do cultivo do trigo, como a escarificação, plantio direto, plantas de cobertura e o pousio (Figura 5).

Figura 5 - Medição da resistência do solo à penetração em área de trigo sucedida de pousio outonal.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

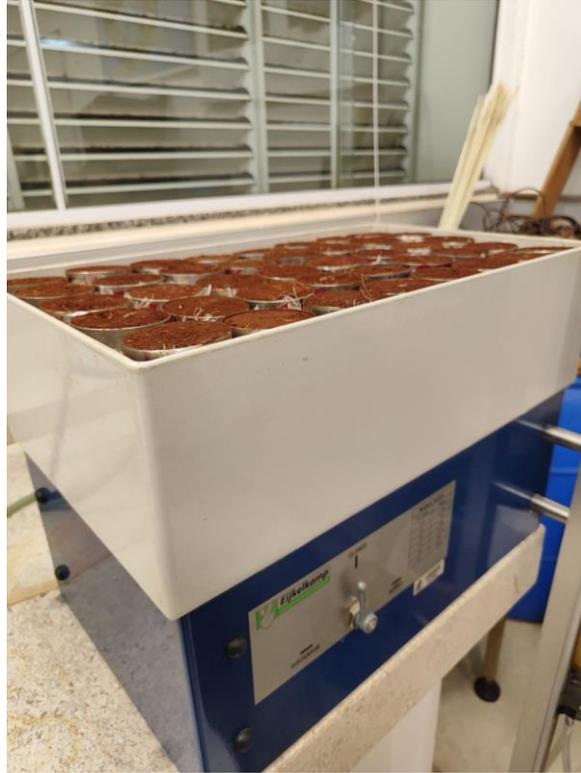
Os parâmetros Densidade do Solo (Ds), Porosidade Total (Pt), Microporosidade (Mi), Macroporosidade (Ma) e Grau de compactação (GC), foram analisados de acordo com a metodologia descrita no Manual de Métodos de Análise de Solo (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

No dia 07 de novembro de 2023, realizou-se as coletas das amostras para análise dos atributos físicos. Foi utilizado anéis de inox com massa conhecida e as coletas ocorreram em duas camadas, de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, num total de 96 amostras. Cuidadosamente, os anéis com solo foram dispostos em pote plástico e levados para o laboratório.

Inicialmente, as amostras foram preparadas colocando-as em bandejas com uma lâmina de água por um período de 24 horas, até atingirem o ponto de saturação. Em seguida, cada anel foi pesado e o valor anotado. Num segundo momento, os anéis foram submetidos à uma tensão de 6 kPa na mesa de tensão 48 horas (Figura 6). Por fim, foram levadas à uma estufa de ar forçado a 105 °C até atingirem um peso constante.

Depois de secas, pesou-se as amostras em balança analítica de precisão e procedeu-se aos cálculos, seguindo a metodologia de TEIXEIRA, *et al.* (2017).

Figura 6 - Amostras de solo saturadas na mesa de tensão, laboratório da UFFS – Cerro Largo, 2023.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

4.8 ANALÍSE ESTATÍSTICA

Ao final do experimento, as análises estatísticas foram realizadas pelo Software SAS. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO

Após as análises estatísticas observou-se que não houve interação entre o preparo do solo e as plantas de cobertura.

Ao analisar as camadas de 0 a 10 cm de profundidade do solo, não foram observadas diferenças significativas na densidade do solo (Tabela 1). Diferindo na segunda camada (10 a 20 cm).

Tabela 1 - Propriedades físicas na camada de 0,10 a 0,20 m do solo sob os diferentes sistemas de preparo do solo.

Camada (cm)	Preparo do solo		CV (%)
	Plantio direto	Escarificado	
Densidade do solo (g cm⁻³)			
0-10	1,16 a	1,22 a	16,08
10-20	1,50 a	1,34 b	9,39
Porosidade total (cm³cm⁻³)			
0-10	0,58 a	0,60 a	11,20
10-20	0,48 b	0,54 a	9,15
Microporosidade (cm³cm⁻³)			
0-10	0,39 a	0,40 a	18,39
10-20	0,44 a	0,41 a	11,93
Macroporosidade (cm³cm⁻³)			
0-10	0,19 a	0,23 a	55,27
10-20	0,06 b	0,14 a	71,22
Grau de compactação (%)			
0-10	80 a	76 a	16,15
10-20	99 a	88 b	9,42

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A qualidade do solo está ligada diretamente a sua estruturação. A macroporosidade e a microporosidade influenciam nas características físicas, químicas e biológicas do solo. Isto diz respeito a capacidade de drenagem e a aeração do solo, definidas pela macroporosidade, e a retenção de água no solo, definida pela microporosidade. Esses atributos influenciam a forma de manejar o sistema produtivo, que pode ser configurado de acordo com os parâmetros

físicos do solo (MICHELON, et al., 2023). No entanto, estes atributos não são suficientes para caracterizar o ambiente físico, sendo fundamental a avaliação do grau de compactação do solo (STOLF et al., 2011).

A camada de 10 a 20 cm de profundidade, indicou uma maior densidade sobre o preparo do solo com o plantio direto (PD), comparado ao tratamento escarificado (ESC). Em justificativa ao não revolvimento do solo. Logo, ocorreu uma redução no número de poros na camada subsuperficial. O valor acima do crítico $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$ (REINERT *et al.*, 2003) indica que pode haver o crescimento anormal de raízes e pode ocasionar a redução da produtividade. A escarificação reduziu a densidade do solo na camada subsuperficial, como observado por Camara e Klein (2005), considerando a profundidade de atuação das hastes do escarificador. O que promoveu um aumento na porosidade do solo na camada analisada. Comparando os manejos em profundidade, o PD apresentou uma densidade maior relativamente.

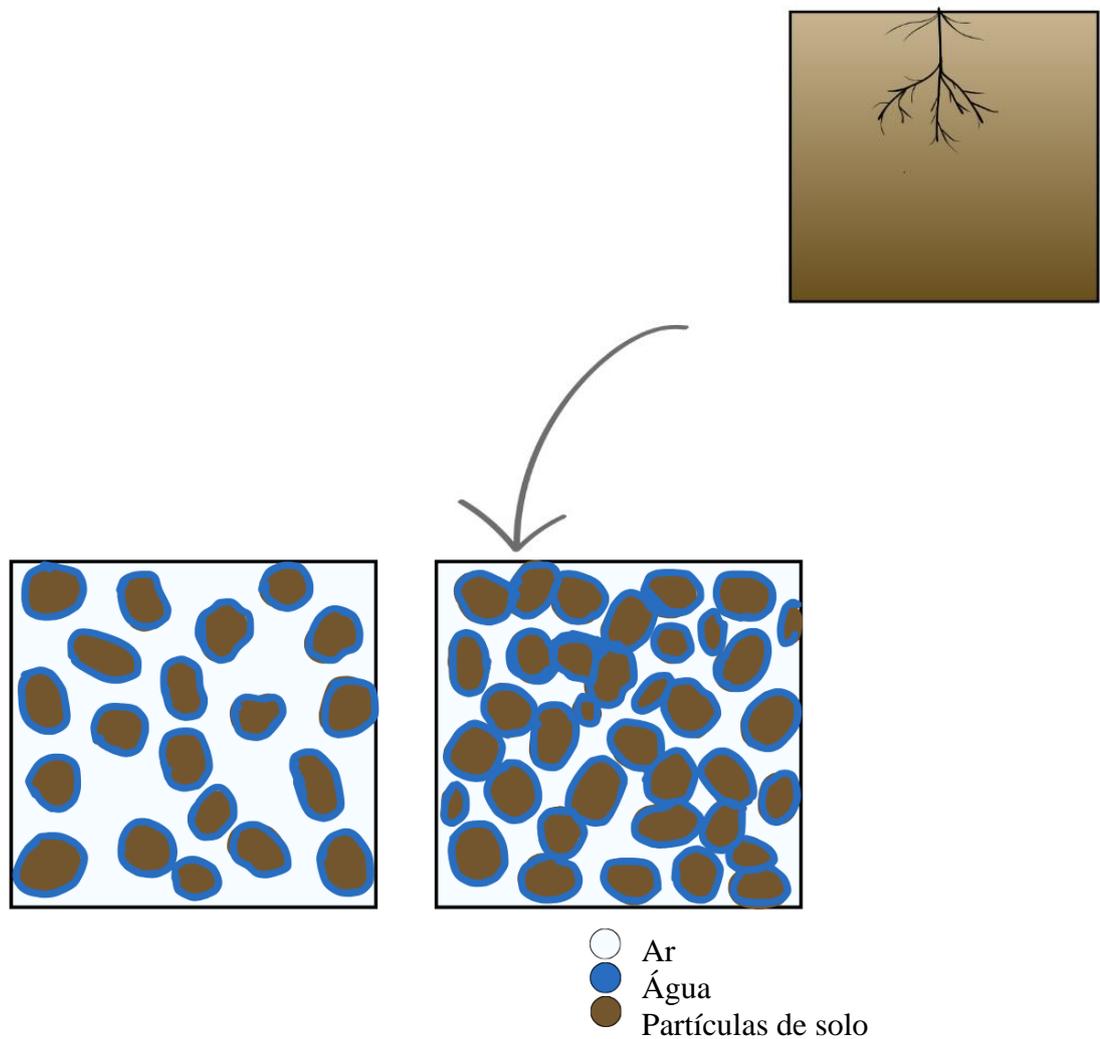
A porosidade total, obtida de forma indireta, foi maior no preparo com escarificação comparando as camadas, como o esperado. A maior porosidade total na camada de 0 a 10 cm de profundidade foi de $0,60 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e na camada de 10 a 20 cm de profundidade foi de $0,54 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. No tratamento com plantio direto, menor quantidade de macroporos, as camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, apresentaram P_t de $0,58 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $0,48 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, respectivamente.

A microporosidade não apresentou diferença significativa entre as camadas. Os valores variaram de $0,01 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ na camada de 0 a 10 cm a $0,03 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ na camada de 10 a 20 cm. Quanto ao grau de compactação do solo (GC), este vai depender do sistema de manejo e preparo do solo (SUZUKI, *et al.*, 2007). O menor grau de compactação foi obtido com a escarificação (76%), considerado um solo solto; já o maior grau de compactação foi obtido com o plantio direto (99%), considerado um solo muito compactado. Nesta condição, as raízes das plantas não conseguem penetrar no solo e a capacidade de retenção de água no solo é menor, prejudicando o crescimento das mesmas (REINERT *et al.*, 2003). A escarificação rompe as camadas compactadas do solo, o que confere uma maior estabilidade dos agregados até 20 cm do solo (BEUTLER, et al., 2005).

A escarificação promoveu o aumento de macroporos de $0,23 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $0,14 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, na camada até 10 cm, capaz de facilitar a aeração, permitindo as trocas gasosas (REICHERT; SUZUKI; REINERT, 2007). Rosa *et al.* (2008) também observaram que a escarificação se mostra mais eficiente para o aumento dos macroporos na camada superficial do solo. Na camada de 10 a 20 cm, a menor macroporosidade foi obtida no tratamento com plantio direto ($0,06 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), indicando um volume de macroporos inferior ao valor crítico de $0,10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (DREWRY; CAMERON; BUCHAN, 2008). Em resposta, o crescimento das raízes pode ser

suprimido ou retardado devido à falta de oxigênio no solo quando a macroporosidade é inferior ao nível crítico (Figura 7).

Figura 7 - Ilustração do espaço poroso e partículas em solo não compactado e compactado.



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Ao comparar os tratamentos (PD e ESC), a escarificação detém o menor grau de compactação, a menor densidade do solo e maior porosidade total e macroporosidade, nas camadas mais superficiais. Logo, os atributos analisados interagem entre si e são afetados pelo sistema de preparo adotado. A tabela 2 representa as propriedades físicas do solo avaliadas sob diferentes plantas de cobertura de até 20 cm de profundidade do solo.

Tabela 2 - Propriedades físicas na camada de 0,10 a 0,20 m do solo sob as diferentes plantas de cobertura.

Camada (cm)	AP	TB	CE	NF	MI	PO	CV (%)
Densidade do solo g cm⁻³							
0-10	1,29 a	1,23 a	1,21 a	1,11 a	1,19 a	1,08 a	15,78 a
10-20	1,46 a	1,38 a	1,45 a	1,48 a	1,41 a	1,34 a	11,10 a
Porosidade total cm³ cm⁻³							
0-10	0,55 a	0,58 a	0,58 a	0,61 a	0,59 a	0,63 a	10,96 a
10-20	0,49 a	0,53 a	0,49 a	0,49 a	0,51 a	0,53 a	10,67 a
Microporosidade cm³ cm⁻³							
0-10	0,44 a	0,41 a	0,42 a	0,38 a	0,37 a	0,36 a	17,84 a
10-20	0,42 ab	0,41 ab	0,47 a	0,42 ab	0,42 ab	0,39 b	11,37 a
Macroporosidade cm³ cm⁻³							
0-10	0,11 a	0,20 a	0,20 a	0,24 a	0,22 a	0,27 a	53,56 a
10-20	0,11 a	0,13 a	0,05 a	0,06 a	0,14 a	0,13 a	77,17 a
Grau de compactação (%)							
0-10	85,26 a	80,79 a	79,80 a	73,53 a	78,79 a	71,00 a	15,85 a
10-20	95,85 a	90,49 a	95,50 a	97,14 a	92,65 a	88,12 a	11,12 a

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

AP: Aveia-preta; TB: Tremoço-branco; CE: Centeio; NF: Nabo-forrageiro; MI: Mix de espécies; PO: Pousio; CV: Coeficiente de Variação.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Os atributos físicos do solo na camada até 20 cm não diferiram estatisticamente para os parâmetros avaliados densidade, porosidade, macroporosidade e grau de compactação (Tabela 2). A maior densidade de solo na camada até 10 cm foi obtida no tratamento com aveia-preta (1,29 g cm⁻³) e a menor na parcela em pousio (1,08 g cm⁻³). Há uma tendência de que solos mais densos tendem a ter menor porosidade total, restringindo o crescimento das raízes (GOMES, *et al.*, 2005).

De acordo com a classe textural do solo, o nível crítico de densidade do solo para Latossolo Vermelho é de 1,30 a 1,40 Mg m⁻³. Na primeira camada do solo (0 a 10 cm) todos os valores se mostraram abaixo do nível crítico. Para a segunda camada avaliada (10 a 20 cm), os resultados dos tratamentos com aveia-preta, centeio, nabo-forrageiro e mix de cobertura foram inferiores ao limite aceitável, não apresentando diferenças significativas entre si. O tremoço-branco e o pousio representaram valores dentro da faixa considerada adequada por Reichert *et al.* (2003).

Em relação a microporosidade, na camada de 10 a 20 cm, o tratamento com centeio apresentou um valor maior (0,47 cm³ cm⁻³) em comparação ao pousio, com menor valor (0,39

cm³ cm⁻³). Os demais tratamentos, nabo-forageiro, tremoço-branco, aveia-preta e mix, não diferiram significativamente. Para a macroporosidade avaliada na camada de 0 a 10 cm, os tratamentos com plantas de cobertura não expressaram diferença significativa. Enquanto na camada de 10 a 20 cm, o centeio e o nabo-forageiro se mostraram desfavoráveis para o crescimento de raízes (SUZUKI, 2005), ao apresentaram valores abaixo do nível crítico (0,10 cm³ cm⁻³), 0,05 cm³ cm⁻³ e 0,06 cm³ cm⁻³, respectivamente.

Os valores obtidos no grau de compactação não diferiram estatisticamente. O maior GC na camada até 10 cm foi com o tratamento da aveia-preta (85,26%) e na camada de 10 a 20 cm no tratamento com nabo-forageiro (97,14%). Quanto ao menor GC obtido entre os tratamentos, o pousio apresentou valor inferior para ambas as camadas (abaixo de 90%). Valores de grau de compactação é reduzido, observa-se que a macroporosidade é maior (STONE; GUIMARÃES; MOREIRA, 2002).

5.2 UMIDADE GRAVIMÉTRICA DO SOLO

A umidade gravimétrica não apresentou diferença estatística entre os tratamentos com plantas de cobertura. Demonstrando homogeneidade entre os tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3 - Análise da umidade gravimétrica (g g⁻¹) para a cultura do trigo (*Triticum aestivum*).

Tratamento	Umidade gravimétrica (g g ⁻¹)	
	0 a 10 cm	10 a 20 cm
AP	0,25 a	0,25 a
TB	0,25 a	0,26 a
CE	0,26 a	0,25 a
NF	0,26 a	0,26 a
MI	0,26 a	0,26 a
PO	0,26 a	0,26 a
CV (%)	4,23	2,93

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

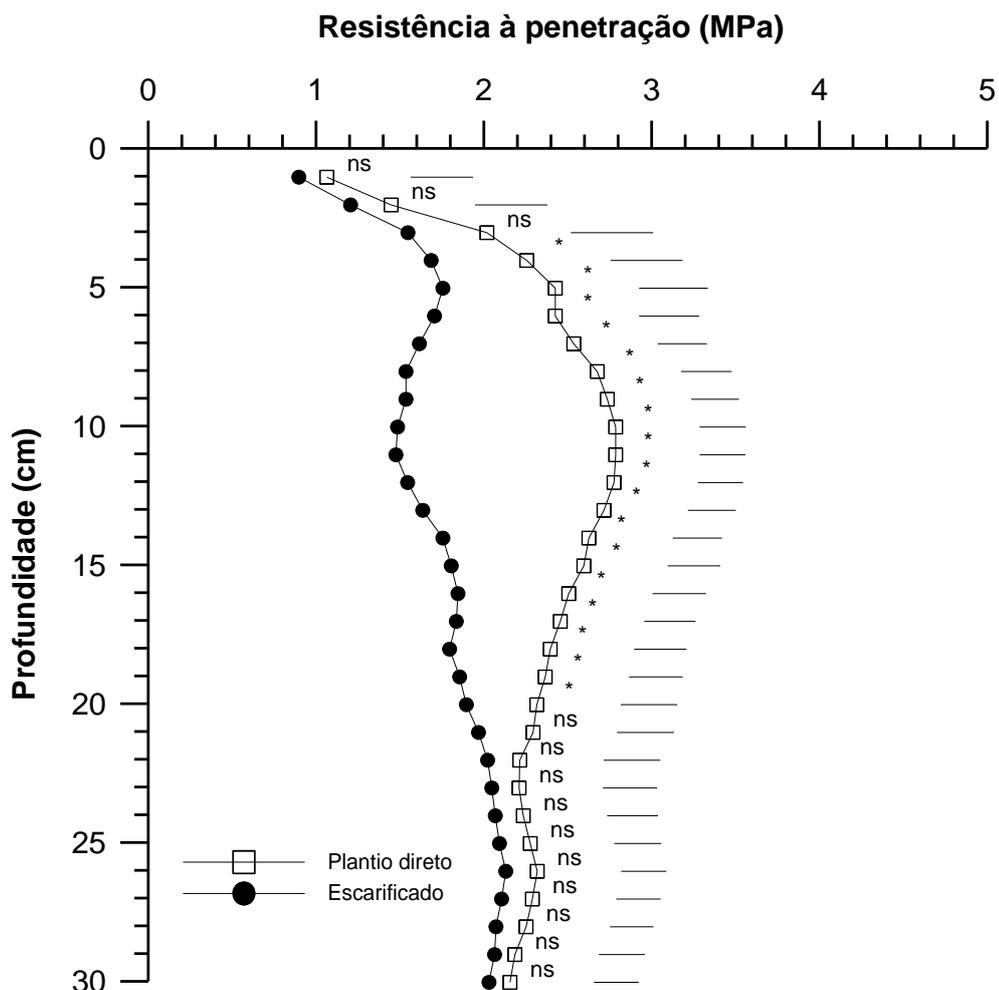
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

5.3 RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO

A resistência do solo à penetração (RP), foi medida até 30 cm de profundidade, no dia 06 de novembro de 2023, ao final do ciclo da cultura do trigo. Segundo Drescher *et al.* (2023), é importante considerar a umidade do solo durante a medição da RP, considerando a relação existente entre eles. Como descrito anteriormente, a umidade gravimétrica do solo não apresentou diferença estatística, mantendo-se com valores homogêneos.

Até os 4 cm de profundidade, os tratamentos não apresentaram diferenças significativas na RP. No entanto, de 5 a 20 cm, o tratamento ESC apresentou RP inferior a 2 MPa, enquanto o tratamento PD apresentou RP acima de 2 MPa, considerado o nível crítico para o crescimento radicular (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Resistência do solo à penetração sob plantio direto (PD) e escarificação (ESC).



*As linhas horizontais comparam as médias entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.
ns: Não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

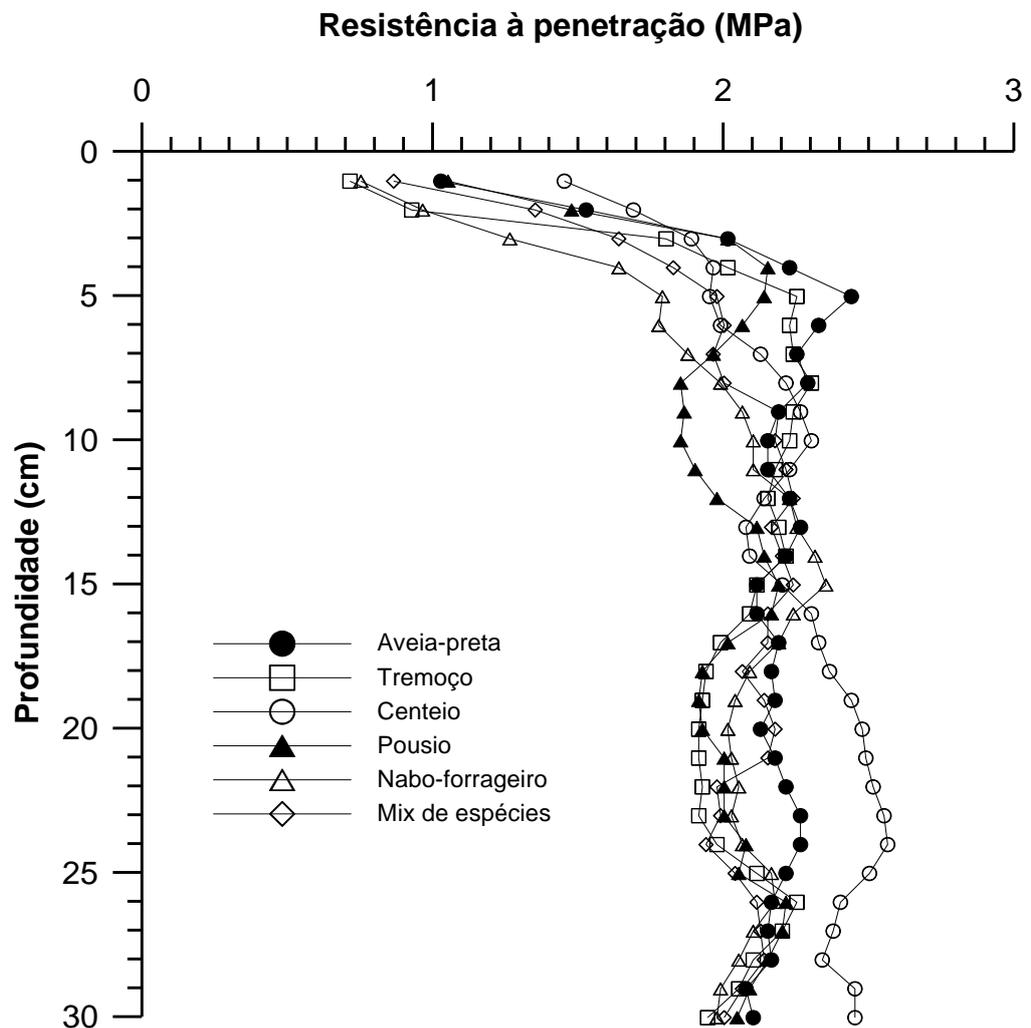
Verificou-se um gradiente crescente conforme a profundidade do solo. A escarificação foi eficiente na redução da resistência à penetração até os 20 cm, com valores inferiores a 2 MPa. Isso indica que o manejo proporcionou uma melhor condição ao crescimento do sistema radicular a cultura. Tormena *et al.* (2004) também concluíram que a escarificação mecânica promoveu uma redução da resistência à penetração e um aumento da macroporosidade do solo. As camadas de 20 a 30 cm não diferiram significativamente, provavelmente devido ao fato de as hastes do escarificador atingirem apenas 20 cm de profundidade.

A maior RP encontrada foi na camada de 10-11 cm (2,78 Mpa) do tratamento com o PD. Esta medida condiciona o solo a uma elevada compactação, que reduz a produtividade do trigo em até 18% (SECCO *et al.*, 2009).

Comparando a RP na cultura do trigo, em relação aos tratamentos anteriores com plantas de cobertura e o pousio, a diferença foi não significativa. Os valores de RP obtidos nas camadas mais superficiais (até 10 cm) foram inferiores a 2 MPa nos tratamentos com CE, MI e NF. No entanto, a partir da camada de 10 cm, todos os tratamentos apresentaram um gradiente homogêneo de RP superior a 2 Mpa (Gráfico 2). Verificou-se distinção apenas ao comparar o manejo de preparo do solo, não diferindo estatisticamente ao comparar o tratamento pousio e as plantas de cobertura. Beutler *et al.* (2001), obtiveram resultados semelhantes ao comparar o PD e o PC com rotação de culturas.

Contudo, a RP foi maior no PD devido à Ds ser maior nesse tratamento em relação ao ESC. Por mais que a Ug não tenha sido estatisticamente diferente.

Gráfico 2 - Resistência do solo à penetração sob diferentes plantas de cobertura e pousio.



Diferenças não significativas de acordo com o teste de Tukey a 5% de significância.
 AP: Aveia-preta; TB: Tremoço-branco; CE: Centeio; NF: Nabo-forageiro; MI: Mix de espécies; PO: Pousio.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

5.4 MASSA SECA E CICLAGEM DE NUTRIENTES DAS PLANTAS DE COBERTURA

A produção de fitomassa média pelas plantas de cobertura de inverno apresentaram diferença estatística significativa, quando comparadas ao pousio. A maior produção de massa seca entre os tratamentos foi observada no nabo-forageiro ($5,23 \text{ Mg ha}^{-1}$), mix de espécies ($3,27 \text{ Mg ha}^{-1}$) e centeio ($2,64 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Tabela 4). A presença de leguminosas entre os tratamentos com maior produção de biomassa seca, indica que essas plantas são uma boa opção para integrar ao sistema de cultivo. Alvarenga *et al.* (2001) consideram 6 Mg ha^{-1} a

quantidade mínima de MS produzida para uma cobertura do solo adequada. O NF apresentou média próxima ao proposto pelos autores.

Tabela 4 - Produção de biomassa seca (Mg ha^{-1}) das plantas de cobertura e do tratamento em pousio invernal.

Tratamento	Biomassa seca (Mg ha^{-1})	C/N
NF	5,23 a	15,63
MI	3,27 ab	16,09
AP	2,88 b	21,93
CE	2,64 b	21,78
TB	2,45 b	19,24
PO	0,10 c	12,42
CV (%)	49,31	0

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

AP: Aveia-preta; TB: Tremoço-branco; CE: Centeio; NF: Nabo-forrageiro; MI: Mix de espécies; PO: Pousio; CV: Coeficiente de Variação.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

O pousio produziu a menor média de MS ($0,10 \text{ Mg ha}^{-1}$), não havendo contribuição adequada para a cobertura do solo. Esta condição é negativa para a estrutura do solo e favorece o processo de erosão. Ao avaliar a influência das plantas de cobertura sob o plantio direto, no Rio Grande do Sul, Gonçalves e Ceretta (1999) encontraram valores similares de MS no tratamento em pousio invernal. Deste modo, é importante salientar a importância da cobertura vegetal do solo no período outonal, visando a preservação da estrutura do solo a agentes erosivos.

A relação C/N é uma informação importante para a decomposição da matéria orgânica e aproveitamento de nutrientes para as plantas. A variação na relação pode acontecer de acordo com a espécie, a produção de MS e as condições do ambiente. No experimento, o pousio teve a relação C/N mais baixa (12,42), indicando uma rápida decomposição da MO. As gramíneas (AP e CE), por outro lado, apresentaram a relação C/N mais alta, o que indica que a MO ficou mais tempo disponível no solo em comparação ao pousio. Embora os resultados pareçam satisfatórios, é importante considerar que a relação C/N próxima a 20, como a observada no estudo, indica decomposição rápida da MO. De acordo com Alvarenga *et al.* (2001), a decomposição lenta seria obtida com uma relação maior que 30.

5.5 CICLAGEM DE NUTRIENTES DAS PLANTAS DE COBERTURA

Em resposta a análise estatística, houve variação significativa entre os tratamentos. O nabo-forrageiro foi o mais eficiente em acumular carbono ao solo (1960,4 kg ha⁻¹), seguido do mix de espécies (1321,1 kg ha⁻¹) e da aveia-preta (1204,6 kg ha⁻¹). A menor taxa de carbono encontrada foi no pousio (43,2 kg ha⁻¹). Em um estudo realizado por Gonçalves e Ceretta (1999), foram obtidos resultados semelhantes aos descritos. Os autores observaram que o solo descoberto no inverno propicia uma menor quantidade de massa seca e de carbono adicionado pelas plantas (Tabela 5).

Tabela 5 – Acúmulo de macronutrientes (C, N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) das plantas de cobertura.

Trat.	C	N	P	K	Ca	Mg
	(kg ha ⁻¹)					
AP	1204,6 ab	54,93 b	10,07 bc	123,63 b	21,82 bc	6,52 bc
TB	1072,1 b	55,71 b	4,14 cd	82,14 bc	11,85 c	4,93 c
CE	1115,9 b	51,24 bc	8,30 cd	84,11 bc	9,72 c	3,56 c
NF	1960,4 a	108,65 ab	23,31 a	293,38 a	108,20 a	28,27 a
MI	1321,1 ab	125,43 a	17,57 ab	176,01 b	55,22 b	16,16 b
PO	43,2 c	3,48 c	0,50 d	3,83 c	1,12 c	0,46 c
CV (%)	47,34	52,02	57,41	56,98	72,46	67,48

Trat.	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	(kg ha ⁻¹)					
AP	2,92 bc	0,03 b	0,01 ab	0,51 bc	0,94 b	0,10 b
TB	2,78 bc	0,02 bc	0,01 ab	0,14 c	9,40 a	0,09 b
CE	2,44 bc	0,03 b	0,01 b	0,48 bc	0,38 b	0,09 b
NF	23,85 a	0,07 a	0,02 a	1,14 b	0,83 b	0,22 a
MI	8,34 b	0,04 b	0,01 ab	2,22 a	1,18 b	0,15 ab
PO	0,20 c	0,00 c	0,00 c	0,12 c	0,02 b	0,00 c
CV (%)	77,82	52,31	53,01	63,98	51,79	51,33

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

AP: Aveia-preta; TB: Tremoço-branco; CE: Centeio; NF: Nabo-forrageiro; MI: Mix de espécies; PO: Pousio; CV: Coeficiente de Variação.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Quanto ao nitrogênio, o mix de espécies apresentou o acúmulo superior de 125,43 kg ha⁻¹ em comparação ao pousio que contribuiu com apenas 3,48 kg ha⁻¹. O nitrogênio é um elemento essencial para as plantas, sendo encontrado principalmente na forma de compostos orgânicos. Estes, são essenciais para a fotossíntese e o crescimento das plantas, pois compõem as células e tecido vegetal. Cresciol *et al.* (2005) concluíram que o N é um dos principais nutrientes ciclados em maior quantidade para a cultura subsequente. Deste modo, devido ao trigo ser uma gramínea este é o principal nutriente requerido pela cultura.

Em sistemas de sucessão de culturas, é comum a deficiência de fósforo na cultura do trigo, proveniente da limitação gerada pela cultura anterior. Nesta condição, é necessário o suprimento de P, muitas vezes exacerbado. Verificou-se que o nabo-forrageiro teve o maior acúmulo de P, correspondendo a 23,31 kg ha⁻¹, seguido do mix de espécies (17,57 kg ha⁻¹). Outros autores encontraram valores similares de P acumulado pelo NF, de 23 kg ha⁻¹ (GIACOMINI, *et al.* 2003). O menor acúmulo de P foi obtida no pousio (0,50 kg ha⁻¹).

O acúmulo de potássio maior foi de 293,38 kg ha⁻¹, no tratamento com o nabo-forrageiro. Este valor representa uma alta disponibilidade de K para a cultura subsequente. Posteriormente ao NF, o mix de espécies teve o alto acúmulo do nutriente, de 176,01 kg ha⁻¹. O pousio teve o menor valor de K, igual a 3,83 kg ha⁻¹. Em áreas com baixos teores dos nutrientes N, P e K, as plantas de cobertura podem auxiliar no suprimento às plantas (Tabela 5).

Na avaliação dos nutrientes cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre e zinco, os resultados foram similares a maioria dos nutrientes avaliados. O maior acúmulo destes nutrientes foi obtido com o nabo-forrageiro e o menor para o tratamento em pousio. O nabo é uma excelente opção para a rotação de culturas, pois permite o acúmulo de N, P, K e outros nutrientes vitais as plantas. Além disso, proporciona a decomposição e liberação desses nutrientes para a cultura do trigo (VIOLA, 2013). Já a concentração de ferro foi maior no mix de espécies (2,22 kg ha⁻¹).

Na análise do manganês, observou-se uma diferença significativa entre os tratamentos. O acúmulo do nutriente com o tratamento do tremoço-branco foi superior (9,40 kg ha⁻¹) em relação aos demais tratamentos que tiveram um acúmulo de Mn inferior a 2 kg ha⁻¹. Este acúmulo de Mn no tremoço-branco contraria Cunha *et al.* (2011), que ao estudar outras espécies de plantas de cobertura, não observou valores superiores a 1 kg ha⁻¹.

De acordo com o acúmulo de nutrientes das plantas de cobertura, observou-se que o nabo-forrageiro apresentou resultados superiores, para integrar ao pousio outonal. No entanto, para diversificar o sistema, o mix de espécies também se mostrou responsivo, contribuindo

com o acúmulo de nutrientes, principalmente na disponibilidade de N, P e K para a cultura subsequente.

5.6 MASSA SECA DA PARTE AÉREA DO TRIGO

Na produção de massa seca do trigo, os tratamentos não diferiram significativamente (Tabela 6). Em um estudo realizado por Ledur (2017), o pousio foi a cultura que apresentou a menor produção de massa seca da parte aérea ($5,77 \text{ Mg ha}^{-1}$), quando comparado aos tratamentos com plantas de cobertura. A mesma autora também observou que a produtividade de grãos foi inferior no pousio. Não ocorreu diferença significativa na produção MS, possivelmente, devido a adubação nitrogenada no início do perfilhamento.

Tabela 6 - Produção de biomassa seca (Mg ha^{-1}) do trigo (*Triticum aestivum*).

Tratamento	Biomassa seca (Mg ha^{-1})
PO	5,69 a
MI	5,63 a
NF	5,56 a
TB	5,38 a
AP	5,12 a
CE	5,02 a
CV (%)	18,10

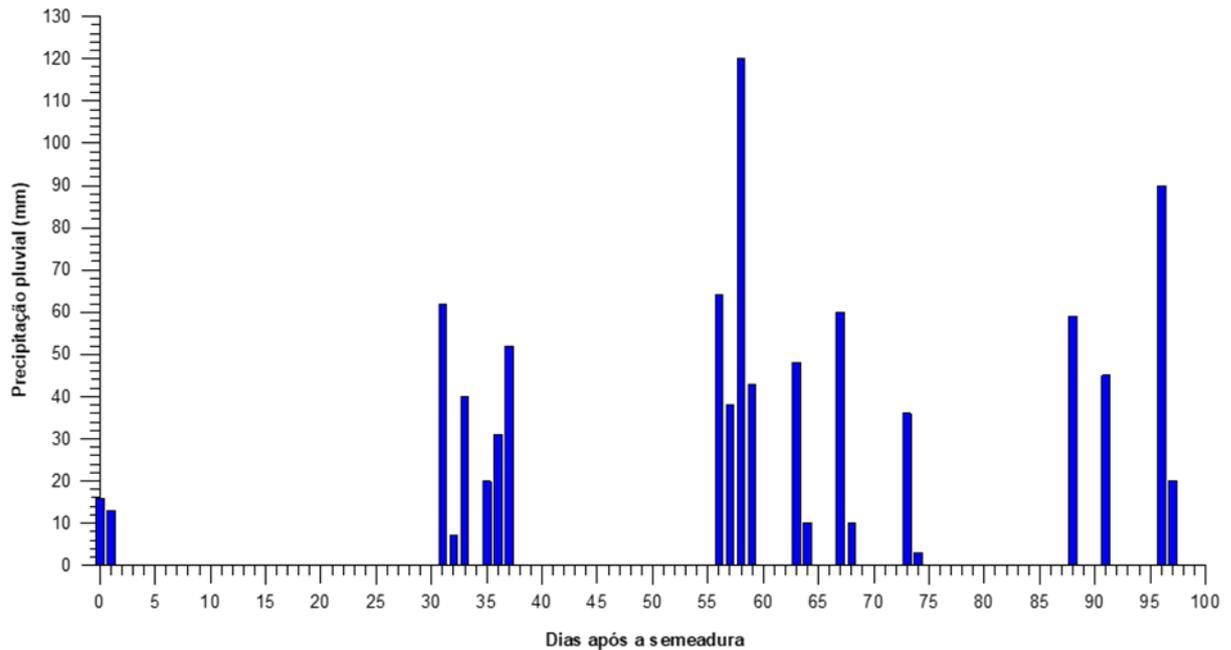
*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

AP: Aveia-preta; TB: Tremoço-branco; CE: Centeio; NF: Nabo-forrageiro; MI: Mix de espécies; PO: Pousio; CV: Coeficiente de Variação.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A cultura do trigo necessita de uma precipitação pluvial de 450 a 600 mm para atingir o seu potencial produtivo (CORDEIRO *et al.*, 2015). No experimento, a precipitação total durante o ciclo foi de 887 mm, conforme apresentado no Gráfico 3. A precipitação total foi distribuída irregularmente ao longo do ciclo, havendo também a ocorrência de granizo. Em consequência, as condições meteorológicas inviabilizaram a avaliação da produtividade do trigo. Uma distribuição desuniforme da precipitação ao longo da escala fenológica pode ocasionar restrições produtivas as plantas.

Gráfico 3 - Precipitação pluvial (mm) da área do experimento, durante o ciclo da cultura do trigo, em dias após a semeadura.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

No experimento, as maiores precipitações foram observadas no estágio de alongamento (62 mm), espigamento (64 mm), antese (120 mm) e maturação (90 mm). Estes índices, juntamente com a formação de granizo no final do ciclo, incidiram diretamente sobre a cultura. A precipitação no estágio de maturação causou uma pressão de doenças sobre a cultura e a redução da qualidade dos grãos.

Ao final do dia da semeadura, ocorreu uma precipitação de 16 mm e no dia subsequente, 13 mm. A germinação da semente e a da plântula, não foram afetadas pela duração ou intensidade da chuva. A umidade do solo é essencial para ambos os processos.

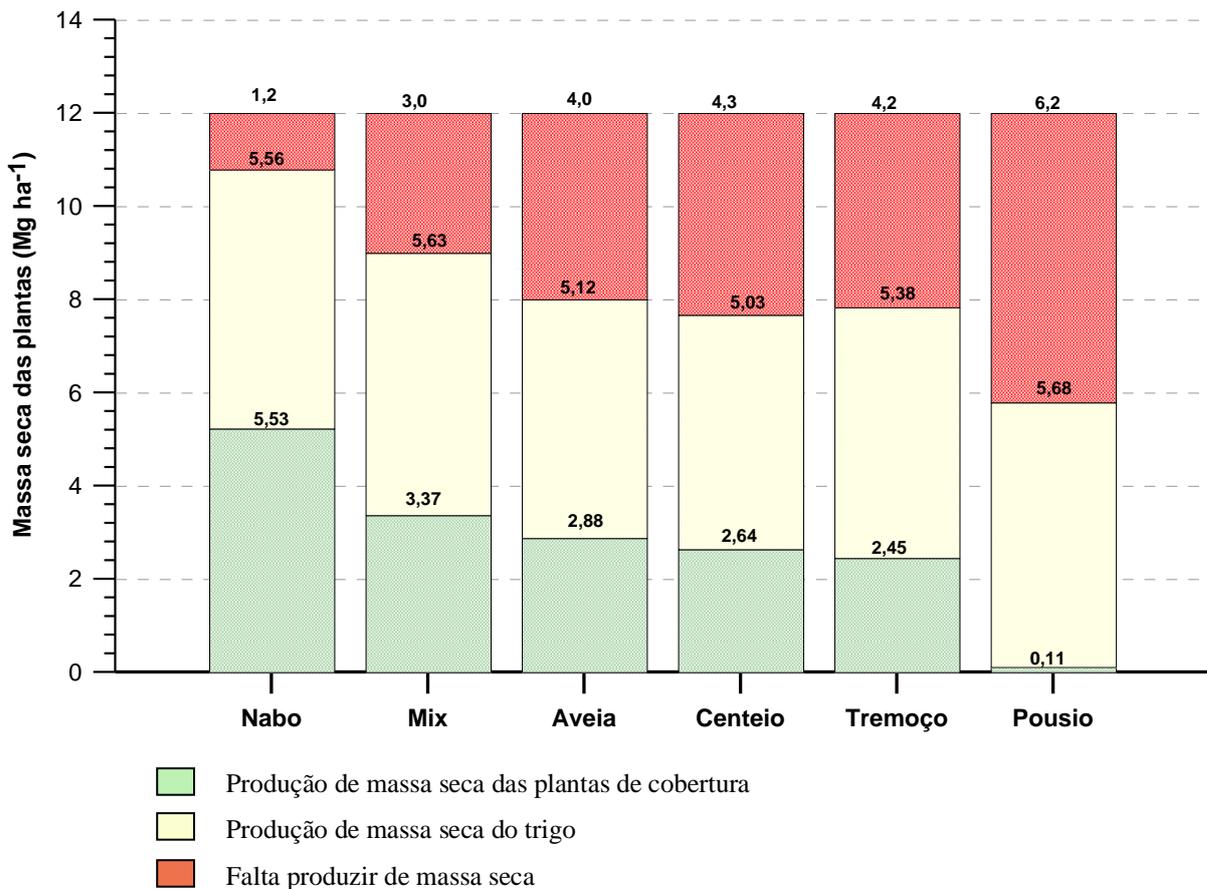
Alberto *et al.* (2006) concluíram que o fenômeno climático El Niño é menos favorável ao rendimento de grãos de trigo. A precipitação acumulada é um fator que favorece o desenvolvimento de doenças, além de propiciar períodos com menor incidência solar. Isto posto, juntamente com a redução da oxigenação do solo, o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas é minimizado.

5.7 CONTRIBUIÇÃO DAS PLANTAS DE COBERTURA NA ENTRESSAFRA

Estima-se que seja necessário de 10 a 12 Mg ha⁻¹ de massa seca para o balanço positivo de carbono no solo. O carbono é um elemento essencial para a vida no solo, sendo utilizado por plantas e organismos vivos. Quando a biomassa seca é incorporada ao solo, ela é decomposta por esses organismos, que liberam o carbono na atmosfera. No entanto, se a produção de biomassa seca for maior que a decomposição, o carbono é acumulado no solo, o que contribui para o balanço positivo de carbono.

O gráfico 4 mostra que a área em pousio contribui com apenas 0,11 Mg ha⁻¹ de massa seca, enquanto o trigo subsequente produz cerca de 5,68 Mg ha⁻¹. Para atingir a quantidade ideal de 12 Mg ha⁻¹, ainda faltam 6,2 Mg ha⁻¹. A soja, por sua vez, produz apenas de 3 a 4 Mg ha⁻¹, o que representa uma produção insuficiente.

Gráfico 4 - Relação entre a produção de massa seca das plantas de cobertura e da cultura do trigo com a quantidade necessária para suprir a lacuna.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Quando há um pousio no período outonal entressafra, todo o sistema se torna limitado, pois os resíduos vegetais incorporados ao solo também contribuem para a ciclagem de nutrientes, a melhoria da estrutura e a biodiversidade do solo (BRUM, et al., 2016). Ou seja, as plantas de cobertura contribuem com a biomassa, aumentando o teor de matéria orgânica do solo, contribuindo com o sequestro de carbono e auxiliando na preservação da estrutura do solo.

O pousio pode levar a uma série de problemas, como o aumento da pressão de plantas espontâneas, solo desprotegido e a redução dos macroporos. Esses problemas podem ocasionar a erosão pluvial e prejudicar a drenagem e aeração do solo. Estes fatores geram restrições ao crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo interferir diretamente na produtividade.

De acordo com Sá Moraes, et al. (2008) com o manejo adotado para o preparo do solo é imprescindível para a manutenção do SPD. Ao incrementar os resíduos vegetais, devido ao aporte de MS, aumenta-se os níveis de matéria orgânica do solo. Sistemas intensivos, com a predominância de sucessão de culturas não viabilizam o sequestro de carbono. O SPD é capaz de recuperar o estoque de carbono, quando as premissas são atendidas. Como a adoção de rotação de culturas e a diversificação de espécies (FERREIRA et al., 2018).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os atributos físicos do solo são afetados pelo sistema de preparo adotado.

A maior densidade do solo foi observada no PD, na camada de 10 a 20 cm de profundidade. A ESC reduziu a densidade do solo nesta camada.

O PD representou a menor quantidade de macroporos quando comparado ao ESC, podendo gerar uma drenagem e infiltração de água no solo não satisfatórias.

O menor grau de compactação observado, inferior ao limite crítico, foi no tratamento ESC, juntamente com a menor densidade de solo e a maior macroporosidade, condicionando uma boa estrutura do solo para o crescimento das plantas e o seu desenvolvimento.

Os atributos físicos do solo não diferiram significativamente ao comparar as plantas de cobertura. Com exceção do CE que proporcionou uma maior microporosidade, que atua na manutenção de umidade no solo.

A ESC reduziu a RP até os 20 cm de profundidade, proporcionando melhores condições ao crescimento das raízes. Em relação às plantas de cobertura, a RP não apresentou diferença significativa.

A maior produção de biomassa seca das plantas de cobertura e concentração dos nutrientes C, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn foram obtidas com o tratamento NF. A maior concentração de N e Fe foi obtida com o MI e a maior concentração de Mn foi observada no tratamento com o TB. O PO representou a menor produção de biomassa e a menor concentração de todos os nutrientes analisados.

Quanto a produção da biomassa seca do trigo, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

REFERÊNCIAS

- ALBERTO, C. M. *et al.* Água no solo e rendimento do trigo, soja e milho associados ao El Niño Oscilação Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.1067-1075, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/5Tt5YnYQJHNJzQDsdhMnHtp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 02 dez. 2023.
- ALMEIDA, W. S. *et al.* Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.51, n.9, p.1110-1119, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/ZNdjdrBQLdSqzfDKqPsS5vQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 16 mai. 2023.
- ALVARENGA, R. C. *et al.* Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, p.25-36, 2001. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/485005>. Acesso em: 03 dez. 2023.
- ALVARENGA, R. C. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Embrapa Milho e Sorgo**, Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, n.208, p. 25-36, 2001. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/485005/plantas-de-cobertura-de-solo-para-sistema-plantio-direto>. Acesso em: 17 mai. 2023.
- ARAÚJO, P. H. C. **Eventos climáticos extremos: os efeitos do fenômeno el niño e la niña sobre a produtividade agrícola das regiões nordeste e sul do Brasil**. (Dissertação) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, p. 17-32, 2012. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/68/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em 04 dez 2023.
- ARGENTA, G. *et al.* Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho BERTOL, I.; CASSOL, E. A.; BARBOSA, F. T. Erosão do solo. In: BERTOL, I.; DE MARIA, I. C.; SOUZA, L. S. **Manejo e conservação do solo e da água**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 1. ed. p. 424-426, 2018.
- BEUTLER, A. N. *et al.* Efeito da compactação do solo na estabilidade de agregados e no conteúdo gravimétrico de água. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**. Maringá, vol. 27, p. 193-198, 2005. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1871/187117421002.pdf>. Acesso em 18 nov. 2023.
- BLAINSKI, E. *et al.* Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 975-983, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/KwCdrm3zzv5L8t7f5hBthjb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 16 mai. 2023.
- BUENO, J. F. **Avaliação de cultivares de trigo nas condições edafoclimáticas de Cerro Largo-RS**. 2019. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2019.
- CALEGARI, A. **Plantas de cobertura**: Manual técnico. Londrina: IAPAR. Retrived from: Londrina: IAPAR, 2. ed, v. 80, p. 17-25, 2016. Disponível em:

<https://www.ecoagri.com.br/web/wp-content/uploads/Plantas-de-Cobertura-%E2%80%93-Manual-T%C3%A9cnico.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2023.

CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. p. 789-796, 2005. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/XB9rrzxwbvPffNcTBsQ6chQ/?lang=pt&format=pdf#:~:text=A%20escarifica%C3%A7%C3%A3o%20do%20solo%20em,infiltra%C3%A7%C3%A3o%20de%20C3%A1gua%20no%20solo>. Acesso em: 16 nov. 2023.

CARVALHO, M. L. *et al.* **Guia prático de plantas de cobertura aspectos filotécnicos e impactos sobre a saúde do solo**. ESALQ - USP, p. 1-126, 2022. Disponível em:

<https://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/782>. Acesso em: 16 nov. 2023.

CAVALLI, M. *et al.* Potencial alelopático de aveia preta e azevém na germinação e crescimento inicial do capim sudão. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal - PB. v 11. n 5. p. 70-76, 2016. Disponível em:

<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS>. Acesso em: 20 jun. 2023.

CERETTA, C. A.; AITA, C. **Manejo e conservação do solo**. 2010.

COGO, N. P.; MOLDENHAUER, W. C.; FOSTER, G. R. Soil loss reductions from conservation tillage practices. **Soil Science Society of American Journal Madison**, v. 48, p. 368-373, 1984.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da CORDEIRO, M. B. *et al.* Aptidão agroclimática do trigo para as regiões de Rondonópolis, São José do Rio Claro, São Vicente e Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil. **Revista Agro@mbiente On-line**, Roraima, v. 9, p. 96-101, 2015. Disponível em:

<https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/2177>. Acesso em 02 dez. 2023.

CRUSCIOL, C. A. C. *et al.* Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 161-168, 2005. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/74D7J4CYbJtmCkqbSyJN9Cj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 04 dez. 2023.

CUNHA, E. Q. *et al.* Atributos químicos de solo sob produção orgânica influenciados pelo preparo e por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 1021-1029, 2011. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/sNkV7JTGpRrQXNL5ZrdHdfc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 dez. 2023.

DARIO, G. J. A.; DARIO, I. S. N. Adubação. In: BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. **Trigo do plantio à colheita**. Viçosa, Ed. UFV, p. 126-130, 2015.

DE MARIA, I. C.; BERTOL, I.; DRUGOWICH, M. I. Práticas conservacionistas do solo e da água. In: BERTOL, I.; DE MARIA, I. C.; SOUZA, L. S. **Manejo e conservação do solo e da água**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 1. ed. p. 528-531, 2018.

DE OLIVEIRA, F. P. et al. Tolerância de Perda de Solo por Erosão para o Estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, vol. 8, núm. 2, p. 60-71, 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/500/50011254007.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2023.

DENARDIN, J. E. KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; SATTTLER, A. Evolução da área cultivada sob sistema plantio direto no Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo, nov. 2001. ISSN 1516-5582. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/121365/1/FL-07298.pdf>. Acesso em: 16 de mai. 2023.

DRESCHER, M. S. et al. Compactação do solo. *In*: ALBUQUERQUE, J. A.; GUBIANI, P. I. **Física do solo**. Núcleo Regional Sul – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Santa Maria, p. 165-167, 2023.

DREWRY, J. J.; CAMERON, K. C.; BUCHAN, G. D. Pasture yield and soil physical property responses to soil compaction from treading and grazing – a review. **Australian Journal of Soil Research**. p. 237-256, 2008. Disponível em: https://openresearch-repository.anu.edu.au/bitstream/1885/35728/2/01_Drewry_Pasture_yield_and_soil_2008.pdf. Acesso em 17 nov. 2023.

em sucessão e no controle do capim-papuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 6, p. 851-860, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/dvhTCj8QTKMnhTVD4kkMVXp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 mai. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Indicações Técnicas para o Cultivo de Milho e de Sorgo no Rio Grande do Sul Safras 2017/2018 e 2018/2019. LXII Reunião Técnica Anual da Pesquisa do Milho; XLV Reunião Técnica Anual da Pesquisa do Sorgo, Sertão, RS, p. 51, 2017. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202003/12103455-livro-indicacoestecnicas-milho-sorgo-2017-18-e-18-2019.pdf>. Acesso em 15 mai. 2023.

FERNANDES, A. M. F. **Qualidade do sistema plantio direto e sua relação com a erosão do solo e o meio ambiente**. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural). Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural, Universidade de Cruz Alta, Cruz Alta, 2018.

FERREIRA, O. *et al.* O sistema plantio direto em fase de manutenção recupera o estoque de carbono original do solo? Um panorama das áreas pioneiras sob plantio direto no Rio Grande do Sul. **Revista Plantio Direto**, v. 147, p. 148-13.

GIACOMINI, S. J. *et al.* Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 325-334, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/3FdpLJMjPH9HR7J5gzWWCmt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 04 dez. 2023.

GOMES, A. S. *et al.* Caracterização de Indicadores da Qualidade do Solo, com Ênfase às Áreas de Várzea do Rio Grande do Sul. **Embrapa Clima Temperado**. Pelotas, p. 17, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/746124/1/documento169.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2023.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 307-313, 1999. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/ZZ8XvkZQWJrrZw8qB9psvdt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 03 dez. 2023.

HECKLER, J. C.; SALTON, J. C. Palha: Fundamento do Sistema Plantio Direto. **Embrapa**. Embrapa Coleção Sistema Plantio Direto 7 – Dourados-MS. 2002. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38756/1/COL20027.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2023.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. Implantação e manejo do sistema plantio direto.

Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2000. ISSN 1516-5582. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84084/1/CNPT-DOCUMENTOS-20-IMPLANTACAO-E-MANEJO-DO-SISTEMA-PLANTIO-DIRETO-FL-13398.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2023.

LEDUR, C. L. **Uso de plantas de cobertura no período outonal e seu efeito sobre os atributos físicos do solo e a produtividade do trigo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, p. 39-42, 2017. Disponível em:

<https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/1884/1/LEDUR.pdf>. Acesso em 03 dez. 2023.

LIER, Q. J. V. **Física do solo baseada em processos**. Universidade de São Paulo, Piracicaba, p. 23-36, 2020. Disponível em:

http://www.cena.usp.br/publicacoes/fisica_solo_baseada_processos.pdf. Acesso em: 17 mai. 2023.

LIER, Q. J. V. Mecânica do solo. In: LIER, Q. J. V. **Física do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 1. ed. p. 81-85, 2019.

MAPA. Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático. Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico>. Acesso em: 01 jul. 2023.

MICHELON, C. D. et al. Atributos do solo e produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura no inverno. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Santa Catarina, p. 231-238, 2019. Disponível em:

<https://www.periodicos.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/9872/pdf>. Acesso em: 18 mai. 2023.

MICHELON, C. J. et al. Densidade e porosidade do solo. In: ALBUQUERQUE, J. A.;

GUBIANI, P. I. **Física do solo**. Núcleo Regional Sul – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Santa Maria, p. 123-124, 2023.

NOGUEIRA, N. O. et al. Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas.

Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, v.8, n.14; p. 2123, 2012. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/ambientais/utilizacao%20de%20leguminosas.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2023.

PELLEGRINI, A.; MEINERZ, G. R.; KAISER, D. R. Compactação do solo em sistemas

intensivos de integração lavoura-pecuária leiteira. In: TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil**: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo. Porto Alegre, p. 49, 2016. Disponível em:

<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/149123/001005239.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 17 mai. 2023.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 5, p. 49-134, 2007. Disponível em: https://fiscadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Producao_Artigos/2007_Topicos.pdf. Acesso em 17 nov. 2023.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, v.27, p.29-48, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274250019_Qualidade_dos_solos_e_sustentabilidade_de_sistemas_agricolas. Acesso em: 01 dez. 2023.

REINERT, D. J. *et al.* Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1805-1816, out. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/5WjW8tsqwwWS6xRyMftbvJM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 1 dez. 2023.

ROSA, D. P. *et al.* Relação entre solo e haste sulcadora de semeadora em latossolo escarificado em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.395-400, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/HmZGbs98CY6M4FXhCGFQCnR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 nov. 2023.

ROSSETTI, K. V. *et al.* Atributos físicos do solo em diferentes condições de cobertura vegetal em área de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.3, p.427-433, jul.-set., 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/73413/2-s2.084871576853.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 mai. 2023.

SÁ, J. C. M. *et al.* **Dinâmica da matéria orgânica nos Campos Gerais**. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais, v. 2, p. 443-461, 2008.

safrinha brasileira de grãos: safra 2022/2023. Brasília, vol. 10, n. 8, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 19 mai. 2023.

SALTON, J. C. THOMAZI, M. Sistema Radicular de Plantas e Qualidade do Solo. **Embrapa**, Comunicado Técnico, Dourado, Mato Grosso do Sul, 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1005326/1/COT198.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2023.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. Sistema Plantio Direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 1998. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/98258/1/500perguntassistemaplantiodireto.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2023.

SANTI, A. L. *et al.* Análise de componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.47, n.9, p. 1346-1357, 2012. Disponível

em:<https://www.scielo.br/j/pab/a/nXKYbXGQVyz8mH9Fx3kMzJv/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 16 mai. 2023.

SANTOS, H. G. do. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Embrapa, Brasília, 5. ed., p. 356, 2018. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em: 17 abr. 2023.

SECCO, D. *et al.* Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural**, Santa Maria, p. 39:58-64, 2009.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/bpnYzMgKy5Vf5zQx4sG55sd/?format=pdf>. Acesso em 03 dez. 2023.

SILVA, M. A. et al. Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas comerciais no Cerrado. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. 2-8, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20008/17916>. Acesso em: 18 mai. 2023.

SKORUPA, L. A.; MANZATTO, C. V. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Embrapa Meio Ambiente**. Brasília, 1 ed. p. 237-242, 2019. Disponível em:<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1118785/1/cap7.pdf>. Acesso em 20 mai. 2023.

STOLF, R. *et al.* Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. p. 47-459, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/QYcFLvyd5Ztzc6zFtLfp6y/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 16 nov. 2023.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p. 207-212, 2002. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/5cMhQsJNc7HVbG4FJXvNYxv/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 02 dez. 2023.

SUZUKI, L.E.A.S. **Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, p. 149, 2005. Disponível em:

<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/5602>. Acesso em: 01 dez. 2023.

SUZUKI, L.E.A.S. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.1159-1167, 2005. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/9nWsJjKz3P69Mq7Sk4fgtn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: Acesso em 17 nov. 2023.

TEIXEIRA, P. C. et al. Manual de métodos de análise de solo. Brasília, DF: **Embrapa Solos**, 3 ed., 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1085209..> Acesso em 01 jul. 2023.

TIECHER, T.; MINELLA, J. P. G. Erosão do solo: um problema mundial agravando-se num contexto de “agricultura conservacionista” no sul do Brasil. In: TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil:**

contextualizando as atividades agropecuárias e os problemas erosivos. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Frederico Westphalen, p. 124, 2015.

TORMENA, C.A. *et al.* Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 1023-1031, 2004. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/xVSy9RqzNh5hm7MHB3xH5dy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 03 dez. 2023.

VIOLA, R. *et al.* **Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto.** *Bragantia*, v. 72, p. 90-100, 2013. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/brag/a/frnxPqs8mxN4ZpsKpr5fN4w/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 dez. 2023.