

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS ERECHIM  
CURSO DE AGRONOMIA**

**JÚNIOR LUÍS GALINA**

**BIOMASSA, TEOR DE NITROGÊNIO E RELAÇÃO C/N DE CULTURAS DE  
COBERTURA DE INVERNO ESTABELECIDAS EM ÁREAS MANEJADAS NO  
SISTEMA PLANTIO DIRETO NO ALTO URUGUAI GAÚCHO**

**ERECHIM**

**2022**

**JÚNIOR LUÍS GALINA**

**BIOMASSA, TEOR DE NITROGÊNIO E RELAÇÃO C/N DE CULTURAS DE  
COBERTURA DE INVERNO ESTABELECIDAS EM ÁREAS MANEJADAS NO  
SISTEMA PLANTIO DIRETO NO ALTO URUGUAI GAÚCHO**

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

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Castamann

**ERECHIM**

**2022**

## Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Galina, Júnior Luís

Biomassa, teor de Nitrogênio e relação C/N de culturas de cobertura de inverno estabelecidas em áreas manejadas no Sistema Plantio Direto no Alto Uruguai Gaúcho / Júnior Luís Galina. -- 2022.

60 f.:il.

Orientador: Dr. Alfredo Castamann

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

1. Culturas de cobertura do solo. 2. Consórcio de plantas de cobertura. 3. Ciclagem de nutrientes. I. Castamann, Alfredo, 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).

**JÚNIOR LUÍS GALINA**

**BIOMASSA, TEOR DE NITROGÊNIO E RELAÇÃO C/N DE CULTURAS DE  
COBERTURA DE INVERNO ESTABELECIDAS EM ÁREAS MANEJADAS NO  
SISTEMA PLANTIO DIRETO NO ALTO URUGUAI GAÚCHO**

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

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 04/04/2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Alfredo Castamann – UFFS  
Orientador



Prof. Dr. Altemir José Mossi – UFFS  
Avaliador



Prof. Dr. Ulisses Pereira de Mello – UFFS  
Avaliador

Dedico este trabalho principalmente aos  
meus pais, que me apoiaram e  
financiaram a minha trajetória  
acadêmica para que eu pudesse concluir  
meus estudos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu Deus por me manter fiel e dar saúde e forças quando necessitei.

Muita gratidão aos meus pais, e toda minha família, por todo o apoio moral e financeiro para realizar e concluir o curso.

Tenho a agradecer à todos os professores docentes da Universidade Federal da Fronteira Sul *Campus* Erechim, que me forneceram o conhecimento para me tornar um bom profissional.

Principalmente ao meu orientador Alfredo Castamann pelo suporte técnico, correções e incentivo. Inclusive à técnica do laboratório de solos, Andrea, que me auxiliou nos processos laboratoriais para realizar as análises.

Agradeço muito por todo o apoio das amigadas que conheci na UFFS, em especial meus colegas de curso. E outras pessoas da agronomia e de outros cursos que eu conheci durante a minha vida acadêmica e fizeram de mim um pessoa melhor.

*“Sem a natureza não existimos mais, ela é a base da nossa vida”.* (Ana Maria Primavesi).

*“Lutar pela terra, lutar pelas plantas, lutar pela agricultura, porque se não vivermos dentro da agricultura, vamos acabar. Não tem vida que continue sem terra, sem agricultura”.* (Ana Maria Primavesi).

*“A agroecologia é o único modelo viável para o futuro, que se pode aplicar em larga escala, porque oferece um modelo que não depende do petróleo e diversifica as propriedades com todas as suas bondades ecológicas, além de propor uma agricultura resiliente à mudança climática.”* (Miguel Altieri).

*“Creio que os animais veem no homem um ser igual a eles que perdeu de forma extraordinariamente perigosa o seu intelecto animal. Veem nele um ser irracional que ri, chora. Um animal infeliz.”* (Friedrich Nietzsche).

## RESUMO

As culturas de cobertura de inverno cultivadas na entressafra são de grande importância para proteger o solo e fornecer matéria orgânica, pois na decomposição dos resíduos da palhada ocorre a reciclagem de nutrientes importantes utilizados pelas culturas subsequentes em Sistema de Plantio Direto (SPD). A utilização dessas plantas na região Sul do Brasil pode proporcionar melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas dos solos, bem como na produtividade de lavouras de interesse econômico. Este trabalho buscou avaliar a produtividade total de massa seca de parte aérea, os teores de N e C presentes na MS, relação C/N dos resíduos e o acúmulo de kg de N/ha presente na MS, de diferentes manejos de plantas de cobertura do solo em cultivo solteiro e consorciado. O experimento foi conduzido durante o ano agrícola de 2021/22, em uma propriedade localizada em Barão de Cotegipe – RS, sobre Latossolo Vermelho Distrófico, implantado em delineamento de blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições: T1: Pousio; T2: Aveia preta (*Avena strigosa* Schreb); T3: Centeio (*Secale cereale*); T4: Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*); T5: Ervilhaca (*Vicia sativa* L.); T6: AP+NF+ER; T7: CE+NF+ER; T8: AP+CE+NF+ER. Os resultados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância, e utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade por meio do software SISVAR. Alguns tratamentos apresentaram efeitos significativos nas variáveis. O consórcio de AP+CE+NF+ER (T8) teve a maior produção de MS/ha (8771,8 kg); a cultura da ervilhaca (T5) apresentou o maior teor de Nitrogênio na MS sendo de 7,34%; No teor de Carbono na MS, não houve muita significância entre os tratamentos; Entre as relações de C/N o centeio (T3) teve a maior relação de 23,77; E a respeito do acúmulo de N na MS, os consórcios de AP+NF+ER (T6) e C+NF+ER (T7) foram os que mais acumularam nitrogênio na MS, chegando a acumular respectivamente 295,75 e 293,75 kg de N/ha.

Palavras-chave: Culturas de cobertura do solo. Consórcio de plantas de cobertura. Ciclagem de nutrientes.

## ABSTRACT

Cover crops grown in the winter off-season are of great importance to protect the soil and provide organic matter, as the decomposition of straw residues recycles important nutrients used by subsequent crops in a no-tillage system. The use of these plants in the southern region of Brazil can provide improvements in the physical, chemical and biological conditions of the soils, as well as in the productivity of crops of economic interest. This work aimed to evaluate the total productivity of shoot dry mass, the N and C contents present in the DM, the C/N ratio of the residues and the accumulation of kg of N/ha present in the DM, of different managements of cover crops. of soil in single and intercropped cultivation. The experiment was carried out during the 2021/22 crop year, on a property located in Barão de Cotegipe – RS, on Dystrophic Red Latosol, implemented in a randomized block design, with eight treatments and four replications: T1: Fallow; T2: Black oat (*Avena strigosa* Schreb); T3: Rye (*Secale cereale*); T4: Forage turnip (*Raphanus sativus*); T5: Vetch (*Vicia sativa* L.); T6: Black oat + Forage turnip + Vetch; T7: Rye + Forage turnip + Vetch; T8: Black oat + Rye + Forage turnip + Vetch. The results obtained in the experiment were submitted to analysis of variance, and using the Tukey test at 5% probability through the SISVAR software. Some treatments showed significant effects on the variables. The consortium on T8 had the highest DM/ha production (8771,8 kg); the vetch crop (T5) had the highest nitrogen content in DM, being 7,34%; In terms of carbon content in MS, there was not significance between treatments; Among the C/N ratios, rye (T3) had the highest ratio of 23,77; And regarding the accumulation of N in the MS, the T6 and T7, were the ones that most accumulated nitrogen in the MS, reaching 295,75 and 293,75 kg of N/ha respectively.

Index terms: Ground cover crops. Consortium of cover plants. Nutrient cycling.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Vista aérea da localização onde foi instalado o experimento.....	26
<b>Figura 2:</b> Semeadura das plantas de cobertura de inverno, em cultivo solteiro e consorciado, realizada no dia 26/05/2021.....	28
<b>Figura 3:</b> À esquerda o método de coleta das amostras, e à direita as embalagens utilizadas para acondicionar as amostras. ....	29
<b>Figura 4:</b> Moinho Willey, usado para a moagem do material.....	30
<b>Figura 5:</b> A) Balança analítica usada para pesagem dos materiais; B) Tubos de ensaio com os materiais pesados, para digerir com os reagentes no bloco digestor.....	32
<b>Figura 6:</b> A) Digestão do material no bloco digestor; B) Destilador de nitrogênio.....	32
<b>Figura 7:</b> A) Titulação das amostras de Nitrogênio; B) Titulação do carbono.....	33
<b>Figura 8:</b> Preparação das Provas brancas, necessárias para realizar os cálculos.....	33
<b>Figura 9:</b> A) Emergência das plântulas de nabo forrageiro; B) Emergência das plântulas de ervilhaca.....	41
<b>Figura 10:</b> Desenvolvimento das culturas aos 28 dias após semeadura.....	43
<b>Figura 11:</b> Desenvolvimento das culturas aos 61 dias após semeadura.....	43
<b>Figura 12:</b> Desenvolvimento das culturas aos 92 dias após semeadura.....	45
<b>Figura 13:</b> Desenvolvimento das culturas aos 120 dias após semeadura.....	46
<b>Figura 14:</b> Geada branca ocorrida no dia 28 de julho de 2021.....	48
<b>Figura 15:</b> Sistemas radiculares das espécies de cobertura de inverno usadas no experimento.....	48

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Quantidade de massa seca de parte aérea (kg/ha) produzida nos diferentes manejos de cobertura do solo, em cultivo solteiro e consorciado, safra 2021/22.....	35
<b>Tabela 2:</b> Teor de nitrogênio (%) presente na massa seca em diferentes manejos de cobertura do solo de inverno, safra 2021/22.....	36
<b>Tabela 3:</b> Teor de carbono presente na massa seca em diferentes manejos de cobertura do solo de inverno, safra 2021/22.....	38
<b>Tabela 4:</b> Relação C/N dos tratamentos com diferentes manejos de cobertura do solo no inverno, safra 2021/2022.....	39
<b>Tabela 5:</b> Quantidade de Nitrogênio acumulado na massa seca produzida nos manejos de cobertura de solo de inverno, safra 2021/2022.....	40

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
2.1. Sistema de plantio direto (SPD) e a importância dos conceitos Agroecológicos nos sistemas de produção.....	14
2.2. Importância do uso de cobertura do solo na entressafra.....	15
2.2.1. Cultivo e manejo de culturas de cobertura do solo de inverno em consórcio e cultivo solteiro.....	17
2.2.2. Decomposição dos resíduos vegetais e reciclagem de nutrientes.....	18
2.2.3. Controle de plantas espontâneas.....	21
2.3. Culturas de cobertura do solo de inverno utilizadas no trabalho.....	23
2.3.1. Aveia preta ( <i>Avena strigosa</i> ).....	23
2.3.2. Centeio ( <i>Secale cereale</i> ).....	23
2.3.3. Nabo forrageiro ( <i>Raphanus sativus L.</i> ).....	24
2.3.4. Ervilhaca ( <i>Vicia sativa</i> ).....	25
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
4.1. Resultados obtidos.....	33
4.2. Monitoramento do desenvolvimento das culturas.....	41
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>50</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Sistema de Plantio Direto (SPD) é uma prática conservacionista do solo que foi um marco importante na história da agricultura. Engloba diversas técnicas que induzem a melhores produtividades nas lavouras, e diminui os processos de erosão do solo. Dentre estas técnicas, o cultivo de plantas de cobertura do solo na entressafra pode melhorar a capacidade produtiva do solo.

A busca por aumento de produtividade de sistemas agrícolas alicerçada no conceito de fertilidade do solo, notabilizada por parâmetros de natureza química e pelo uso intensivo de fertilizantes minerais, vem sendo substituída pela implementação das diretrizes da agricultura conservacionista, cenário em que a ampliação do conceito de fertilidade do solo assume relevância (DENARDIN & KOCHHANN, 2006; D'AGOSTINI, 2006; NICOLODI, 2006, 2007).

O manejo de culturas de cobertura do solo na entressafra desempenham um importante papel na proteção do solo, melhorando a capacidade produtiva do solo para beneficiar as culturas em sucessão. Pois promovem a ciclagem de nutrientes e contribuem com a melhoria de propriedades físicas do solo por meio da descompactação biológica do solo, aumentando a infiltração e armazenamento de água no solo (WEIRICK, 2021).

A palhada junto com a biomassa microbiana desempenha papel são benéficas ao sistema proporcionando melhorias físicas, químicas e biológicas ao solo, tornando fundamental para a formação da matéria orgânica no solo (NEMIRSCKI, 2019). Podem também contribuir com o controle de plantas espontâneas através de efeito supressor/alelopático, nos cultivos subsequentes (CALEGARI, 1993).

O cultivo solteiro de poáceas é muito adotado no manejo de cobertura das lavouras no período de inverno, porém devido seus resíduos culturais podem apresentar alta relação C/N, resulta na imobilização microbiana do nitrogênio (N), diminuindo a quantidade de N disponível no solo (RANELLS & WAGGER, 1997; AMADO, 1997; VAUGHAN, 2000; AITA, 2004). Por meio do consórcio entre plantas de cobertura, é possível controlar a velocidade de decomposição e liberação de N dos resíduos culturais, uma vez que a fitomassa produzida poderá apresentar uma relação C/N intermediária àquela das culturas solteiras (GIACOMINI, 2004).

Portanto, é muito importante a escolha adequada de culturas de cobertura de inverno. As características das espécies, como a capacidade de produção de fitomassa, relação C/N, velocidade de decomposição da palha, ciclagem de nutrientes,

suscetibilidade e veículo de patógenos, supressão de plantas espontâneas, devem ser previamente conhecidas para orientar a escolha mais adequada à condição existente.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o potencial de culturas de cobertura de inverno, Aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), Centeio (*Secale cereale*), Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e Ervilhaca (*Vicia sativa* L.), em cultivos solteiros e consorciados, quanto a produção de biomassa, teor de carbono e de nitrogênio presentes nos resíduos, relação de C/N, e o acúmulo de Nitrogênio na biomassa.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Sistema de plantio direto (SPD) e a importância dos conceitos Agroecológicos nos sistemas de produção**

O SPD é a forma de manejo conservacionista que envolve o conhecimento e emprego de todas as técnicas recomendadas para melhorar a capacidade produtiva, conservando ou melhorando continuamente o ambiente. Este sistema fundamenta-se em três premissas básicas: não revolvimento do solo, produção de biomassa e rotação de culturas (GOULART, 2011).

No Brasil, essa abordagem vem sendo contextualizada no âmbito do SPD, por considerar a mobilização do solo apenas na linha de semeadura, a manutenção da cobertura permanente do solo, na diversificação de espécies via rotação/sucessão e/ou consorciação de culturas e a minimização do intervalo entre colheita e semeadura, em um processo contínuo colher-semear. Portanto o SPD consolida-se como ferramenta da agricultura conservacionista para imprimir sustentabilidade ao desenvolvimento agrícola (DENARDIN & KOCHHANN, 2006).

O modelo de produção em monocultura, utiliza intensivamente herbicidas, inseticidas, fungicidas etc., e aplica grandes quantidades de fertilizantes em baixos níveis de matéria orgânica no solo, inibindo o uso de plantas melhoradoras e recuperadoras dos solos agrícolas (CALEGARI, 2014).

A utilização de modelos de produção com baixo aporte de fitomassa da parte aérea e raízes, associado ao tráfego intenso de máquinas em solo úmido, têm resultado na formação de camadas compactadas no SPD. A compactação afeta negativamente a estrutura do solo, o que pode alterar os microhabitats e, assim, influenciar na distribuição e atividade dos microrganismos que atuam nos ciclos biogeoquímicos do solo (PENGTHAMKEERATI *et al.*, 2011; citado por DEBIASI, 2018).

Tal situação têm resultado na intensificação dos processos erosivos, no aumento da infestação e dos danos de agentes fitopatogênicos e plantas espontâneas, a redução da eficiência do uso da água e dos nutrientes o que, por sua vez, resulta no aumento dos custos de produção, na redução da produtividade e na estabilidade da produção de grãos (SENTELHAS *et al.*, 2015; FRANCHINI *et al.*, 2016; DEBIASI *et al.*, 2018).

Desta forma, práticas agrícolas que causam desequilíbrio nutricional ou diminuição da biodiversidade podem predispor as plantas a uma maior suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças (MAGDOFF; VAN ES, H. 2009; citado por CALEGARI, 2014), enquanto o estabelecimento de culturas de cobertura, as realizações das rotações de culturas e/ou a preservação de insetos benéficos (que também estão relacionados ao incremento da biologia e da fertilidade do solo, com consequente aumento da biodiversidade) promoverão uma diminuição das populações de pragas (ALTIERI *et al.*, 2007; PRIMAVESI, 2002; citado por CALEGARI, 2014).

A importância da adequada compreensão da agroecologia e do papel que esta desempenha nos sistemas produtivos torna-se necessária. A agroecologia propões uma visão multidimensional dos agroecossistemas, de sua genética, agronomia, edafologia, entre outras, e engloba um entendimento dos níveis ecológicos de plantas, dos solos e dos aspectos sociais da coevolução, da estrutura e do funcionamento dos sistemas, com a aplicação de conceitos e princípios da ecologia no manejo e no desenho de agroecossistemas sustentáveis (ALTIERI, 2002; PRIMAVESI, 2002; GLEISS-MAN, 2005; REDIN, 2016).

A opção dos agricultores por iniciar processos de transição agroecológica tem razões de natureza sócio-econômica e ambiental, e ampliam as oportunidades de melhoria da qualidade de vida das famílias envolvidas, bem como de preservação dos recursos naturais. Muitas vezes, tais processos iniciam-se por mudanças no manejo dos solos e das plantas (SCHENKEL *et al.*, 2007 citado por BONJORNNO, 2010).

## **2.2. Importância do uso de cobertura do solo na entressafra**

Em manejos conservacionistas, sob clima tropical e subtropical, preconiza-se a adição de elevadas quantidades de resíduos culturais, compensando a rápida decomposição, a fim de manter a superfície do solo protegida pelo maior período de tempo possível (DERPSCH *et al.*, 2010 citado por ACOSTA, 2014) e para incrementar o teor de matéria orgânica do solo (AMADO *et al.*, 2006 citado por ACOSTA, 2014).

A MOS tem grande importância no fornecimento de nutrientes às plantas, retenção de cátions, complexação de elementos tóxicos e micronutrientes (COSTA *et al.*, 2010; citado por VENGEN, 2018). Por aumentar a atividade biológica e atua sobre a ciclagem de nutrientes e estruturação do solo (VILELA *et al.*, 2001; citado por VENGEN, 2018).

A utilização de plantas de cobertura é importante para a qualidade física do solo, tanto na proteção da superfície quanto no aporte de fitomassa proveniente da parte aérea e raízes (SOUZA *et al.* 2014; citado por WOLSCHICK, 2016), ao impedir a ação direta das gotas de chuva sobre a superfície e auxiliar na regulação térmica (FURLANI *et al.*, 2008; BERTOLLO, 2019). Devido à reflexão e absorção de energia solar incidente, diminuindo as perdas de água por evaporação (GILL *et al.*, 1996; BERTOLLO, 2019).

Em longo prazo, as plantas de cobertura tendem a aumentar a macro e micro porosidade do solo, reduzindo a densidade do mesmo. Além disso, a presença de grande fitomassa de raízes promove a prevenção da compactação do solo, por promover a proteção superficial do solo e reduzir o adensamento entre as partículas. (FERREIRA *et al.*, 2012; YANG *et al.*, 2012 citados por CREMONEZ, 2018).

Além do mais, acumulam nutrientes no material vegetal e os liberam durante sua decomposição, possibilitando manutenção e melhoria da fertilidade do solo (SILVA *et al.* 2014; citado por WOLSCHICK, 2016), estimulando a atividade biológica pela interação positiva entre plantas e microbiota do solo (REIS *et al.* 2012; citado por WOLSCHICK, 2016). Promovendo, assim, maior biodiversidade e melhor equilíbrio ambiental com menos problemas e ocorrências de pragas e doenças (CALEGARI, 2014).

Em geral, aumentos de produtividade em resposta à adoção de boas práticas de manejo do solo, como a utilização de modelos de produção com maior diversidade biológica e aporte de fitomassa da parte aérea e raízes, ocorrem a médio-longo prazo (FRANCHINI *et al.*, 2012; citado por DEBIASI, 2018).

Ao escolher uma planta de cobertura são consideradas características como ciclo de desenvolvimento e capacidade de competição com outras espécies, rusticidade, velocidade de crescimento, produção de fitomassa (BONJORNNO, 2010), capacidade de acumular N, pela fixação biológica ou pela absorção do nutriente no solo (OLIVEIRA *et al.*, 2002; citado por MELGAREJO, 2011).

No entanto, é necessário selecionar plantas de cobertura com maior potencial em produzir fitomassa e acumular carbono (C) e nitrogênio (N), assim como, conhecer a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes (DONEDA *et al.*, 2012).

Esses atributos, juntamente com a relação C/N da palhada, permitem estimar o potencial das plantas de cobertura em incrementar a oferta de N para as culturas sucessoras (BOER *et al.*, 2007; citado por MELGAREJO, 2011).

O conhecimento prévio do histórico da área, o acompanhamento criterioso das atividades realizadas, como o manejo ou não do solo, uso de calagem e adubações (química e orgânica), tratos culturais (fitossanitários), e o histórico do rendimento das culturas são fundamentos indispensáveis ao estabelecimento de esquemas de rotação de culturas ajustados regional e localmente (CALEGARI, 2014).

### **2.2.1. Cultivo e manejo de culturas de cobertura do solo de inverno em consórcio e cultivo solteiro**

As diferentes espécies de adubos verdes isoladas ou os coquetéis (misturas), adequadamente testados e validados regionalmente nos mais diversos sistemas de produção, tendem a contribuir favoravelmente para um aumento da biodiversidade (ALTIERI *et al.*, 2007; PRIMAVESI, 2002; citado por CALEGARI, 2014). E de acordo com Aita (2001) a utilização de culturas de inverno de alta qualidade pode apresentar uma série de benefícios ao solo e à cultura subsequente.

Conforme Calegari (2001) citado por Linck (2018), o uso de consórcio ou associação de plantas, ou mesmo coquetel de plantas (duas, três ou mais espécies) é uma solução indicada em razão de ser diversificado e reunir benefícios de diversas plantas ao mesmo tempo. A consorciação de gramíneas com espécies não gramíneas (leguminosas, crucíferas, etc), quando bem manejada, oferece uma eficiente cobertura consolo e proporciona excelentes resultados nas culturas subsequentes (FIORIN, 2007; citado por LINCK, 2018).

A associação de espécies de cobertura também favorecerá o aumento da população de organismos antagonistas (benéficos) e maior acúmulo de carbono (C) no perfil do solo. Todavia, a manifestação dos resultados mencionados será dependente da escolha criteriosa das espécies envolvidas no sistema e da proporção de sementes utilizada (FANCELLI, 2009).

A prática de consórcio possibilita benefícios pela redução da imobilização do nitrogênio pelos microorganismos do solo, promovendo, aumento do teor de nitrogênio do solo, acúmulo de matéria seca, maior eficiência na utilização da água e nutrientes

devido as explorações de diferentes profundidades do solo (COLLIER *et al.*, 2011 citado por SILVEIRA, 2018).

Por outro lado, quando são utilizadas gramíneas em culturas puras como plantas de cobertura no outono/inverno, elas podem causar prejuízos às culturas em sucessão, em razão da provável imobilização microbiana de N do solo durante a sua decomposição, embora elas possuam alta capacidade de extração de N do solo (Silva *et al.*, 2006).

Bertol *et al.* (2004) citado por Cremones (2018), observaram que um esquema de rotação de culturas em sistema de plantio direto, com utilização de nabo, aveia e ervilhaca, dentro de uma sucessão de soja e milho, embora tenha aumentado os teores de carbono orgânico do solo, mesmo após três anos, as propriedades físicas do solo não foram alteradas.

No caso do manejo dessas espécies de plantas de cobertura, quando não conduzidas a produção de grãos, normalmente devem ser manejadas no estágio de floração plena, estágio este no qual a planta acumula a maior quantidade de fitomassa. No caso de cereais de inverno, o manejo anterior a esse estágio de desenvolvimento pode promover rebrores da cultura, o que provocaria a necessidade de dessecações posteriores. O manejo posterior a esse estágio pode incorrer no fato de a planta já possuir sementes fisiologicamente maduras, as quais, em decorrência de suas características, podem se transformar em plantas daninhas no sistema de rotação de culturas estabelecido (EMBRAPA, 2000).

Diferentes métodos e equipamentos podem ser empregados para efetuar o manejo de culturas de cobertura. Os métodos mais difundidos são rolagem, com rolo faca, e dessecação, com herbicidas totais. Contudo, a roçadora, a segadora e a grade de discos, entre outros equipamentos, também podem efetuar o manejo dessas culturas de forma satisfatória (EMBRAPA, 2000).

### **2.2.2. Decomposição dos resíduos vegetais e reciclagem de nutrientes**

A caracterização da decomposição de resíduos culturais de plantas utilizadas outono/inverno em sistema de plantio direto vem sendo amplamente estudado por pesquisadores em função da importância da liberação destes nutrientes para a cultura sucessora, de modo a otimizar o aporte de material orgânico e nutrientes bem como proteger o solo dos processos erosivos (AITA & GIACOMINI, 2004).

Segundo HOLTZ & SÁ (1996) citado por FABIAN (2009), os resíduos vegetais são formados por componentes básicos de C, N, P, K e S, sendo o C o elemento predominante com teores de até 60%, o N varia de 0,13 a 15%, o P, K e S chegam ao máximo de 1%.

A decomposição dos resíduos orgânicos é um dos principais processos biológicos do solo, sendo realizado por microrganismos. Deste processo, resulta compostos agregadores do solo, tais como hifas de fungos e exsudatos bacterianos. A maior atividade da microbiota ocorre entre 0 a 20 cm de profundidade, isso é consequência da exposição dos restos culturais e resíduos orgânicos acumulados nesta área do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; citados por RODRIGUES, 2018).

Entre os fatores que afetam a taxa de decomposição de resíduos estão o contato solo/resíduo o regime hídrico, a adição de N inorgânico ao solo, a temperatura do solo, a relação C/N, o teor de lignina e polifenóis e a concentração de N no tecido vegetal (AMADO *et al.*, 2000; CARVALHO *et al.*, 2008; PARTON *et al.*, 2007; MARY *et al.*, 1996; KOENIG *et al.*, 1994; MARY *et al.*, 1996; CARVALHO *et al.*, 2008; TORRES & PEREIRA, 2008; ESPÍNDOLA *et al.*, 2006; MEDRADO *et al.*, 2011 citados por ACOSTA, 2014), e influenciado pelas condições climáticas, principalmente temperatura do ar e precipitação (ESPÍNDOLA *et al.*, 2006; CARNEIRO *et al.*, 2008, citado por FABIAN, 2009).

Entretanto, os parâmetros mais utilizados em estudos sobre decomposição dos resíduos vegetais são os teores de carbono, nitrogênio e fósforo, assim como a relação C/N e C/P (MELLILO *et al.*, 1982, citado por FABIAN, 2009).

Geralmente a relação C/N das gramíneas na época de pleno florescimento está ao redor de 40:1, enquanto que nas leguminosas na faixa de 20:1 (MONEGAT, 1991, citado por FABIAN, 2009). Os maiores valores para a relação C/N das espécies em cultura pura foram encontrados no centeio (34/1) e na aveia (27/1), e os menores, na ervilha forrageira (14/1) e no nabo forrageiro (17/1). Quando consorciadas, a relação C/N da fitomassa das plantas de cobertura foi intermediária àquela observada em cultura pura (DONEDA, 2012).

Geralmente, resíduos vegetais com relação C/N de 25 causam equilíbrio entre os processos de imobilização e mineralização. Valores superiores causam imobilização líquida, enquanto que valores inferiores promovem mineralização líquida de N ao solo (AITA, 1997 citado por ACOSTA, 2014).

As leguminosas quando usadas como cultura solteira possuem decomposição rápida mesmo em sistema plantio direto, resultando em um assincronismo entre a liberação de nitrogênio e demais nutrientes com a demanda da cultura em sucessão. Essa elevada taxa de decomposição das leguminosas é resultante da baixa relação C/N de seus resíduos culturais, contribuindo dessa forma na diminuição da eficiência na manutenção da umidade e na erosão (COLLIER, 2012 citado por BERTONCELLI, 2014).

Em trabalho realizado por Alcântara et al. (2000) citado por Wolschick (2016), os autores constataram maiores acúmulos dos elementos N, K, Ca e Mg na superfície do solo pelo uso de leguminosas como plantas de cobertura em comparação ao uso de gramíneas e atribuiu este efeito a maior capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes no primeiro deles.

A grande demanda de nitrogênio é um dos maiores entraves para o aumento da produção das plantas. Isso porque sua dinâmica no solo é bastante complexa, bem como o seu custo é bastante elevado. Uma vez no sistema o mesmo pode sofrer perdas por processos como desnitrificação (VAN DER SALM *et al.*, 2007 citados por CUNHA, 2014), lixiviação (DELIN & STENBERG, 2014 citados por CUNHA, 2014) e volatilização (HAYASHI *et al.*, 2011 citados por CUNHA, 2014), diminuindo a sua eficiência de absorção pelas plantas. Este elemento é de grande importância nas plantas por ser componente de várias biomoléculas presentes nas plantas, como ATP, NADH, NADPH, clorofilas, proteínas e inúmeras enzimas (TAIZ & ZIEGER, 2004 citados por CUNHA, 2014).

Nas plantas, o fósforo encontra-se normalmente no vacúolo da célula na forma mineral constituído principalmente por P e monoésteres, sendo bastante solúvel em água. O restante do P não solúvel em água é constituinte de ácidos nucleicos, fosfolipídios e fosfoproteínas, sendo que essas moléculas dependem principalmente da população microbiana produtora de fosfatases alcalinas para mineralização (CASALI *et al.* 2012 citado por CREMONEZ, 2018).

Já o potássio por sua vez, diferentemente dos outros macronutrientes como o nitrogênio e fósforo, não faz parte de nenhuma estrutura celular das plantas e apresenta-se normalmente na forma iônica (PACHECO *et al.*, 2011 citado por CREMONEZ, 2018). Por esse motivo, esse elemento é facilmente solubilizado na matéria seca em decomposição após o rompimento da membrana plasmática ocorrido após a morte do tecido vegetal, não necessitando de mineralização para transferir esse elemento para o solo (TEIXEIRA *et al.*, 2012 citado por CREMONEZ, 2018).

Contudo na questão da velocidade de decomposição dos resíduos vegetais, segundo um trabalho de Roman (1990) e citado por Fancelli (2009), o centeio e a aveia preta foram as espécies que tiveram a maior porcentagem de permanência dos resíduos vegetais após 180 dias após o manejo.

### **2.2.3. Controle de plantas espontâneas**

Muitos agricultores adotam o sistema de plantio direto visando ao sistema de produção orgânico. A proposta de condução de um sistema de plantio direto, livre do uso de herbicida, parte do princípio de se utilizar culturas de cobertura de inverno para o manejo de espontâneas de verão pela da criação de um ambiente desfavorável para a germinação e o estabelecimento de plantas espontâneas pela ação física e a composição química da cobertura (DAROLT e NETO, 2004; BITTENCOURT, 2008).

De acordo com Altieri *et al.* (2012) citado por Redin (2016), os resíduos de culturas de cobertura de solo devem estar presentes em quantidades mais elevadas para fornecer um alto nível de supressão física das plantas de crescimento espontâneo. Ainda, segundo o mesmo autor, quando cultivadas com a combinação de espécies de *Poaceae* e *Fabaceae* incrementa a produção de biomassa e, portanto, a espessura da cobertura morta, que na maioria dos casos leva a uma maior supressão de plantas espontâneas.

Muitas espécies de plantas de cobertura de solo produzem compostos químicos alelopáticos que são solúveis e facilmente liberados no ambiente a partir de folhas, raízes e resíduos da planta em decomposição com efeito inibitório ou benéfico, direto ou indireto, de uma planta sobre outra. Estas substâncias liberadas causam principalmente alterações fisiológicas e/ou morfológicas, influenciando processos como germinação, crescimento, florescimento, frutificação, senescência e abscisão nas espécies sensíveis (CORREIA *et al.*, 2005; citado por REDIN, 2016).

Além de agir diretamente sobre as plantas espontâneas, diminuindo o banco de sementes, a utilização de culturas de cobertura e o abandono do arado favorecem o aumento na mortalidade de sementes de plantas espontâneas. As sementes que permanecem na superfície do solo sofrem mais intensamente que aquelas abrigadas em camadas profundas do solo, por estarem continuamente sofrendo estímulos climáticos para germinação, predação por insetos e supressão pelas plantas de cobertura (BLACKSHAW *et al.*, 2008; BITTENCOURT, 2008).

A quantidade de compostos aleloquímicos no solo se dá em função da origem da fitomassa e densidade das plantas, bem como da concentração e solubilidade de um dado aleloquímico (WEIDENHAMER, 1996; BITTENCOURT, 2008). Os aleloquímicos podem deixar o solo por meio de lixiviação, processos químicos, degradação por microorganismos e absorção por plantas (BITTENCOURT, 2008).

Culturas como trigo, centeio, canola e aveia, que apresentam elevada capacidade de cobertura do solo com reconhecido efeito alelopático. Os resultados de um experimento conduzido pela Embrapa mostrou os efeitos das culturas de inverno para controle da buva (*Conyza* spp.): área em pousio apresentou 200 mil plantas de buva por hectare (ha); com cobertura de aveia foram 80 mil pl buva/ha; com trigo 30 mil pl buva/ha; e com centeio a presença de buva foi zero (ANTUNES, 2020).

De modo semelhante ao verificado no trabalho de Martins (2016), estudos com diferentes culturas de cobertura de inverno relataram que embora todas tenham apresentado boa supressão das plantas daninhas, a *Avena sativa* foi a melhor cobertura para controle de plantas daninhas tanto de monocotiledôneas como também de eudicotiledôneas (CAMPIGLIA *et al.*, 2010; RADICETTI; MANCINELLI; CAMPIGLIA, 2013; MARTINS, 2016).

Sánchez (2004); Kohli (2006); citados por Bittencourt (2008), provam que as culturas de cobertura de inverno produzem substâncias químicas que produzem efeitos sobre outros organismos, sendo que a aveia preta produz Scopoletin, que tem efeito hormonal de regulador de crescimento vegetal. A aveia preta, centeio, nabo e azevém produzem ácidos fenólicos e hidroxâmicos que possuem potenciais herbicidas, inseticidas e fungicidas. O centeio produz em mínima quantidade 2,4-D, que também é uma substância hormonal reguladora de crescimento vegetal, que tem potencial herbicida.

Contudo, de acordo com as revisões bibliográficas em artigos de diversos autores, podemos constatar que as plantas de cobertura de inverno, como a aveia preta, centeio e nabo produzem compostos químicos alelopáticos em baixas quantidades, que podem inibir ou controlar o desenvolvimento das plantas espontâneas que possam competir com as culturas subsequentes. Inclusive as plantas espontâneas de difícil controle resistentes aos herbicidas, como a buva. Dessa forma, tende à diminuir a dependência de herbicidas no sistema de produção, evitando a poluição do meio ambiente, e gerando mais economia no sistema produtivo.

## **2.3. Culturas de cobertura de inverno utilizadas no trabalho**

### **2.3.1. Aveia preta (*Avena strigosa*)**

A aveia (*Avena strigosa* Schreb) é uma gramínea de clima temperado que pode ser cultivada em diferentes condições climáticas com múltiplas possibilidades de utilização, tanto para a produção de grãos, como para forragem, cobertura do solo, adubação verde ou para a inibição de plantas invasoras (EMBRAPA, 2000 citado por BACK, 2018). Caracteriza-se por crescimento vigoroso e tolerância à acidez nociva do solo, causada pela presença de alumínio (FONTANELLI, 2012).

A época de semeadura é de março a julho, dependendo da finalidade de uso. A aveia preta pode ser estabelecida em sistema plantio direto. Quando semeada em linha, indica-se o mesmo espaçamento usado para trigo (0,17 a 0,20 m). A quantidade de semente a ser usada varia de 60 a 80 kg ha<sup>-1</sup>, dependendo do poder germinativo e da massa de mil grãos, o qual oscila entre 12 e 18 g. A profundidade de semeadura indica é de 3 a 5 cm (FONTANELLI, 2012).

Em um estudo feito por Back (2018) a cultivar de aveia preta utilizada neste experimento, Embrapa 139 produziu uma média de 2870 kg ha<sup>-1</sup> para o ano de 2012, em um Latossolo Vermelho Distrófico Típico. E Balbinot Jr (2007) em outro estudo com coberturas de solo a aveia preta atingiu uma produção de 8333 kg/ha de massa seca.

### **2.3.2. Centeio (*Secale cereale*)**

O centeio desenvolve-se bem em diferentes tipos de solo e de clima (BAIER, 1994 citado por FONTANELLI, 2012). Destaca-se pelo crescimento inicial vigoroso e pela rusticidade - resistência ao frio, à acidez nociva do solo, ao alumínio tóxico e a doenças, possuindo sistema radicular profundo e agressivo, capaz de absorver nutrientes indisponíveis a outras espécies. É o mais eficiente dos cereais de inverno no aproveitamento de água, pois produz a mesma quantidade de massa seca com apenas 70% da água que o trigo requer (FONTANELLI, 2012).

Centeio pode perfeitamente ser estabelecido em sistema plantio direto. A densidade de semeadura indicada é de 250 a 350 sementes aptas m<sup>-2</sup> (40 a 60 kg ha<sup>-1</sup>). O peso de 1.000 sementes é de aproximadamente 18 g. Para formação de pastagem, no Brasil, centeio pode ser semeado a partir de abril (SANTOS *et al.*, 2002 citado por FONTANELLI, 2012). Em um estudo feito por Balbinot Jr (2007), o centeio produziu uma média de 9000 kg/hectare de massa seca.

Estudos realizados em Passo Fundo, RS, comparando diferentes gramíneas de inverno – aveia preta, aveia branca, centeio, azevém, cevada, triticale e trigo – em sistemas de rotação com soja em plantio direto, indicaram que os resíduos de centeio na superfície ficaram maior tempo protegendo o solo, quando comparado às demais plantas, comprovando que essa é uma importante espécie a ser empregada na rotação com outros cultivos comerciais. Além dos efeitos favoráveis de cobertura protetora do solo e efeitos alelopáticos no controle das plantas daninhas, também as raízes do centeio apresentam crescimento inicial agressivo, podendo alcançar vários metros de profundidade. Os resultados mostraram que apenas 27% e 39% da palha do centeio deixada na superfície foi decomposta, respectivamente, aos 120 e 180 dias depois da semeadura da soja, ficando ainda uma elevada quantidade de resíduos sobre o solo depois da colheita da soja (CALEGARI, 2008).

### **2.3.3. Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.)**

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.), pertencente à família *Cruciferae*, é uma planta anual, alógama, herbácea, ereta, muito ramificada e que pode atingir de 100 a 180 cm de altura (DERPSCH & CALEGARI, 1992, citados por FONTANELLI, 2012). Caracteriza-se pelo crescimento inicial extremamente rápido, e aos 60 dias após a emergência promove a cobertura de 70% do solo. O ciclo da planta é anual; o plantio ocorre entre abril e maio e o período de produção dura três meses. (CALEGARI, 1990).

A cultura apresenta efeitos físicos e químicos, que afetam qualitativa e quantitativamente a incidência de distintas espécies de plantas invasoras, pela sua precocidade e agressividade em cobrir a superfície do solo, atingindo esta capacidade de 70% em até 60 dias (CALEGARI, 1990), grande produção de fitomassa, com variações de 40 a 60 toneladas por hectare de massa verde e produtividade média de 500 kg de sementes por hectare (TOMM *et al.*, 2003; CRUSCIOL *et al.*, 2005; DENARDIN *et al.*, 2006, citados por FONTANELLI, 2012). Segundo as indicações técnicas o consumo de sementes de nabo forrageiro na semeadura varia de 3 a 15 kg.ha<sup>-1</sup>.

Além de uma elevada capacidade de reciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio (Calegari, 2001; Aita & Giacomoni, 2003; Giacomoni *et al.*, 2003, citados por Fontanelli, 2012), tornando-o uma importante espécie em sistemas de rotação de culturas com o milho (Corrêa & Sharma, 2004; Martins & Rosa Junior,

2005, citados por Fontanelli, 2012), podendo ser utilizado em sistemas de cultivo conservacionistas como o plantio direto e o cultivo mínimo (Crusciol *et al.*, 2005), mostrando-se uma boa fonte de nitrogênio para culturas subseqüentes (Denardin *et al.*, 2006 citado por Fontanelli, 2012).

O nabo forrageiro produz, até o estágio de pré florescimento, elevada quantidade de parte aérea em cultivo de inverno, acumulando 57,2, 15,3, 85,7, 37,4, 12,5 e 14,0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, de N, P, K, Ca, Mg e S (CRUSCIOL, 2005).

Doneda *et al.* (2012) observaram que a cultura do nabo forrageiro foi a que produziu maior quantidade matéria seca por área, entretanto, muito superior à cultura da aveia. Giacomini *et al.* (2004), obtiveram resultados semelhantes a esse trabalho, onde o nabo forrageiro acumulou 5.530 kg ha<sup>-1</sup> e a aveia-preta 4.600 kg ha<sup>-1</sup>, superando culturas como a ervilhaca, com 3.300 kg ha<sup>-1</sup>.

#### **2.3.4. Ervilhaca (*Vicia sativa*)**

A Ervilhaca (*Vicia sativa* L.) é uma planta forrageira, de ciclo anual, de clima temperado a subtropical, sensível ao frio, à deficiência hídrica e ao calor, embora muitas plantas tenham se adaptado a invernos rigorosos e secos (DERPSCH; CALEGARI, 1992, citados por FONTANELLI, 2012). É a leguminosa forrageira mais cultivada no Rio Grande do Sul, onde encontra ampla adaptação. Como leguminosa, necessita de inoculante específico. Proporciona considerável cobertura de solo (FONTANELLI, 2012).

A época indicada para semear ervilhaca estende-se de abril a maio. A semeadura poderá ser efetuada a lanço ou em linhas, normalmente espaçadas 0,20 m. A profundidade de semeadura deverá ser de 3 a 5 cm. Pode ser estabelecida em plantio direto. A densidade de semeadura a ser usada varia de 40 a 60 kg ha<sup>-1</sup>. Quando consorciada, podem ser usados 40 kg ha<sup>-1</sup> de semente. O peso de 1.000 sementes varia de 30 a 57 g (FONTANELLI, 2012). Segundo estudo feito por Balbinot Jr. (2007), a ervilhaca comum produziu 4320 kg/ha de massa seca.

Apesar dos seus benefícios, nota-se que os resíduos culturais da ervilhaca, como cultura solteira, desaparecem rapidamente, mesmo quando deixados na superfície do solo, dada a facilidade com que são decompostos pela população microbiana, contrariamente àqueles da aveia que persistem por mais tempo (DA ROS & AITA, 1996 citados por HEINRICHS, 2001).

A quantidade de N fornecido pelas espécies leguminosas de inverno pode chegar a 220 kg ha<sup>-1</sup>. É recomendável e benéfico que se utilizem espécies de decomposição rápida de resíduos em associação com as de decomposição mais lenta (Monegat, 1991; citado por Bortolini, 2000).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo, na safra de inverno de 2021 em uma propriedade agrícola localizada no município de Barão de Cotegipe/RS nas coordenadas (-27.565927 S, -52.412017 W), comunidade Linha Uma – Secção Cravo, situada na região do Alto Uruguai do Rio Grande do Sul, o município está a uma altitude de 687 m acima do nível do mar.

**Figura 1:** Vista aérea da localização onde foi instalado o experimento.



**Fonte:** Google maps.

O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, enquadra-se como clima subtropical úmido (Cfa), com as quatro estações do ano bem definidas e com precipitação pluvial bem distribuída em todos os meses do ano, não havendo escassez de precipitações. A temperatura média anual é de 18,2°C e a pluviosidade média anual é de 1773 mm (ALVARES et al., 2013).

Durante o desenvolvimento das culturas foram acumulados dados meteorológicos da pluviosidade, obtidos de um pluviômetro instalado a aproximadamente 500 metros do

experimento, e dados de temperatura média do local, obtidos da estação meteorológica de Erechim - RS, e divulgados pelo INMET.

Os solos da região são caracterizados pela transição da unidade de mapeamento Erechim e Erval Grande, de características argilosas, que são classificados respectivamente como Latossolo Vermelho Aluminoférrico (LVa) e Latossolo Bruno Aluminoférrico (LBa2) (ROVANI, 2013). Conforme o mapa de solos do município segundo o IBGE (2003) citado por Rovani (2013), o experimento está conduzido sobre Latossolo Bruno Aluminoférrico (LBa2).

De acordo com a análise de solo da área experimental, o solo é classificado como classe II, com as características químicas de pH em água: 4,80; P (Mehlich): 2,2 mg/dm<sup>-3</sup>; K: 210 mg/dm<sup>-3</sup>; Ca<sub>2+</sub>: 3,9 cmolc/dm<sup>-3</sup>; Mg<sub>2+</sub>: 1,5 cmolc/dm<sup>-3</sup>; Al<sub>3+</sub>: 0,50 cmolc/dm<sup>-3</sup>; S: 35,3 mg.dm<sup>-3</sup>; Zn: 4,7 mg.dm<sup>-3</sup>; Cu: 10,9 mg.dm<sup>-3</sup>; B: 0,49 mg.dm<sup>-3</sup>; Mn: 34 mg.dm<sup>-3</sup>; H+Al: 4,90 cmolc/dm<sup>-3</sup>; SB: 5,9 cmolc/dm<sup>-3</sup>; CTC: 10,8 cmolc/dm<sup>-3</sup>; V%: 54,8 %, Matéria orgânica: 3,4 % e argila: 59%.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados (DBC) em faixas constituído por 32 parcelas no total, sendo parcelas de 2,4 x 10 (24 m<sup>2</sup>) possuindo 8 tratamentos e 4 repetições, sendo que cada parcela foram coletadas duas amostras de repetição de campo, totalizando 64 amostras no experimento.

As culturas de cobertura do solo de inverno estudadas foram: aveia-preta (AP) (*Avena strigosa* Schreb.); centeio (CE) (*Secale cereale* L.); ervilhaca comum (ER) (*Vicia sativa* L.); nabo forrageiro (NF) (*Raphanus sativus* L.) e o azevém (AZ) (*Lolium multiflorum* Lam.), que predominou a área de pousio.

Sendo os tratamentos: T1: Pousio; T2: Aveia preta (90 kg/ha); T3: Centeio (50 kg/ha); T4: Nabo forrageiro (15 kg/ha); T5: Ervilhaca (40 kg/ha); T6: Aveia preta + Nabo + Ervilhaca (40 + 10 + 25 kg/ha); T7: Centeio + Nabo + Ervilhaca (40 + 10 + 30 kg/ha); T8: Aveia preta + Centeio + Nabo + Ervilhaca (25 + 15 + 5 + 15 kg/ha).

As cultivares das plantas de cobertura utilizadas foram: Embrapa 139 (Aveia-preta), Centeio (BRS Serrano), Ervilhaca (SS Ametista), Nabo Forrageiro (IAPAR 116). As sementes de aveia-preta eram próprias, armazenadas e classificadas na propriedade.

O experimento foi instalado em uma área com 4 anos de cultivo em sistema plantio direto, cultivado com soja e milho no verão e aveia no inverno para pastejo. Antes da lavoura, era área de potreiro com grama nativa que era usada para manter o gado de corte. No terceiro ano de cultivo, em 2020, foi realizada a aplicação de calcário dolomítico para calagem do solo.

A semeadura das culturas de cobertura foi realizada no dia 26/05/2021, com semeadora Imasa modelo MPS 1600 de 16 linhas espaçadas em 0,15 m, sobre a resteva do milho colhido no dia 08/04/2021. Dois dias após a semeadura choveu um total de 50 mm, sendo muito importante para a germinação e emergência das culturas, resultando num rápido estabelecimento e desenvolvimento inicial.

Em relação ao período de colheita do milho e a semeadura das culturas de cobertura que foi de 48 dias, é um período muito longo de tempo quando se trata de SPD, pois na realidade o correto seria realizar o processo de colher-semear, com objetivo de semear as plantas de cobertura logo após a colheita, assim estas plantas de cobertura tendem a emergir antes das plantas espontâneas que poderiam infestar a lavoura. Assim as plantas de cobertura teriam vantagem na velocidade de emergência e fechamento de entrelinha, fazendo supressão ao desenvolvimento das plantas espontâneas devido à maior capacidade para a competição de luz e nutrientes.

**Figura 2:** Semeadura das culturas de cobertura de inverno, em cultivo solteiro e consorciado, realizada no dia 26/05/2021.



**Fonte:** Galina, 2021.

Um mês antes da semeadura foram coletadas amostras de solo da área experimental, com auxílio de um trado calador, para obter os dados da análise química do solo.

As avaliações foram realizadas no dia 12/10/2021, aproximadamente 140 dias após a semeadura (DAS). A massa bruta das culturas de cobertura foram obtidas em uma área de  $0,50 \times 0,50$  m ( $0,25$  m<sup>2</sup>), com auxílio de um quadro guia lançado aleatoriamente nas parcelas. As plantas dentro da área delimitada pelo quadro foram cortadas rente ao solo (Figura 3). A massa das plantas coletadas no quadro foram embaladas em sacos de

papel e submetidas à secagem nas estufas de ventilação forçada por 72 horas a 60 °C, seguindo metodologia proposta por Crusciol *et al.* (2005).

**Figura 3:** À esquerda o método de coleta das amostras, e à direita as embalagens utilizadas para acondicionar as amostras.



**Fonte:** Galina, 2021.

Depois de secas, as amostras da parte aérea das culturas de cobertura foram pesadas, para determinar a produção de massa seca em toneladas por hectare de cada parcela, realizando o cálculo de média da produtividade de MS de cada tratamento de acordo com as pesagens.

Depois de fazer as determinações da MS, uma pequena parte do material coletado de cada amostra foi moído em moinho Willey (Figura 4). Os materiais moídos de cada tratamento foram separados em subamostras de material moído, que pesavam em média 5 gramas e foram destinadas para realizar as análises de determinação de teores de Nitrogênio e Carbono presentes na massa seca de plantas.

Os teores de N (%) e C (%) dos diferentes tratamentos foram obtidos considerando os métodos propostos por Tedesco *et al.* (1995).

Os dados de MS, teores de C e N na MS, relação C/N e da quantidade de N acumulado na produção de MS, de cada tratamento foram submetidos à análise de variância (teste de Tukey,  $p < 0,05$ ), e quando significativas, as médias foram comparadas

por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2011).

**Figura 4:** Moinho Willey, usado para a moagem do material.



**Fonte:** Galina, 2021.

Dentro dos processos laboratoriais para a determinação dos teores de Carbono e Nitrogênio presente na matéria seca dos resíduos vegetais, as quantidades dos materiais usados neste processo, sendo a quantidade da amostra de resíduo, da mistura de digestão e de ácido sulfúrico, são citados a seguir, seguindo a metodologia de Tedesco (1995).

Para determinação do teor de Nitrogênio realizou-se tais processos: Com a balança analítica, pesamos 0,700 g de mistura de digestão e colocamos nos tubos de ensaios (64 amostras, e 2 provas brancas); Pesamos 0,200 g da amostra e colocamos nos tubos de ensaio menos nas PB; Pipetamos 1 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> nos tubos; Após reagir foi colocado os tubos no bloco digestor por duas horas a 160 graus até evaporar a água, depois aumentou-se a temperatura à 350 graus, e permaneceu por mais 2 horas.

Logo após digerir, esperou-se esfriar, e foi pipetado água destilada até completar 50 ml de solução em todos os tubos; O conteúdo de 50 ml dos tubos foram colocados em snap caps; depois foi pipetado 10 ml do extrato em um balão volumétrico de 100 ml, e adicionou-se 5 ml de NaOH 10M, e colocamos para destilar no destilador de N até obter 40 ml; Logo foi titulado com uma solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,025M, o destilado foi posto em um erlenmeyer de 50ml com 5 ml de indicador ácido bórico. Após coletar os dados da titulação, foram anotados em uma tabela e logo calculados para determinar a % de Nitrogênio, de acordo com a equação abaixo.

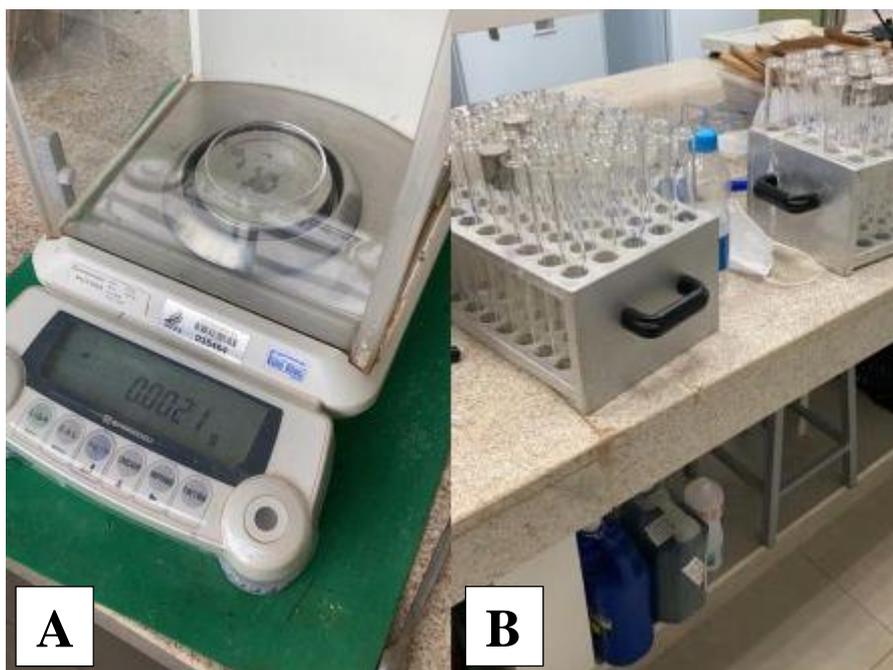
$$\%N = \frac{(mL H^+_{am} - mL H^+_{br}) \times 700 \times 5 \times 5}{10000}$$

Para a determinação do teor de Carbono, os processos laboratoriais iniciaram com: a pesagem na balança analítica de 0,050 g da amostra e colocamos em erlenmeyers; Adicionamos no erlenmeyer 15 ml de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> a 1,25M, e agitamos a solução; Depois adicionamos 30 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; Aquecemos até chegar a 150 graus e permaneceu por 1 minuto; Deixou-se esfriar a solução; Após esfriar, adicionamos 100 ml de água destilada e homogenizamos a solução, adicionando 3 gotas de indicador ferroin, que é um corante e serve para indicar o ponto de viragem; Após homogeneizar, com auxílio de uma bureta automática, um agitador magnético e fonte de luz para ver o ponto de viragem, titulamos com FeSO<sub>4</sub> a 0,50M, e obtemos os dados para realizar o cálculo do teor de C%, de acordo com a equação abaixo.

$$\%C = \frac{((mmol L^{-1} Cr_2O_7^{2+} - mmol L^{-1} Fe^{2+}) \times 0,003 \times 100)}{g \text{ material}}$$

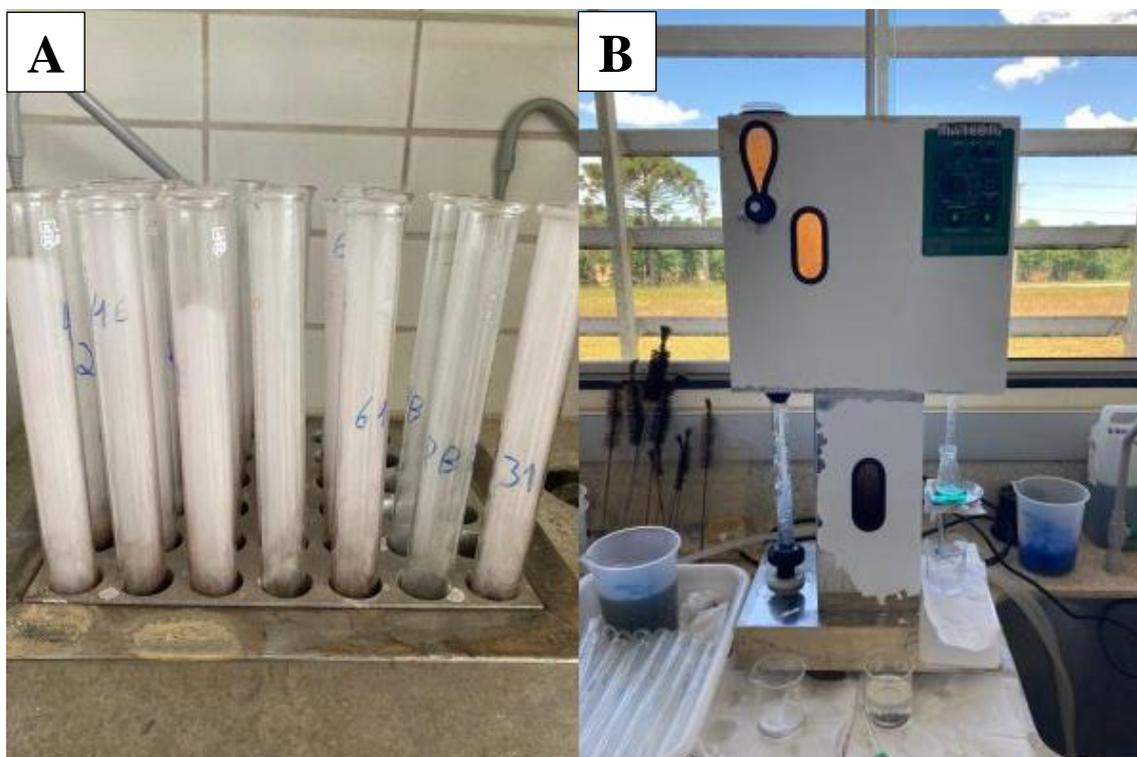
Na figura 5A, mostra a balança analítica usada nas pesagens dos materiais moídos, e na figura 5B os tubos de ensaio com os reagentes e materiais moídos, pesados, junto à mistura de digestão prestes a serem digeridos pelo ácido sulfúrico e levados ao bloco digestor (Figura 6A). Outros processos como a destilação do nitrogênio, a titulação do N, titulação do C e a preparação das provas brancas, estão mostrados respectivamente nas figuras 6B, 7A, 7B e figura 8.

**Figura 5:** A) Balança analítica usada para pesagem dos materiais; B) Tubos de ensaio com os materiais pesados, para digerir com os reagentes no bloco digestor.



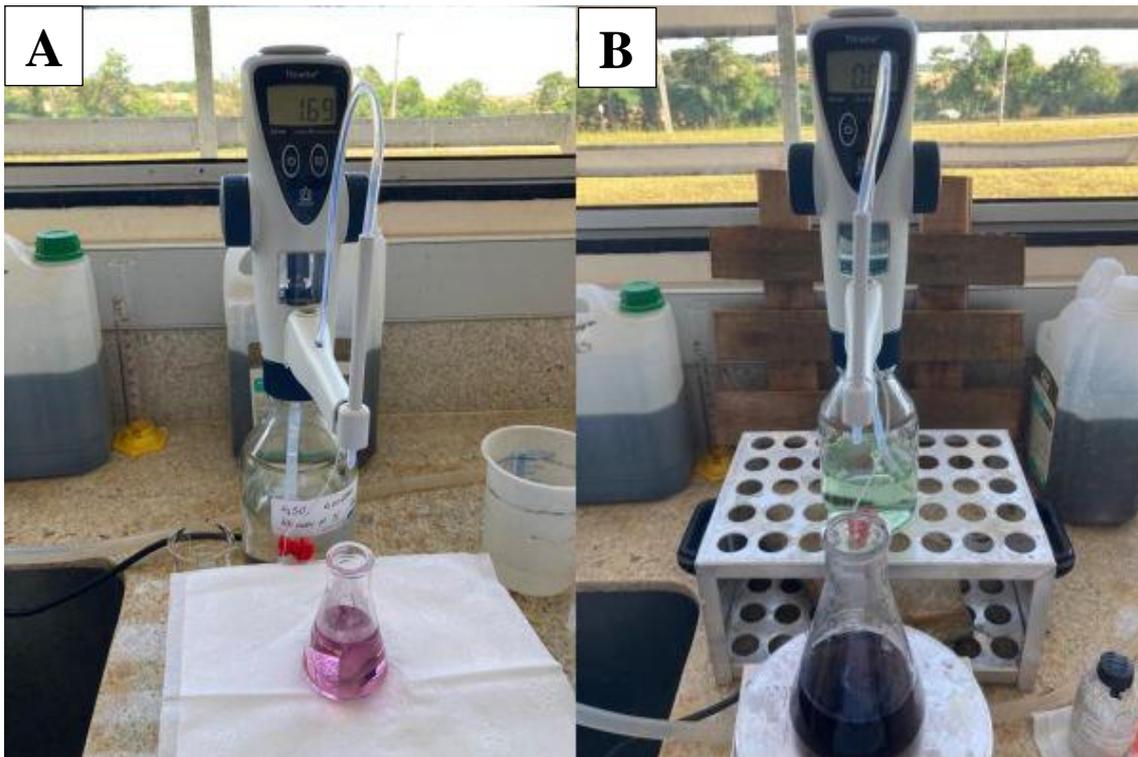
**Fonte:** Galina, 2021.

**Figura 6:** A) Digestão do material no bloco digestor; B) Destilador de nitrogênio.



**Fonte:** Galina, 2021.

**Figura 7:** A) Titulação das amostras de Nitrogênio; B) Titulação do carbono.



**Fonte:** Galina, 2021.

**Figura 8:** Preparação das Provas brancas, necessárias para realizar os cálculos.



**Fonte:** Galina, 2021.

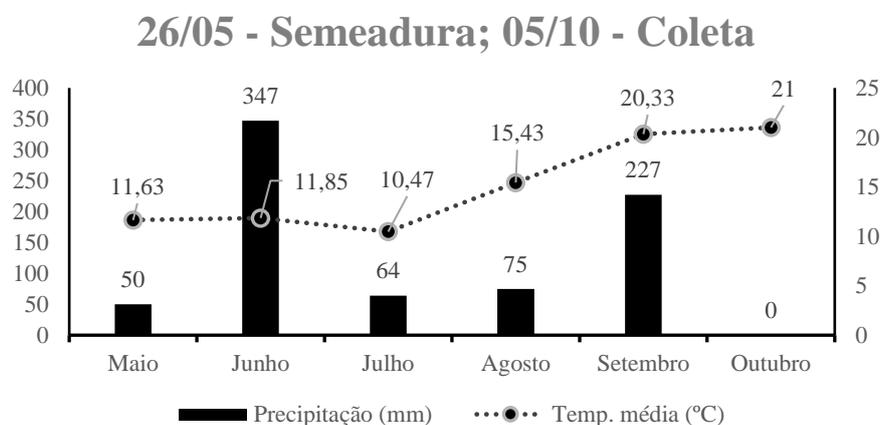
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Resultados obtidos

A precipitação média mensal entre a data de semeadura e coleta das amostras, somando aproximadamente 140 dias, pode ser visualizada no Gráfico 1. Somando o total de precipitação durante o ciclo das culturas, foram 763mm de chuva neste período, ou

seja, foi satisfatória a pluviosidade total, porém as chuvas foram mal distribuídas durante os diferentes estádios de desenvolvimento das plantas de cobertura.

**Gráfico 1:** Médias mensais de temperatura do ar e precipitação pluvial durante o ciclo de desenvolvimento das plantas de cobertura.



**Fonte:** Galina, 2021.

Em relação ao período entre a colheita do milho e a sementeira das culturas de cobertura, que foi de 48 dias, sendo considerado um longo período de tempo quando se trata do processo de colher-semear em SPD, pois na realidade o ideal seria semear as culturas de cobertura logo após a colheita. Assim estas culturas de cobertura tenderiam a emergir antes das plantas espontâneas que poderiam ocorrer na área. Desta forma as culturas de cobertura obteriam vantagem na velocidade de emergência, cobrindo o solo da entrelinha, o que resultaria na supressão do desenvolvimento das plantas espontâneas, devido à maior capacidade de competição por luz, água e nutrientes.

Devido ao atraso na sementeira das culturas de coberturas, já havia a presença de plantas espontâneas na área, dentre elas: Azevém (*Lolium multiflorum*), Papuã (*Brachiaria plantaginea*), Milhã (*Digitaria ciliaris*), Buva (*Conyza* sp.), Picão preto (*Bidens pilosa*), Serralha (*Sonchus oleraceus*), Corda-de-viola (*Ipomea* sp.), Maria-mole (*Senecio brasiliensis*), Maria-pretinha (*Solanum americanum*), Leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), Caruru (*Amaranthus* sp.), Joá bravo (*Solanum viarum*) e milho tiguera.

A produção de massa seca de resíduos vegetais foi afetada pelos manejos de cobertura do solo. Os manejos de coberturas com AP+CE+NF+ER, CE+NF+ER, Centeio, AP+NF+ER, Aveia Preta, Nabo forrageiro e Ervilhaca formaram maior massa seca que o pousio, como se observa na Tabela 1.

**Tabela 1:** Quantidade de massa seca de parte aérea (kg/ha) produzida nos diferentes manejos de cobertura do solo, em cultivo solteiro e consorciado, safra 2021/22.

Culturas	Produção de massa seca (kg/ha)
AP+CE+NF+ER	8.771,80 a
CE+NF+ER	8.439,75 a
Centeio	7.788,25 b
AP+NF+ER	6.584,70 c
Nabo forrageiro	6.047,25 c
Aveia preta	4.634,90 d
Ervilhaca	3.523,50 e
Pousio	3.184,00 e

$p = 0,0001$ ; CV = 3,93 %

**Fonte:** Galina, 2022.

Silva et al. (2007) verificaram que a consorciação de espécies vegetais propicia a formação de uma cobertura do solo mais próxima do ideal, em comparação aos cultivos isolados. A quantidade de aporte de palha é maior a fim de garantir proteção ao solo e garantir uma melhoria nas características biológicas do solo, e melhorar as condições para a cultura posterior.

Os consórcios de AP+CE+NF+ER e CE+NF+ER resultaram em maior produtividade de massa seca e não diferiram estatisticamente entre si, mas sim dos demais tratamentos. Em trabalho realizado por Bittencourt (2008), os consórcios de CE+NF+ER e AP+NF+ER, também foram as coberturas que produziram maior quantidade de massa seca, em comparação com o cultivo solteiro dessas culturas. No trabalho realizado por Suhre (2004) citado por Silva (2006), no consórcio de AP+NF+ER a produção de massa seca foi de 3,6 t ha<sup>-1</sup>. De acordo com Doneda (2012), os consórcios de CE+ER, CE+NF, AP+NF, AP+ER, produziram 4,61, 7,74, 8,12, 3,75 t ha<sup>-1</sup> de massa seca, respectivamente.

O Centeio também produziu grande quantidade de massa seca, sendo uma produção bem alta comparada a outros trabalhos, como relatado por outros autores relataram que o centeio pode produzir de cerca de 4,0 t ha<sup>-1</sup> de MS (BAIER, 1988 citado por FONTANELI, 2012) a 10,7 t ha<sup>-1</sup> de MS com a cultivar BRS Serrano (SANTOS, 2006 citado por FONTANELI, 2012). Calegari (2008) citou que o centeio produziu de 4 a 9 t/ha de massa seca de parte aérea.

O manejo com aveia preta resultou uma média produção de fitomassa. Conforme Calegari (2008), a produção de MS da aveia preta pode variar entre 2 a 11 t ha<sup>-1</sup>. Segundo

Tiecher (2016), a produção média de MS da parte aérea da aveia preta foi de aproximadamente 5 t ha<sup>-1</sup>.

As sementes de Aveia preta foram guardadas na propriedade, e observou-se baixo vigor, tornando a emergência e o fechamento das entrelinhas mais lentos do que os outros tratamentos. Isso pode ser observado nas figuras 13-A e 14-B.

O Nabo forrageiro produziu 6.047,25 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca em cultivo solteiro. De acordo com Tiecher (2016) nabo forrageiro produz em média na parte aérea de 3,5 t ha<sup>-1</sup> a 8 t ha<sup>-1</sup> de massa seca, e Calegari (2008) cita em trabalho que a produtividade de MS da cultura varia entre 3 a 9 t/ha.

A ervilhaca comum em cultivo solteiro produziu baixa quantidade de massa seca, comparando com dados obtidos por Fontaneli (2012) a ervilhaca pode produzir até 4,0 t de MS ha<sup>-1</sup>, e de acordo com Calegari (2008), a ervilhaca comum produz de 3 a 5 ton/ha de massa seca de parte aérea. Suhre (2004) citado por Silva (2006), a cultura da ervilhaca comum cultivada solteiro a produção de massa seca foi de 2,9 ton/ha-1.

O pousio foi o tratamento que resultou na menor produção de massa seca de parte aérea. Em maior parte da área de pousio a planta de cobertura que predominou por ressemeadura natural foi o Azevém (*Lolium multiflorum*). Segundo Tiecher (2016), o azevém apresenta também boa produção de MS da parte aérea com valores aproximados de 5 t ha<sup>-1</sup>, porém esta produtividade refere-se à semeadura em linhas, no caso deste trabalho o azevém se estabeleceu no pousio espontaneamente.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados dos teores de nitrogênio presentes na massa seca produzida pelos diferentes manejos das culturas de cobertura do solo. Como era de se esperar e confirmando os dados obtidos, a ervilhaca comum apresentou a maior porcentagem de Nitrogênio presente na matéria seca diferindo-se estatisticamente dos demais tratamentos.

**Tabela 2:** Teor de nitrogênio (%) presente na massa seca em diferentes manejos de cobertura do solo de inverno, safra 2021/22.

<b>Culturas</b>	<b>Nitrogênio</b>
Ervilhaca	7,34a
Aveia preta	4,55 b
AP+NF+ER	4,51 bc
Pousio	3,78 bcd
CE+NF+ER	3,48 cde
AP+CE+NF+ER	3,08 def
Nabo forrageiro	2,62 ef
Centeio	2,35 f

$p = 0,0001$ ; CV = 11,08 %

Em dados obtidos no estudo feito por Calegari (2008) a ervilhaca comum apresentou teores de N acumulados na MS de até 3,5 % e em Nemirscki (2019) 2,5%, sendo inferior ao resultado obtido. No trabalho realizado por Silva (2007), a cultura apresentou teores de 8,6% de nitrogênio na Matéria seca, sendo um teor de N aproximado dos obtidos neste trabalho com ervilhaca.

A aveia preta foi a segunda com maior porcentagem do teor de N na MS e foi superior aos resultados obtidos por Calegari (2008) (1,7 % de N na MS) e Nemirscki (2019) (1,5 % de N na MS). No trabalho realizado por Torres (2005), a aveia preta alcançou um teor de 2,92% de N na safra 2000/01, e de 4,6% de N na safra 2001/02, que é semelhante ao encontrado neste trabalho.

Na área de pousio, onde predominou o azevém espontâneo, o teor de N foi intermediário, quando comparado com os demais tratamentos. Conforme valores encontrados por Naibo (2018), no pousio o teor de N na MS foi de 3,68%, que também reforça a comprovação dos resultados obtidos.

O Nabo forrageiro em cultivo solteiro apresentou um teor inferior aos obtidos nos tratamentos com ervilhaca, aveia preta, consórcio (AP+NF+ER), pousio e consórcio (CE+NF+ER). No entanto foi superior aos resultados obtidos por Nemirscki (2019), no qual o nabo forrageiro apresentou teores de 1,5% de N na MS.

O Centeio foi a cultura que apresentou menor teor de N na MS. No entanto, foi superior ao observado no estudo realizado por Calegari (2008), que constatou teores de 0,7 % de N na MS desta cultura.

O tratamento com consórcio de AP+NF+ER foi o terceiro tratamento a acumular mais N na MS, e sobressaiu diferindo estatisticamente diante dos outros consórcios de CE+NF+ER e AP+CE+NF+ER.

No trabalho conduzido por Calegari (2008), o consórcio de Aveia preta + ervilhaca acumulou 1,4% de N na Matéria seca, e Aveia + Nabo forrageiro acumulou 2,1%. De acordo com Naibo (2018), o consórcio de Aveia preta + Ervilhaca acumulou 3,69% de N na MS. Complementando a revisão de literatura sobre o teor de N presente na massa seca dos consórcios de plantas de cobertura, cita-se Wolschick (2016) que determinou um teor de 2,20% do nutriente no consórcio de Aveia preta + Nabo forrageiro + Ervilhaca. E conforme Nemirscki (2019) o consórcio de AP+ER apresentou teores de 2,16% de N na MS.

Na Tabela 3 pode-se observar os valores do teor (%) de Carbono presente na massa seca dos diferentes manejos de plantas de cobertura de solo, em cultivo solteiro e consorciado. De acordo com os resultados obtidos o tratamento com cultivo solteiro de Aveia preta apresentou o maior teor de Carbono presente na Matéria seca, porém não a diferença não pode ser atribuída aos tratamentos testados.

**Tabela 3:** Teor de carbono presente na massa seca em diferentes manejos de cobertura do solo de inverno, safra 2021/22.

<b>Culturas</b>	<b>Carbono</b>
Aveia preta	56,68 a
Pousio	55,36 a
CE+NF+ER	53,99 a
AP+CE+NF+ER	53,98 a
Centeio	53,79 a
Ervilhaca	52,08 a
AP+NF+ER	51,91 a
Nabo forrageiro	42,86 b

$p = 0,0006$ ; CV = 6,54 %

De forma geral quase todas as culturas em cultivo solteiro e consorciado não diferiram quanto ao teor de carbono, como efeito decorrente das diferentes espécies ou da consorciação. Apenas o Nabo forrageiro apresentou o menor teor de C na MS em relação aos demais tratamentos.

Em revisão bibliográfica cita-se o trabalho de Aita (2003), que encontrou resultados similares do teor de carbono presente na MS de algumas culturas, sendo com aveia preta com 44,3%, nabo forrageiro com 41,6 %, a ervilhaca com 43,2%, e o consórcio de aveia preta + ervilhaca com teor de C na MS de 42,5%.

Na tabela 4 pode-se observar os valores das relações de Carbono/Nitrogênio (C/N) dos tratamentos com diferentes manejos de cobertura do solo no inverno. O Centeio em cultivo solteiro apresentou a maior relação C/N, diferindo dos demais tratamentos. Doneda (2012) obteve 30,9 de relação C/N na cultura do centeio, valor superior ao encontrado neste trabalho. Os teores de N obtidos justificam as diferenças entre os resultados obtidos neste trabalho e os publicados a partir de outros estudos, conforme já discutido.

**Tabela 4:** Relação C/N dos tratamentos com diferentes manejos de cobertura do solo no inverno, safra 2021/2022.

<b>Culturas</b>	<b>Relação C/N</b>
Centeio	23,77 a
AP+CE+NF+ER	17,90 b
Nabo forrageiro	16,67 bc
CE+NF+ER	15,90 bc
Pousio	14,77 bc
Aveia preta	12,50 bcd
AP+NF+ER	11,55 cd
Ervilhaca	7,20 d

$p = 0,0001$ ; CV = 15,68 %

O cultivo consorciado de AP+CE+NF+ER foi o segundo a apresentar a maior relação C/N. Esperava-se que menor devido à presença de plantas de baixa relação C/N dentro do consórcio.

No pousio a relação C/N foi semelhante ao valor da relação encontrada por Heinrichs (2001).

O nabo forrageiro teve uma relação C/N de 16,67, não deferindo dos tratamentos com CE+NF+ER e pousio. No trabalho conduzido por Redin (2016), a relação C/N do nabo foi de 26. Giacomini (2004) constatou que a relação foi desta cultura foi de 22,4. Estes resultados foram diferentes dos resultados encontrados neste trabalho.

A aveia preta teve, uma relação baixa comparado ao trabalho feito por Redin (2016), cuja relação C/N observada foi de 37. Giacomini (2004) obteve relação C/N de 34,2 com a aveia preta, superior a encontrada neste trabalho. Isto pode ser explicado pelo atraso no ciclo de desenvolvimento da aveia observado neste trabalho e também pela coleta da MS realizada no início da floração, Neste estágio a relação C/N é menor, devido ao menor acúmulo de C na biomassa e, principalmente, ao maior teor de N neste estágio de desenvolvimento.

No consórcio de AP+NF+ER a relação C/N foi diferente dos resultados obtidos por Giacomini (2004) nos consórcios de Aveia preta + Ervilhaca e Aveia preta + Nabo forrageiro, com relação C/N de 18,6 e 22,3, respectivamente. Conforme já discutido, estas diferenças podem ser explicadas pelo teor de nitrogênio observado neste trabalho e, também, devido aos diferentes estágios de desenvolvimento das culturas, além das condições de clima e solo distintas.

A cultura da ervilhaca apresentou a menor relação C/N entre os tratamentos testados. Redin (2016) constatou relação C/N da ervilhaca igual a 13, e Aita (2001) obteve com esta cultura uma relação C/N igual a 10,5. Esta diferença também pode ser

explicada pelo fato da semeadura da ervilhaca ser feita em alta densidade, o que pode ter afetado no acúmulo de C na matéria seca, além das demais condições já referidas.

Doneda (2012) em seu estudo sobre a relação C/N dos consórcios de CE+ER, CE+NF, AP+NF e AP+ER, encontrou relações de 17,2; 18,9; 15,7 e 14,4, respectivamente. Estes resultados podem ser indicados como semelhantes aos observados neste trabalho com a consorciação de plantas de cobertura de solo.

Na Tabela 5 está estão registrados os resultados equivalentes quantidade de Nitrogênio, em kg.ha<sup>-1</sup>, na massa seca total produzida pelas culturas de cobertura, em diferentes manejos.

Observa-se que os tratamentos com melhor desempenho na quantidade de N a ser reciclada foram os cultivos em consórcio de plantas de cobertura. As maiores quantidades foram obtidas com os consórcios AP+NF+ER e CE+NF+ER.

**Tabela 5:** Quantidade de Nitrogênio acumulado na massa seca produzida nos manejos de cobertura de solo de inverno, safra 2021/2022.

Culturas	N acumulado na massa seca produzida (kg/ha)
AP+NF+ER	295,75 a
CE+NF+ER	293,25 a
AP+CE+NF+ER	269,50 ab
Ervilhaca	259,50 ab
Aveia preta	210,50 bc
Centeio	182,75 cd
Nabo forrageiro	157,50 cd
Pousio	120,25 d

$p = 0,0001$ ; CV = 15,68 %

Conforme Wolschick (2016), o consórcio de Aveia preta + Nabo forrageiro + Ervilhaca acumulou 211,2 kg de N/ha, e ainda no mesmo consórcio de plantas Cassol (2016) encontrou uma quantidade acumulada de nitrogênio de 105,6 kg de N/ha.

Doneda (2012) obteve resultados semelhantes com consórcios de CE+ER, CE+NF, AP+NF e AP+ER, resultados estes respectivamente de 112,9 kg de N/ha, 162,5 kg de N/ha, 206,2 kg de N/ha e 107,3 kg de N/ha.

O terceiro tratamento com melhor desempenho foi o consórcio de AP+CE+NF+ER, e não diferiu estatisticamente do manejo com cultivo solteiro de ervilhaca. No trabalho de Redin (2016) a cultura da ervilhaca acumulou 141 kg de N/ha, e de acordo com Wolschick (2016) a ervilhaca acumulou 261,6 kg de N/ha em cultivo solteiro, que foi um valor maior e aproximado do estimado neste trabalho.

A aveia preta em cultivo solteiro apresentou um acúmulo médio de N comparado aos demais tratamentos. Em outros trabalhos observou-se menores médias, como em Redin (2016) a cultura da aveia preta acumulou 95 kg de N/ha, e de acordo com Doneda (2012) a cultura teve acúmulo de 44 kg de N/ha.

O nabo forrageiro em cultivo solteiro acumulou uma quantidade de nitrogênio semelhante ao trabalho de Redin (2016) a cultura acumulou 119 kg de N/ha, valores que ficaram próximos aos obtidos neste trabalho. Complementando outras citações, em Doneda (2012) a cultura teve um acúmulo de 208 kg de N/ha.

E a menor quantidade de Nitrogênio acumulada na parte aérea deve-se ao pousio, obteve-se resultados superiores aos relatados por Wolschick (2016) em pousio acumulou 28,2 kg de N/ha, e Cassol (2016) 52,3 kg de N/ha.

É necessário ampliar o número de espécies, selecionando-se aquelas que melhor se adaptem ao cultivo consorciado, bem como estabelecer a proporção ideal de cada espécie no consórcio, visando maximizar a produção de matéria seca (MS), a adição de carbono ao solo e o acúmulo de nutrientes, principalmente de nitrogênio, fósforo e potássio, principalmente no consórcio com as quatro espécies de plantas de cobertura.

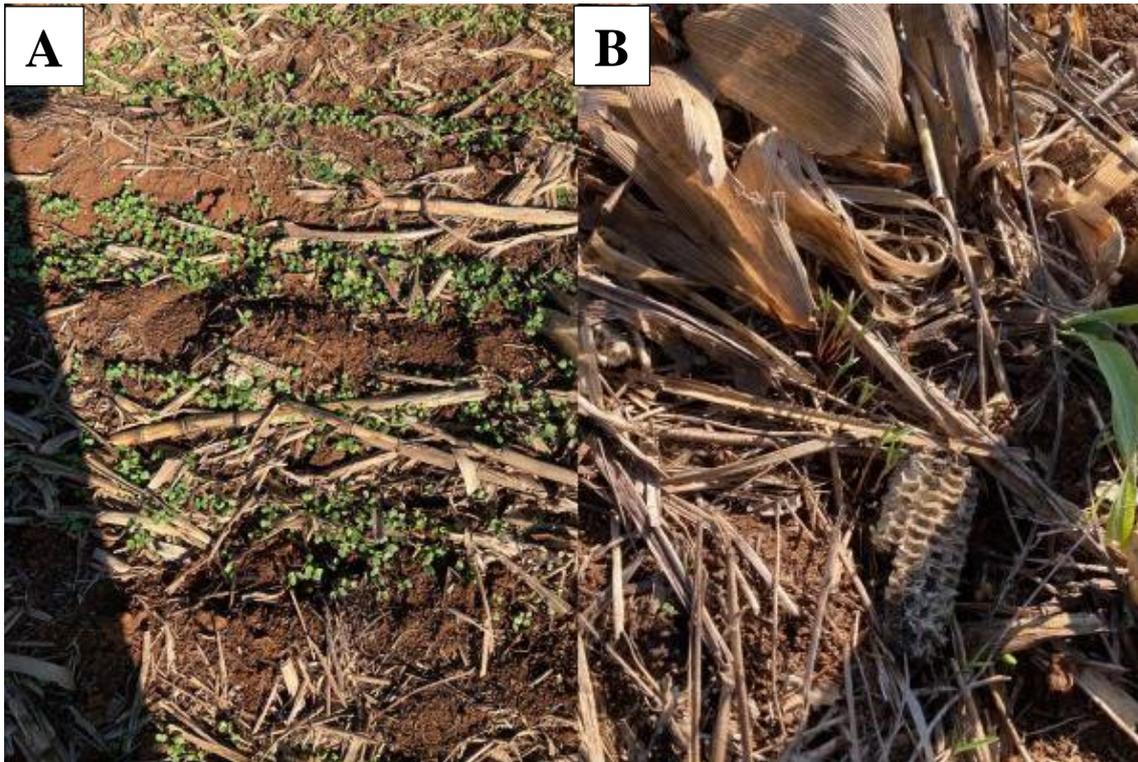
#### **4.2. Monitoramento do desenvolvimento das culturas**

O monitoramento do desenvolvimento das coberturas foi feito semanalmente, nas figuras a seguir estão demonstradas mensalmente o progresso de estabelecimento das coberturas de inverno, sendo aos 28, 61, 92 e 120 dias após semeadura, como mostra as figuras 13, 14, 15 e 16 respectivamente.

A emergência das plântulas de forma geral ocorreu no dia 4 de junho de 2021, porém algumas culturas como a aveia preta houve um atraso na emergência de dois dias, que pode ser reflexo das sementes com baixo vigor, pois foram sementes salvas em armazém na propriedade. Na figura 9 são fotos tiradas no segundo dia de emergência do Nabo (A) e Ervilhaca (B)

O florescimento das culturas ocorreram em tempos distintos, o nabo foi o primeiro a florescer, no dia 18 de agosto, o centeio dia 21 de agosto, a ervilhaca no dia 22 de setembro, e a aveia preta no dia 2 de outubro.

**Figura 9: A)** Emergência das plântulas de nabo forrageiro; **B)** Emergência das plântulas de ervilhaca.



Fonte: Galina, 2021.

Na figura 10 observa-se o desenvolvimento das culturas aos 28 dias após a semeadura, sendo identificados os tratamentos: A) T2 = Aveia preta; B) T3 = Centeio; C) T4 = Nabo forrageiro; D) T5 = Ervilhaca; E) T6 = AP + NF + ER, e uma observação importante o T1 (Pousio) está na mesma foto; F) T7 = CE + NB + ER; G) T8 = AP + CE + NF + ER.

Mesmo com grandes precipitações pluviais ocorridas após semear, no tratamento com aveia preta (FIGURA 10A) ainda não ocorreu a emergência, enquanto nos tratamentos com as outras culturas já se observa as plântulas emergidas sobre o solo. Como já foi comentado anteriormente, isto se deve à baixa qualidade das sementes, com pouco vigor, pois as sementes de aveia foram colhidas e armazenadas na propriedade, ou seja, são de origem sem certificação. Observação importante, o tratamento com pousio está demonstrado na figura 10E, demarcado como T1.

No tratamento 4 com nabo forrageiro (FIGURA 10C) em cultivo solteiro observa-se que houve falha na semeadura, isto devido à um problema que tivemos, pois foi regulada a semeadora e trocado as engrenagens que movem o sistema, e quando fomos semear a correia caiu e não distribuiu as sementes, assim tivemos que semear novamente.

**Figura 10:** Desenvolvimento das culturas aos 28 dias após sementeira.

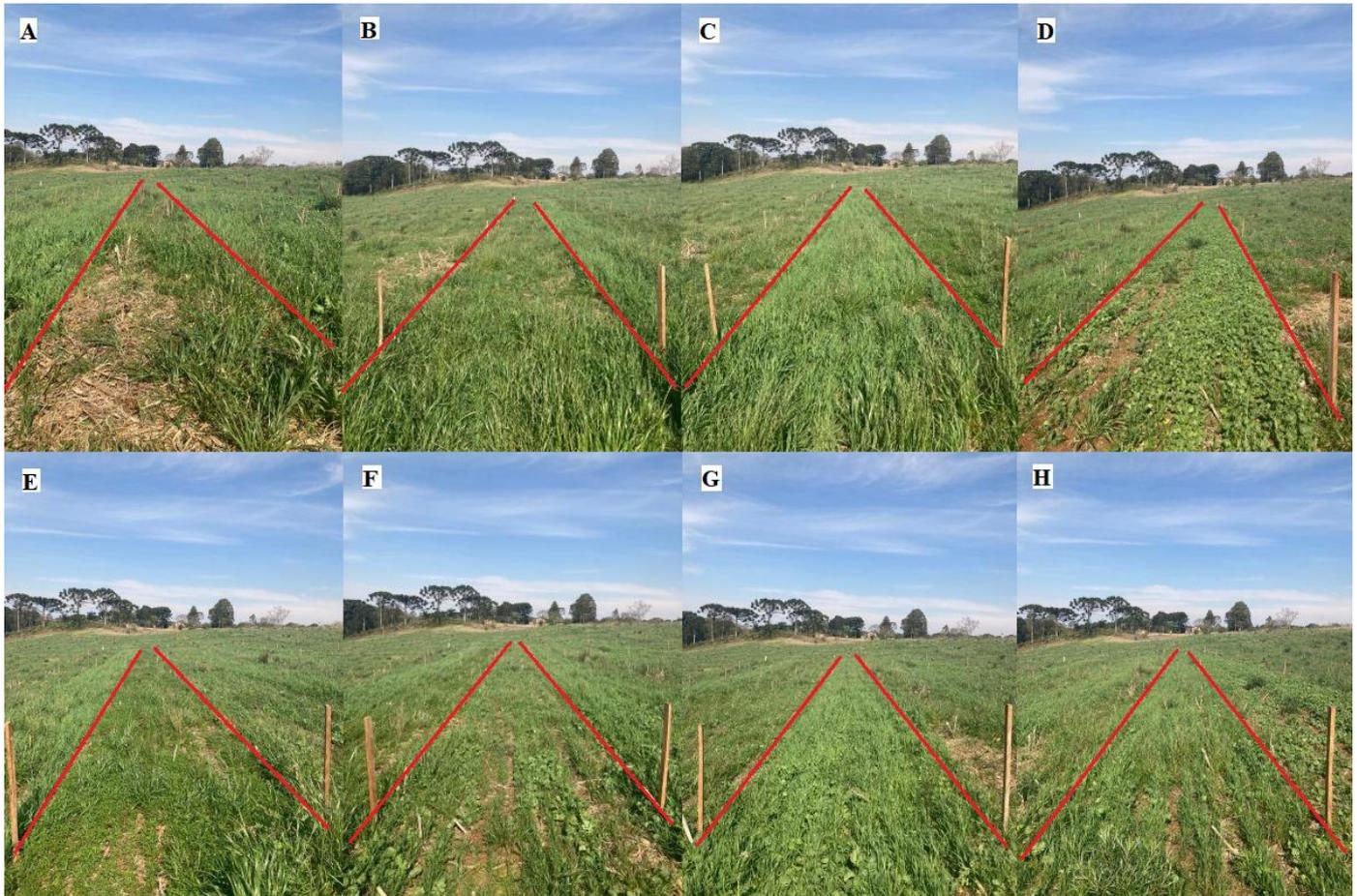


**Fonte:** Galina, 2021.

Na figura 11, estão as fotos de cada tratamento com os diferentes manejos de cobertura do solo após 61 dias após a sementeira, sendo: A) T1 = Pousio; B) T2 = Aveia preta; C) T3 = Centeio; D) T4 = Nabo forrageiro; E) T5 = Ervilhaca; F) T6 = AP + NF + ER; G) T7 = CE + NF + ER; H) T8 = AP + CE + NF + ER.

E como podemos ver as culturas que tiveram o melhor desenvolvimento inicial, foi o tratamento 3 com centeio em cultivo solteiro (FIGURA 11C), o tratamento 7 com consórcio de CE+NF+ER (FIGURA 11G) fechando a entrelinha de plantio antes dos outros tratamentos, o que se torna importante na competição espacial sobre plantas espontâneas em disponibilidade de luz e de nutrientes.

**Figura 11:** Desenvolvimento das culturas aos 61 dias após sementeira.



**Fonte:** Galina, 2021.

Na figura 12 observamos o desempenho das culturas aos 92 dias após a semeadura, sendo: (A) T1 = Pousio; (B) T2 = Aveia preta; (C) T3 = Centeio; (D) T4 = Nabo forrageiro; (E) T5 = Ervilhaca; (F) T6 = AP + NF + ER; (G) T7 = CE + NF + ER; (H) T8 = AP + CE + NF + ER.

E podemos ver que o pousio ainda não produziu uma cobertura suficiente para cobrir o solo (Figura 12A), constatando a presença de Azevém espontâneo em todas as parcelas.

No tratamento com Aveia preta (Figura 12B), percebe-se que não teve um bom desenvolvimento, também com presença de azevém espontâneo que se desenvolveu mais rápido do que a própria cultura semeada, onde a aveia estava em pleno perfilhamento e o azevem já na formação de sementes. O motivo do baixo desempenho da aveia preta já foi comentado anteriormente, que deve-se à baixa qualidade das sementes.

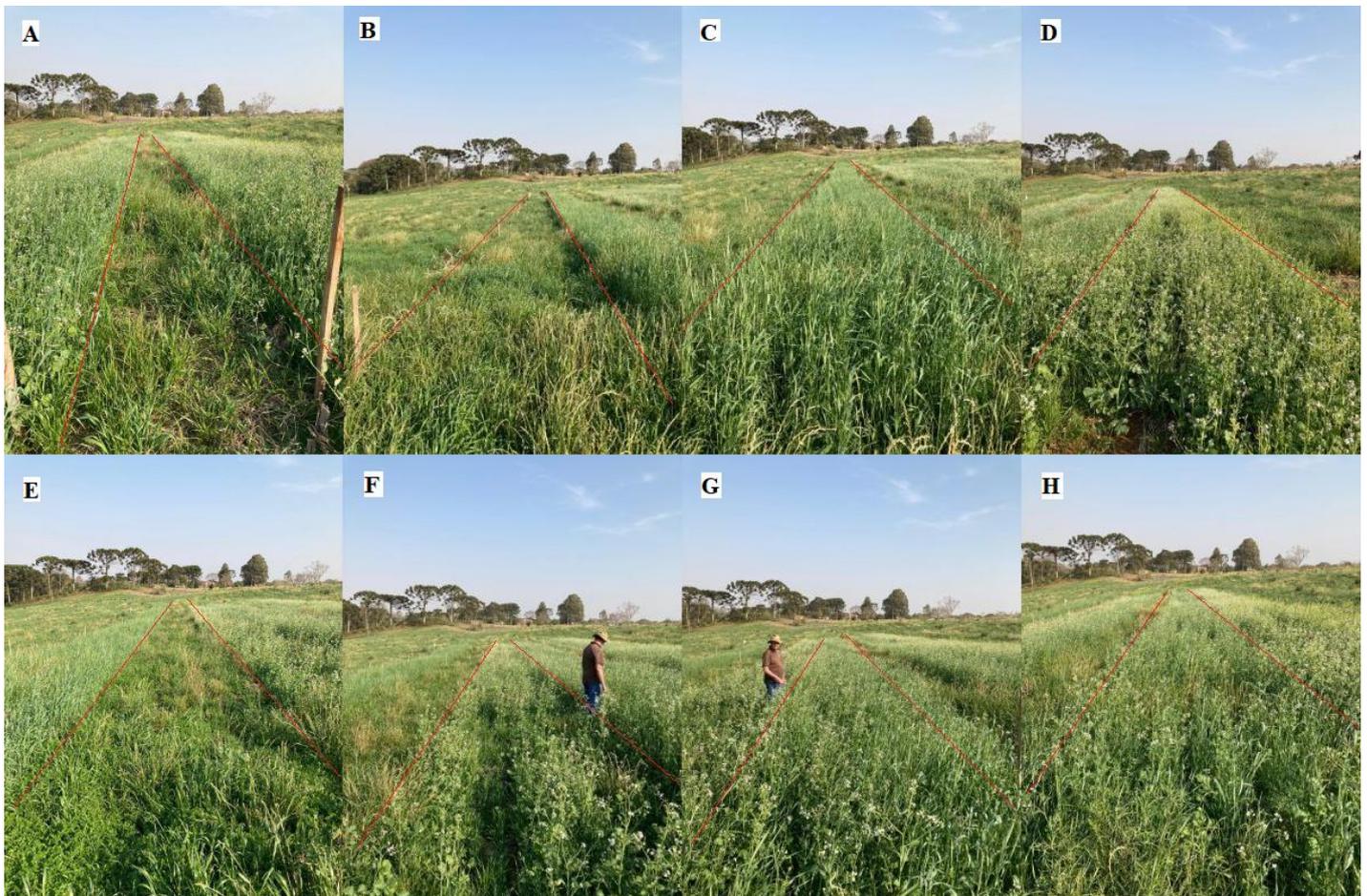
No tratamento de centeio (FIGURA 12C), já vemos a cultura no início da floração e apresentando uma altura de planta superior à aveia preta, sendo uma das culturas que teve a maior produção de massa seca/ha. Ao lado na figura 12D está o nabo forrageiro,

também já em estágio vegetativo de floração. A ervilhaca (FIGURA 12E) teve baixa produção de massa seca, porém por ser leguminosa sua característica de fixação de Nitrogênio é benéfica ao solo, pois ajuda a aumentar a atividade biológica.

O consórcio de AP+NF+ER (Figura 12F), não teve um bom desempenho na produção de cobertura, pois a gramínea (aveia preta) que deveria produzir a maior parte da biomassa no sistema, não era de sementes certificadas, ou seja, com baixo vigor.

Os manejos consorciados de plantas de cobertura: CE+NF+ER (Figura 12G) e AP+CE+NF+ER (Figura 12H), tiveram os melhores desempenhos na produção de massa seca, e claramente podemos observar a altura das plantas.

**Figura 12:** Desenvolvimento das culturas aos 92 dias após sementeira.



**Fonte:** Galina, 2021.

Na figura 13 mostra o desempenho das culturas aos 120 dias após a sementeira, sendo: A) T1 = Pousio; B) T2 = Aveia preta; C) T3 = Centeio; D) T4 = Nabo forrageiro; E) T5 = Ervilhaca; F) T6 = AP + NF + ER; (G) T7 = CE + NF + ER; H) T8 = AP + CE + NF + ER.

E ainda vemos que o pousio não teve capacidade de cobrir o solo totalmente, resultando numa baixa produção de massa seca (Figura 13A), assim como a Aveia preta (Figura 13B), está iniciando a floração e ainda continua com uma baixa estatura de planta.

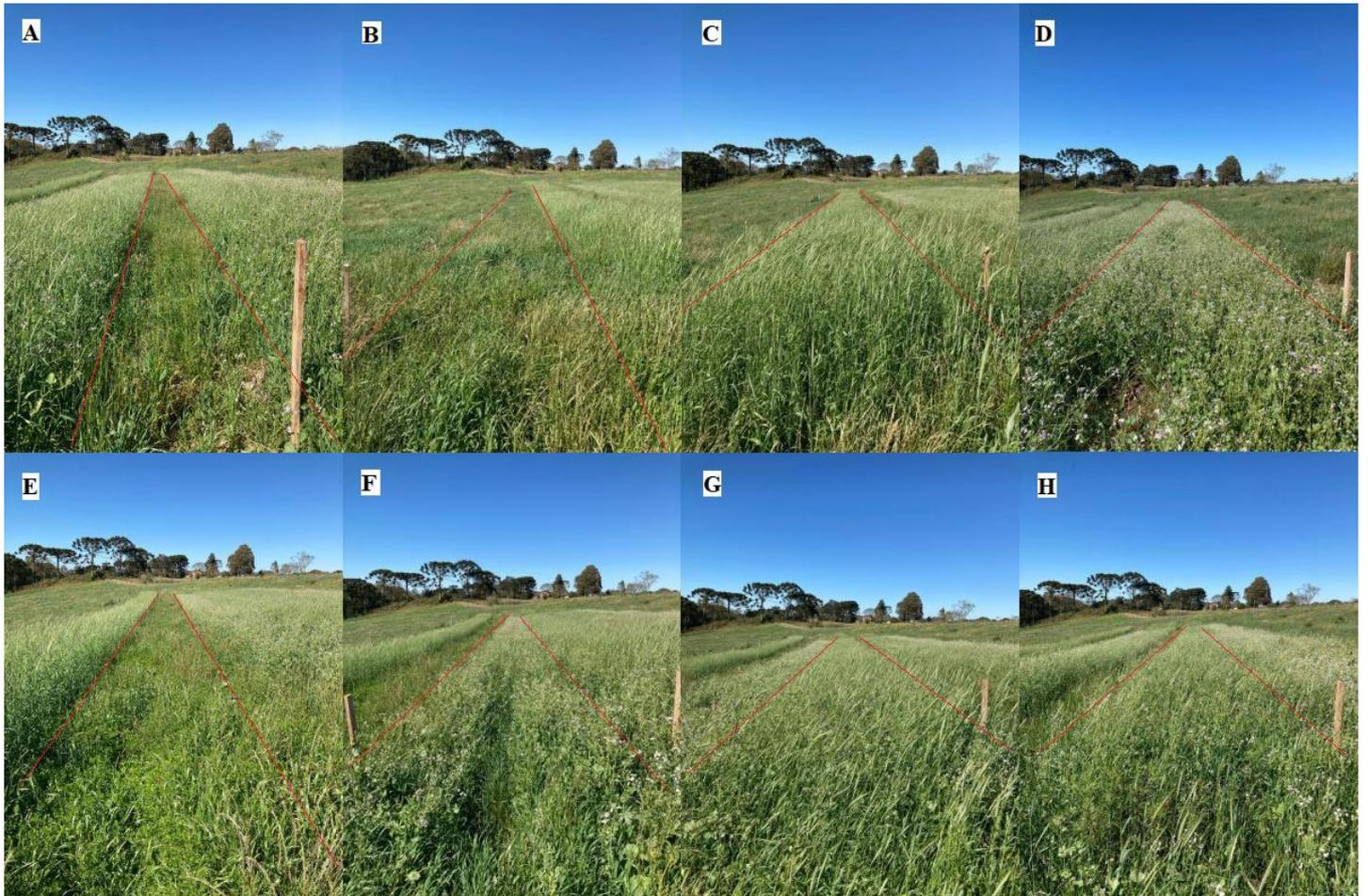
No tratamento de centeio aos 120 dias após a semeadura (FIGURA 13C), a cultura já está na formação de grãos, e cobrindo totalmente o solo. Ao lado na figura 13D está o nabo forrageiro, que se encontra florescendo e formando sementes. A ervilhaca (FIGURA 13E), por ser uma planta que não tem hábito ereto de crescimento, continuou prostrando-se no solo, no momento da foto a cultura já apresentava a formação das primeiras vagens.

O consórcio de AP+NF+ER (Figura 13F), observamos que as plantas de aveia preta dentro do consórcio tiveram um desempenho bem atrasado comparado ao Nabo forrageiro e a ervilhaca, no qual a cultura da aveia preta nem iniciou o processo de floração.

Nos tratamentos com manejo de plantas de cobertura em consórcio, CE+NF+ER (Figura 13G) e AP+CE+NF+ER (Figura 13H), como já foi falado foram os melhores resultados obtidos de massa seca produzida/ha, produzindo 8439,75 e 8771,80 kg de MS/ha respectivamente.

O Nabo forrageiro foi semeado em alta densidade, formando uma estande de plantas com tamanho menor, comparando com a semeadura em menor densidade, porém na alta densidade de plantas de nabo obtém se maior quantidade de raízes pivotantes que realizam a descompactação biológica solo, e na decomposição, liberam nutrientes formando macroporos que melhoram a infiltração de água no solo, espaços onde as raízes das culturas sucessoras irão se desenvolver.

**Figura 13:** Desenvolvimento das culturas aos 120 dias após semeadura.



**Fonte:** Galina, 2021.

Por curiosidade, na figura 14 é uma foto tirada no dia 28 de julho de 2021, que mostra uma das geadas brancas que ocorreu durante o ciclo de desenvolvimento das culturas no inverno.

E na figura 15, os diferentes sistemas radiculares das espécies de plantas de cobertura de inverno usadas no experimento, sendo em A) Sistema radicular fasciculado das Gramíneas (Aveia preta e centeio), B) Sistema radicular axial do Nabo-forrageiro, e em C) Sistema axial das raízes de ervilhaca, em especial os nódulos formados pelas bactérias fixadoras de Nitrogênio.

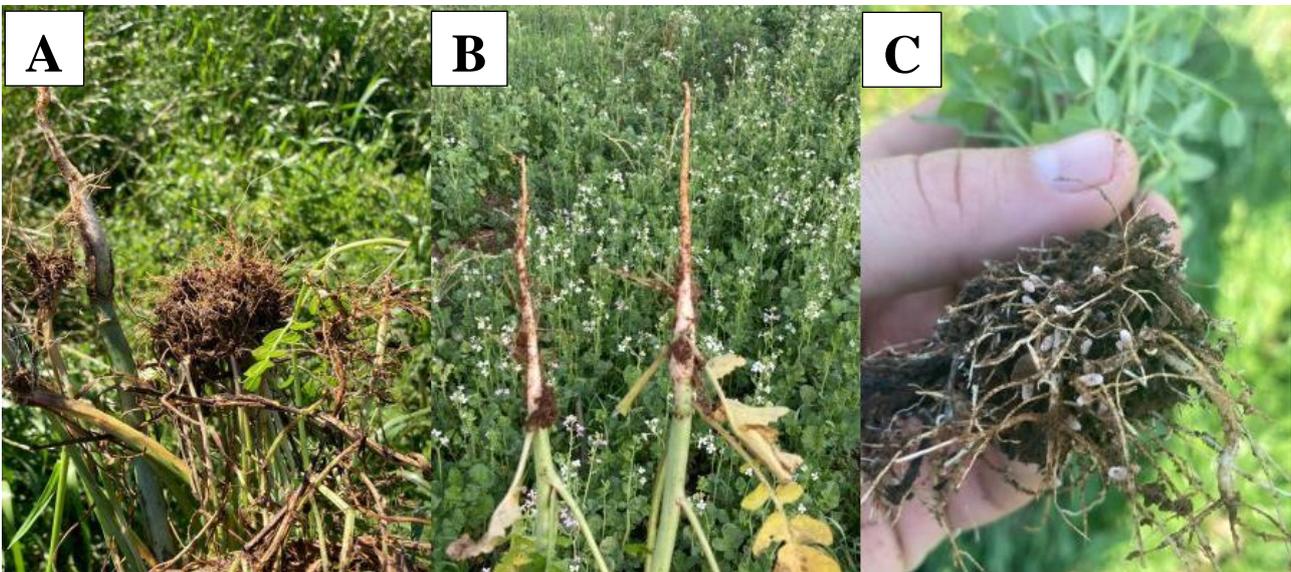
Na figura 15B, pode-se ver que as plantas de nabo não tiveram dificuldades para se desenvolver, ou seja, sem barreiras de compactação, devido à área do experimento ser uma área nova de lavoura. E na figura 15C observamos os nódulos formados pelos rizóbios, bactérias responsáveis pela fixação de Nitrogênio no solo, em sinestesia às plantas leguminosas.

**Figura 14:** Geada branca ocorrida no dia 28 de julho de 2021.



**Fonte:** Galina, 2021.

**Figura 15:** Sistemas radiculares das plantas de cobertura de inverno usadas no experimento:



**Fonte:** Galina, 2021.

A alta produtividade de massa seca pelas coberturas de solo obtidas nesse estudo deve-se, à época de semeadura dentro do ideal, à boa germinação das sementes, exceto da aveia preta que teve atraso na emergência devido à baixa qualidade das sementes, e às condições adequadas para o desenvolvimento das espécies, pois constataram-se altos

índices de precipitação pluvial no período da emergência ao início do desenvolvimento vegetativo.

## **5. CONCLUSÕES**

O manejo da cobertura do solo no inverno é muito importante no SPD, pois relaciona-se à construção de fertilidade e conservação do solo, tendo capacidade de melhorar as características biológicas, físicas e químicas, e conseqüentemente aumento da produtividade das culturas sucessoras.

Dessa forma o consórcio de espécies de plantas de cobertura, pode incrementar a produção de fitomassa, produzindo resíduos de melhor qualidade, otimizando a proteção e descompactação do solo, a adição de matéria orgânica, reciclagem de nutrientes, presença de microorganismos benéficos e na diminuição de plantas espontâneas.

Dos resultados obtidos no trabalho o consórcio de AP+CE+NF+ER (T8) teve a maior produção de MS/ha.

A cultura da ervilhaca apresentou o maior teor de Nitrogênio na MS, e sobre os teor de Carbono na MS não houve significância entre a maioria dos resultados, porém a aveia preta teve o maior teor. Entre as relações de C/N o centeio teve a maior relação.

A respeito do acúmulo de N na MS, os consórcios de AP+NF+ER e CE+NF+ER foram os que mais acumularam nitrogênio na MS.

Conclui-se que os consórcios de plantas de cobertura, foram os melhores na reciclagem de N.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ACOSTA, J.A.A. **Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema**

- plantio direto.** Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). *Ciência Rural*, v.44, n.5, mai, 2014. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782014000500007&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782014000500007&script=sci_abstract&tlng=pt)>.
2. AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: < <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v25n1/17.pdf> >.
  3. AITA, C.; GIACOMINI, J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura do solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.4, p.601-612, 2003. Acesso em: 06/06/2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000400004>>.
  4. ALTIEIRI, M.A.; SILVA, E.N.; NICHOLLS, C.I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas.** Ribeirão Preto: Holos, 2003. 226p. Acesso em: 14/11/2021. Disponível em: <<http://www.emater.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/06/praticas-insetos-praga.pdf>>.
  5. ALVARENGA, R.C. **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, jan. fev. 2001. Acesso em: 03/05/2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/485005/plantas-de-cobertura-de-solo-para-sistema-plantio-direto>>.
  6. ALVARES, C. A. et al. **Köppen's climate classification map for Brazil.** Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Acesso em: 29/11/2021 Disponível em: [https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen\\_s\\_climate\\_classification\\_map\\_for\\_Brazil](https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil). Acesso em abril de 2021.
  7. ANTUNES, J. M.. **Cultivos de inverno ajudam no controle de plantas daninhas.** 2020. Elaborada por Embrapa Trigo. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/52726704/cultivos-de-inverno-ajudam-no-controle-de-plantas-daninhas>. Acesso em: 21 jun. 2021.
  8. AMADORI, C. Estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes plantas de coberturas de inverno e sistemas de preparo do solo. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC, 2013. Acesso em: 12/05/2021. Disponível em: <<https://www.sabiia.cnptia.embrapa.br/search?id=21005525&search=coberturas%20inverno&qFacets=coberturas%20inverno&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>>.
  9. ARALDI, D.F. **Alternativas forrageiras para pastagem de inverno para bovinos de corte.** Seminário Interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão. Unicruz, 2011. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <<https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/forragens/artigos/ALTERNATIVAS%20FORRAGEIRAS%20PARA%20PASTAGEM%20DE%20INVERNO%20PARA%20BOVINOS%20DE%20CORTE.pdf>>.
  10. BALBINOT Jr., A.A. Desempenho de plantas invernais na produção de massa e cobertura do solo sob cultivos isolado e em consórcios. **Revista de Ciências**

- Agroveterinárias**, Lages, v.3, n.1, p.38-42, 2004. Acesso em: 14/11/2021. Disponível em:  
<<https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/download/5477/3676/15173>>.
11. BALBINOT Jr, A.A. Efeito de coberturas de inverno e sua época de manejo sobre a infestação de plantas daninhas na cultura de milho. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.25, n. 3, p. 473-480, 2007. Acesso em: 14/11/2021. Disponível em:  
<<https://www.scielo.br/j/pd/a/Jhh7nTVMwcdRNY8xc39vcKD/?lang=pt>>.
  12. BALBINOT Jr., A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J.; CARVALHO, P.C. de F. Desempenho da cultura do feijão após diferentes formas de uso do solo no inverno. **Ciência Rural**, v.39, n.8, p.2.340-2.346, 2009. Acesso em: 06/06/2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000800011>>.
  13. BERTOLLO, A.M. **Compactação do solo em Sistema de Plantio Direto na palha**. Pesquisa Agropecuária Gaúcha, v.25, n.3, p. 208-218, 2019. Acesso em: 12/05/2021. Disponível em:  
<<http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/113>>.
  14. BERTONCELLI, P. **Inoculação, manejo do nitrogênio e decomposição dos resíduos vegetais de cereais de inverno na produção de grãos e silagem de milho**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de ciências Rurais. 89 p. Santa Maria, RS, 2014. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/5113>>.
  15. BITTENCOURT, H. V. H. **Culturas de cobertura de inverno na implantação de sistema de plantio direto sem uso de herbicidas**. 2008. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Acesso em: 06/06/2021. Disponível em:  
<[https://www.researchgate.net/publication/278036414\\_Culturas\\_de\\_cobertura\\_de\\_inverno\\_na\\_implantacao\\_de\\_sistema\\_de\\_plantio\\_direto\\_sem\\_uso\\_de\\_herbicidas](https://www.researchgate.net/publication/278036414_Culturas_de_cobertura_de_inverno_na_implantacao_de_sistema_de_plantio_direto_sem_uso_de_herbicidas)>.
  16. BOENI, Madalena et al. **Culturas de cobertura de solo em sistemas de produção de grãos**. Porto Alegre: SEAPDR/DDPA, 2021. 26 p. (Circular: divulgação técnica, 10). Acesso em: 07/11/2021. Disponível em:  
<<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202107/13151231-n-10-2021-culturas-de-cobertura-de-solo-em-sistemas-de-producao-de-graos.pdf>>.
  17. BONJORNIO, I.I. Efeito de plantas de cobertura de inverno sobre cultivo de milho em sistema de plantio direto. **Rev. Bras. de Agroecologia**. Ed. 5, pg 99-108, 2010. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/7953>>.
  18. BORTOLINI, C.G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, ed. 24, pg. 897-903, 2000. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em:  
<<https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v24n4/21.pdf>>.
  19. CALEGARI, A. **Perspectivas e estratégias para a sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com o uso de adubos verdes**. In: CALEGARI,

A.; FILHO, A. P.; HIRATA, A. C. S.; CARVALHO, A. M.; SOUZA, B.; CERETTA, C. A.; AITA, C.; CARVALHO, C. F.; ANDRADE, D. S.; AMBROSANO, E. J.; SILVA, E. C.; WUTKE, E. B.; JÚNIOR, F. B. R.; MERCANTE, F. M.; ROSSI, F.; ASMUS, G. L.; CASTRO, H. A.; MASCARENHAS, H. A. A.; MENDES, I. C.; CARLOS, J. A. D.; CARVALHO, J. E. B.; SOUZA, L. D.; WILDNER, L. P.; SOUZA, L. S.; HERNANI, L. C.; INOMOTO, M. M.; HUNGRIA, M.; PADOVAN, M. P.; GUIRADO, N.; MONQUERO, P. A.; MENDES, P. C. D.; LUZ, P. H. C.; BUZETTI, S.; GIACOMINI, S. J.; CARVALHO, S. M.; MURAOKA, T.; SCIVITTARO, W. B. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil. 1.ed. Brasília: Embrapa, 2014. cap 1, p. 21-33. Acesso em: 10/02/2021. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/341977467\\_Perspectivas\\_e\\_estrategias\\_para\\_a\\_sustentabilidade\\_e\\_o\\_aumento\\_da\\_biodiversidade\\_dos\\_sistemas\\_agricolas\\_com\\_o\\_uso\\_de\\_adubos\\_verdes\\_Ademir\\_Calegari\\_In\\_LIMA\\_FILHO\\_O\\_F\\_de\\_AMBROSANO\\_E\\_J\\_ROSSI\\_F\\_CARLOS\\_J\\_A](https://www.researchgate.net/publication/341977467_Perspectivas_e_estrategias_para_a_sustentabilidade_e_o_aumento_da_biodiversidade_dos_sistemas_agricolas_com_o_uso_de_adubos_verdes_Ademir_Calegari_In_LIMA_FILHO_O_F_de_AMBROSANO_E_J_ROSSI_F_CARLOS_J_A)>.

20. CALEGARI, A. **Espécies para cobertura de solo**. In: DAROLT, M.R. (Coord.). Plantio direto: pequena propriedade sustentável. Londrina: Iapar, 1998. p.65-94. (Circular, 101). Acesso em: 14/11/2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p218-231>>.
21. CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná**. Londrina: Iapar, 1990. 37p. (Boletim Técnico, 35). Acesso em: 14/11/2021. Disponível em: <<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=192963&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22,%20A.%22&qFacets=autoria:%22,%20A.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=141>>.
22. CALEGARI, A. & PEÑALVA, M. B. **Abonos Verdes: Importancia agroecológica y especies con potencial de uso en el Uruguay**. Canelones, M.G.A.P. (JUNAGRA) – GTZ, Junio, 1994. 151p. Acesso em: 22/03/2022. Disponível em: <[https://pmb.parlamento.gub.uy/pmb/opac\\_css/index.php?lvl=notice\\_display&id=22206](https://pmb.parlamento.gub.uy/pmb/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=22206)>.
23. CALEGARI, A. **Plantas de cobertura e rotação de culturas no sistema plantio direto**. Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR. Informações Agronômicas, nº 122, pg 18-22. Junho, 2008. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/868AE17E333755E583257A90007D8D88/\\$FILE/Page18-21-122.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/868AE17E333755E583257A90007D8D88/$FILE/Page18-21-122.pdf)>. Acesso em: 08/12/2020.
24. CALEGARI, A. **Manual Técnico de Plantas de Cobertura**. IAPAR, Edição 2. Set. 2016, 32 p. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <<http://www.ecoagri.com.br/web/wp-content/uploads/Plantas-de-Cobertura-%E2%80%93Manual-T%C3%A9cnico.pdf>>.
25. CARATTI, F.C., et al. **Potencial alelopático de coberturas de inverno sobre a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de picão-preto e alface**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, ed. 30, 2016, Curitiba. Anais [...]. Curitiba: Embrapa Pecuária Sul, 2016. p. 667-667. Acesso em: 12/05/2021. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1052304?locale=es>>.

26. CASALI, Carlos Alberto. **Benefícios das plantas de cobertura de solo na ciclagem de Fósforo**. In: TIECHER, Tales. 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 e da água. Porto Alegre, Rs: Ufrgs, 2016. Cap. 2. p. 23-33.
27. CASSOL, Cidimar. **Teor de n-mineral no solo e produtividade do milho sob plantas de cobertura em plantio direto**. 2016. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso de graduação (Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016. Acesso em: 22/03/2022. Disponível em: <<https://l1library.org/document/q5o9d2gz-teor-mineral-produtividade-milho-plantas-cobertura-plantio-direto.html>>.
28. CREMONEZ, F.E. **Uso de plantas de cobertura na entressafra de milho e soja**. Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Pós-graduação em Agronomia, 2018. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <<http://tede.unioeste.br/handle/tede/3749>>.
29. CRUSCIOL, C.A.C. **Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.40, n.2, p.161-168, fev. 2005. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/228670821\\_Persistencia\\_de\\_palhada\\_e\\_liberacao\\_de\\_nutrientes\\_do\\_nabo\\_forrageiro\\_no\\_plantio\\_direto](https://www.researchgate.net/publication/228670821_Persistencia_de_palhada_e_liberacao_de_nutrientes_do_nabo_forrageiro_no_plantio_direto)>.
30. CRUSCIOL, C.A.C. **Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto**. Bragantia, Campinas, v.67, n.2, p.481-489, 2008. Acesso em: 06/06/2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000200024>>.
31. CUNHA, V.S. **Qualidade fisiológica de sementes e estabelecimento do consórcio aveia-preta e azevém sob fixação biológica de nitrogênio em sistema de integração lavoura-pecuária**. Dissertação de mestrado, UFSM. Santa Maria – RS, 28 fev. 2014. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/5107>>.
32. DAHLEM, A.R. **Plantas de cobertura de inverno em sistemas de produção de milho sob plantio direto no sudoeste do Paraná**. Dissertação de mestrado – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/470>>. Acesso em: 14/12/2020.
33. DEBIASI, H. **Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.45, n.6, p.603-612, jun. 2010. Acesso em: 10/05/2021. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/869138/1/DebiasePesq.agropec.bras..pdf>>.
34. DEBIASI, H. **Diversificação de espécies vegetais como fundamento para a sustentabilidade da cultura da soja**. Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n.366, 60 p. Londrina: Embrapa Soja, 2015. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1036787/1/doc366OL.pdf>>.

35. DEBIASI, Henrique. **Diversificação de espécies vegetais em sistemas de produção: sistemas de produção**. 17. ed. Londrina: Embrapa, 2017. 25 p. 25 f. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17). Acesso em: 12/05/2021. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1128399>>.
36. DEBIASI, B.C.T. **A compactação do solo reduz a atividade microbiana sob Sistema Plantio Direto**. VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, Goiânia. Inovação, tecnologias digitais e sustentabilidade da soja: anais, p. 832-834. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Acesso em: 10/05/2021. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1093780>>.
37. DEBIASI, H. **Culturas para cobertura do solo entre a colheita da soja e a semeadura do trigo como estratégia para maior diversificação dos sistemas de produção**. Resumos expandidos da 37a Reunião de Pesquisa de Soja. Londrina: Embrapa Soja, 2019. Acesso em: 10/05/2021. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1111032>>.
38. DENARDIN, J.E. **Evolução da área cultivada sob plantio direto no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. (Documentos, 29). Acesso em: 15/11/2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/850217/evolucao-da-area-cultivada-sob-sistema-plantio-direto-no-rio-grande-do-sul>>.
39. DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. **Desafios à caracterização de solo fértil em manejo e conservação do solo e da água**. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 6., 2006, Passo Fundo. Fertilidade em solo... (re)emergindo sistêmica: resumos e palestras. Passo Fundo: Embrapa Trigo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2006. 8 p. 1. Acesso em: 16/11/2021.
40. DENARDIN, J. E.; SCHAEFFER, R.; FAGANELLO, A.; KOCHHANN, R. A. **Heterogeneidade física de um latossolo argiloso manejado sob sistema plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 16 p. html. (Embrapa Trigo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento online, 70). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p\\_bp70.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp70.htm)>.
41. DERPSCH, R.; SIDIRAS, N. & HEINZMANN, F.X. **Manejo do solo com coberturas verdes de inverno**. Pesq. Agropec. Bras., 20:761-773, 1985. Acesso em: 06/06/2021. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/15791/0>>.
42. DONEDA, A. **Plantas de cobertura de solo consorciadas e em cultivo solteiro: Decomposição e fornecimento de Nitrogenio ao milho**. Dissertação de Mestrado. UFSM, RS, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5509/DONEDA%2c%20ALEXANDRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 08/12/2020.
43. DONEDA, A. **Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas**. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFSM, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Solos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, ed. 36, pg. 1714-1723, 2012. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v36n6/05.pdf>>.
44. EGEWARTH, Jonas Francisco. **Decomposição e liberação de macronutrientes e características físicas químicas de solo sob efeito de palhada de aveia sob diferentes**

- manejos**. 2020. 44 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2020. Acesso em: 06/02/2022. Disponível em: <<http://131.255.84.103/handle/tede/5279>>.
45. EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p. Acesso em: 02/06/2021. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos\\_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf)>.
46. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília-DF: Embrapa produção de informação, Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2013, 353p. Acesso em: 29/11/2021.
47. EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2018. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa. 355p. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1094003>>.
48. FABIAN, Adelar José. **Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação**. 2009. 99 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009. Acesso em: 08/11/2021. Disponível em: <<https://www.fcav.unesp.br/Home/download/pgtrabs/pv/d/2877.pdf>>.
49. FANCELLI, Antônio Luiz. Pesquisas certificam espécies para rotação de culturas. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 6, n. 9, p. 17-20, 2009. Acesso em: 25/02/2022. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/002146471>>.
50. FERREIRA, Daniel Furtado. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011. Acesso em: 28/03/2022. Disponível em: < Sisvar (ufla.br) >.
51. FERREIRA, O.G.L.; COELHO, R.A.T.; COSTA, O.A.D.; FARIAS, P.P.; FLUCK, A.C.; KRÖNING, A.B.; MACARI, S. Rendimento estacional de forrageiras de inverno em cultivo isolado e consorciado. **Revista Electrónica de Veterinaria**, vol. 18, núm. 12, diciembre, 2017, pp. 1-13 Veterinaria Organización Málaga, España. Acesso em: 06/06/2021. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/636/63654640017.pdf>>.
52. FONTANELLI, R. S. et. al. **Gramíneas forrageiras anuais de inverno**. In: Integração lavoura pecuária floresta. Passo Fundo. EMBRAPA TRIGO, p. 127- 135, [s.d.]. Acesso em: 04/04/2021. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1010247/1/LV2012forrageirasparaintegracaoFontaneli.pdf>>.
53. FORTE, C.T. Coberturas vegetais do solo e manejo de cultivo e suas contribuições para as culturas agrícolas. **Rev. Bras. Cienc. Agrar.**, Recife, v.13, n.1, e5501, 2018. Acesso em: 06/06/2021. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/324096162\\_Coberturas\\_vegetais\\_do\\_solo\\_e\\_manejo\\_de\\_cultivo\\_e\\_suas\\_contribuicoes\\_para\\_as\\_culturas\\_agricolas](https://www.researchgate.net/publication/324096162_Coberturas_vegetais_do_solo_e_manejo_de_cultivo_e_suas_contribuicoes_para_as_culturas_agricolas)>.

54. FRANCHINI, J.C. **Rotação de culturas: Prática que confere maior sustentabilidade à produção agrícola no Paraná.** Embrapa Soja, Londrina/PR, Documentos n° 327, 52 p., junho, 2011. Acesso em: 03/05/2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/897259/importancia-da-rotacao-de-culturas-para-a-producao-agricola-sustentavel-no-parana>>.
55. GATZKE, V. **Uso de aveia-preta e nabo forrageiro no período outonal sobre atributos físicos do solo e produtividade do trigo.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação), Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de agronomia, Cerro Largo, RS, 2017. Acesso em: 06/06/2021. Disponível em: <<https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/1897/1/GATZKE.pdf>>.
56. GIACOMINI, S.J. **Consociação de plantas de cobertura antecedendo milho em plantio direto.** Tese de Mestrado, UFSM. R. Bras. Ci. Solo, ed: 28, pg 751-762, 2004. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <[https://www.rbcjournal.org/wp-content/uploads/articles\\_xml/0100-0683-rbcs-S0100-06832004000400015/0100-0683-rbcs-S0100-06832004000400015.pdf](https://www.rbcjournal.org/wp-content/uploads/articles_xml/0100-0683-rbcs-S0100-06832004000400015/0100-0683-rbcs-S0100-06832004000400015.pdf)>.
57. GOULART, A.C.P. **O Sistema Plantio Direto e as doenças de plantas.** 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_1/SPDdoencas/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/SPDdoencas/index.htm)>. Acesso em: 12/12/2011
58. Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2019. **XII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Trigo e Triticale** (2018: Passo Fundo, RS). Brasília, DF: Embrapa, 2018. 240 p.
59. HEINRICHS, R. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: Relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **R. Bras. Ci. Solo**, ed: 25, pg 331-340, 2001. Acesso em: 04/04/2021. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832001000200010&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832001000200010&script=sci_abstract&tlng=pt)>.
60. HENZ, F.M. **Produtividade da soja após cultivo de plantas de cobertura de inverno.** Cultivando O Saber, Cascavel, p. 204-212, 2017. Acesso em: 12/05/2021. Disponível em: <[https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando\\_o\\_saber/5a381350bbb1c.pdf](https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/5a381350bbb1c.pdf)>.
61. KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. **Implantação e manejo do sistema plantio direto.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 36p. (Embrapa Trigo. Documentos, 20). Acesso em: 01/12/2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/850206/implantacao-e-manejo-do-sistema-plantio-direto>>.
62. LINCK, Isaura Luiza Donati. **Plantas de cobertura de outono/inverno e suas relações com a cultura da soja.** 2018. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen - RS, 2019. Acesso em: 06/06/2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/19087>>.
63. MACHADO, L. A. Z. , 2000. **Aveia: forragem e cobertura do solo.** Embrapa Agropec. Oeste. Col. Sist. Plantio Direto, 3. Acesso em: 21/03/2022. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/243576/1/COL20003.pdf>>.

64. MARTINS, D. Coberturas mortas de inverno e controle químico sobre plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 649-657, out. 2016. Acesso em: 12/05/2021. Disponível em: <<https://www.sabiia.cnptia.embrapa.br/search?id=124000919&search=coberturas%20inverno&qFacets=coberturas%20inverno&sort=&paginaacao=t&paginaAtual=1>>.
65. MELGAREJO, M. A. **Produção de massa seca e acúmulo de nitrogênio por plantas de cobertura de inverno**. VII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 7., 2011, Fortaleza/CE. Marechal Cândido Rondon/PR: Cadernos de Agroecologia, 2011. 6 p. Acesso em: 12/05/2021. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/273694121\\_1095\\_-\\_Producao\\_de\\_massa\\_seca\\_e\\_acumulo\\_de\\_nitrogenio\\_por\\_plantas\\_de\\_cobertura\\_de\\_inverno\\_Production\\_of\\_dry\\_mass\\_and\\_accumulation\\_of\\_nitrogen\\_by\\_winter\\_cover\\_crops](https://www.researchgate.net/publication/273694121_1095_-_Producao_de_massa_seca_e_acumulo_de_nitrogenio_por_plantas_de_cobertura_de_inverno_Production_of_dry_mass_and_accumulation_of_nitrogen_by_winter_cover_crops)>.
66. MELO, R.W. **Modelo agrometeorológico-espectral de estimativa do rendimento da soja para o estado do Rio Grande do Sul**. 2003. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rs, 2003. Acesso em: 02/06/2021. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/leaa/arquivos/Teses%20e%20disserta%C3%A7%C3%B5es/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Ricardo%20W%20Melo%202005.pdf>>.
67. MICHELON, C.J. **Plantas de Cobertura e seu Efeito na Densidade do Solo e no Rendimento de Grãos da Cultura do Milho**. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: O solo e suas múltiplas funções. Natal, RN. Agosto de 2015. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <<https://www.sbcs.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/271.pdf>>.
68. MORAES, Moacir Tuzzin de. **Benefícios das plantas de cobertura sobre as propriedades físicas do Solo**. In: TIECHER, Tales. 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 e da água. Porto Alegre, Rs: Ufrgs, 2016. Cap. 3. p. 34-48.
69. NAIBO, G. **Teor de Nutrientes e Massa Seca em Plantas de Cobertura de Inverno sob Aplicação de Cinza de Biomassa Florestal**. XIII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo. Xanxerê, RS. Abr,2018. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <<http://www.sbcs-nrs.org.br/rsbcs/docs/trab-4-3692-784.pdf>>.
70. NEMIRSCKI, Jéssica Maiara. **Produção, decomposição de matéria seca e comportamento de nutrientes em culturas de cobertura no Sul do Brasil**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco, 2019. Acesso em: 31/03/2022. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/24580/1/PB\\_COAGR\\_2019\\_2\\_09.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/24580/1/PB_COAGR_2019_2_09.pdf)>.
71. OLIVEIRA, Luiz Eduardo Zancanaro. **Plantas de cobertura: Características, benefícios e utilização**. Universidade de Brasília. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2013.– Brasília, 2014, 62p. Acesso em: 04/11/2021. Disponível em:

<[https://bdm.unb.br/bitstream/10483/10471/1/2014\\_LuizEduardoZancanarodeOliveira.pdf#page49](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/10471/1/2014_LuizEduardoZancanarodeOliveira.pdf#page49)>.

72. PAULUS, G.; MULLER, A.M.; BARCELLOS, L.A.R. **Agroecologia aplicada: praticas e métodos para uma agricultura de base ecológica**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. p. 86. Acesso em: 21/06/2021. Disponível em: <[http://www.emater.tche.br/docs/agroeco/livros/livro\\_agroeco\\_aplicada/livro\\_agroeco.htm](http://www.emater.tche.br/docs/agroeco/livros/livro_agroeco_aplicada/livro_agroeco.htm)>.
73. REDIN, Marciel. **Plantas de cobertura de solo e agricultura sustentável: Espécies, matéria seca e ciclagem de carbono e nitrogênio**. In: TIECHER, Tales. 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 e da água. Porto Alegre, Rs: Ufrgs, 2016. Cap. 1. p. 7-22. Acesso em: 21/06/2021. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/149123>>.
74. RODRIGUES, J. P., COSTA, D. F. A. da, GAVILÁN, G. D. de C., CAVALHEIRO, G. da S., MARTINS, L. P., ALVES, N. P., & OSORIO FILHO, B. D. (2019). **Atividade biológica e decomposição de resíduos orgânicos em área de lavoura sobre Argissolo Vermelho Distrófico**. Revista Eletrônica Científica Da UERGS , 5(1), 13-17. Acesso em: 06/02/2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.21674/2448-0479.51.13-17>>.
75. ROVANI, Franciele Francisca Marmentini. **Cartografia ambiental de Barão de Cotegipe, RS: Subsídios para o planejamento municipal**. 2013. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013. Acesso em: 25/05/2021. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppggeo/images/Franciele%20Rovani%20PPGGEO.pdf>>.
76. SALOMÃO, PEA; KRIEBEL, W.; SANTOS, AA dos; MARTINS, ACE. A **Importância do Sistema Plantio Direto com Palha na Reestruturação do Solo e Restauração da Matéria Orgânica**. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento , [S. l.] , v. 9, n. 1, pág. e154911870, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i1.1870. Acesso em: 6 fev. 2022. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1870>>.
77. SANTOS, Humberto Gonçalves dos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, Df: Embrapa, 2018. Acesso em: 12/11/2021. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>>.
78. SCHNITZLER, F. **Desempenho da cultura da soja sob diferentes plantas de coberturas do solo. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Agronomia**. Departamento de Estudos Agrários da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí -RS, 2017. Acesso em: 04/04/2021. Disponível em: <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/4538/Felipe%20Schnitzler.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.
79. SCIVITTARO, W.B. **Coberturas de Inverno como fonte de Nitrogênio para o Milho nos Sistemas Convencional e Plantio Direto**. Embrapa Clima Temperado, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 52, 20 p. Pelotas - RS, 2007. Acesso em: 10/04/2021.

Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30381/1/boletim-52.pdf>>.

80. SCHOFFEL, A. **Produção de fitomassa em plantas de cobertura**. XVI Seminário Interinstitucional de pesquisa e extensão, 2011, Cruz Alta. Cruz Alta: Universidade de Cruz Alta, 2011. 4 p. Acesso em: 12/05/2021. Disponível em: <<https://home.unicruz.edu.br/seminario/anais/anais-2011/agrarias/PRODU%C3%83%E2%80%A1%C3%83%C6%92O%20DE%20FITOMASSA%20EM%20PLANTAS%20DE%20COBERTURA.pdf>>.
81. SEQUINATTO, L. Qualidade de um Argissolo submetido a práticas de manejo recuperadoras de sua estrutura física. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.3, p.344–350, 2014. Acesso em: 12/05/2021. Disponível em: <<https://www.sabiia.cnptia.embrapa.br/search?id=91000010&search=coberturas%20inverno&qFacets=coberturas%20inverno&sort=year&paginaAtual=4>>.
82. SILVA, A.A. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.928-935, jul-ago, 2007. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782007000400002&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782007000400002&script=sci_abstract&tlng=pt)>.
83. SILVA, MA.; NASCENTE, AS; FRASCA, LL de M .; REZENDE, CC; FERREIRA, EAS; FILIPPI, MCC de; LANNA, AC; FERREIRA, EP de B.; LACERDA, MC. **Culturas de cobertura isolada e mista para melhorar a qualidade do solo e culturas comerciais no Cerrado**. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento , [S. l.] , v. 10, n. 12, pág. e11101220008, 2021. DOI: 10.33448 / rsd-v10i12.20008. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20008>. Acesso em: 7 nov. 2021.
84. SILVEIRA, D.C. Plantas de cobertura de solo de inverno em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. **Revista Plantio Direto**, ed. 173, pg. 18-23. Passo Fundo, RS, 2020. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/211687/1/6-Silveira-et-al-173.pdf>>.
85. SOUZA, D.C.J. **Avaliação da cobertura do solo e acúmulo de biomassa e de nutrientes em leguminosas**. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 9., 2015, Belém. Cadernos de Agroecologia. Belém: Universidade Federal do Amapá, 2015. v. 10, p. 1-5. Acesso em: 12/05/2021. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/140772/1/CPAF-AP-2015-Avaliacao-da-cobertura-do-solo.pdf>>.
86. SPIASSI, A. Alelopatia de palhadas de coberturas de inverno sobre o crescimento inicial de milho. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 577-582, abr/jun. 2011. Acesso em: 01/04/2021. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744101017>>.
87. STEFANOSKI, D.C. **Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.12, p.1301–1309, Campina Grande, PB, 2013. Acesso em: 12/05/2021. Disponível em:

<[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662013001200008](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662013001200008)>.

88. STRECK, V. E. et. al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. – Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222 p.
89. TEDESCO, J.M.; GIANELLO, C. & BISSANI, C.A. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5). Acesso em: 21/10/2021. Disponível em: <[https://rolas.cnpt.embrapa.br/arquivos/manual\\_rolas.pdf](https://rolas.cnpt.embrapa.br/arquivos/manual_rolas.pdf)>.
90. TIECHER, Tales. **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 e da água**. Porto Alegre, Rs: Ufrgs – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016. 187 p. Acesso em: 21/06/2021. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/149123>>.
91. TORRES, J.L.R. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** 29 (4), Jul 2005. Acesso em: 22/03/2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000400013>>.
92. QUIRRENBACH, I. Espécies de cobertura de inverno e nitrogênio na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Scientia Agraria**, v.8, n.2, p.179-184, 2007. Acesso em: 02/04/2021. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/28260138\\_ESPECIES\\_DE\\_COBERTURA\\_DE\\_INVERNO\\_E\\_NITROGENIO\\_NA\\_CULTURA\\_DO\\_MILHO\\_EM\\_SISTEMA\\_D\\_E\\_PLANTIO\\_DIRETO](https://www.researchgate.net/publication/28260138_ESPECIES_DE_COBERTURA_DE_INVERNO_E_NITROGENIO_NA_CULTURA_DO_MILHO_EM_SISTEMA_D_E_PLANTIO_DIRETO)>.
93. VENGEN, Andressa Perini. **Propriedades químicas e físicas do solo cultivado com forrageiras de inverno submetidas a diferentes manejos em sistema de integração lavoura-pecuária**. 2018. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2018. Acesso em: 02/06/2021. Disponível em: <<http://tede.unioeste.br/handle/tede/4058>>.
94. WEIRICK, F. **Uso de plantas de cobertura de solo: Efeito na emergência de plantas daninhas e produção da soja**. 2021. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Instituto Federal de Santa Catarina, São Miguel do Oeste, 2021. Acesso em: 10/12/2021. Disponível em: <<https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/2374>>.
95. WOLSCHICK, N.H. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.15, n.2, p.134-143, 2016. Acesso em: 06/06/2021. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/306125700\\_Cobertura\\_do\\_solo\\_producao\\_d\\_e\\_biomassa\\_e\\_acumulo\\_de\\_nutrientes\\_por plantas\\_de\\_cobertura](https://www.researchgate.net/publication/306125700_Cobertura_do_solo_producao_d_e_biomassa_e_acumulo_de_nutrientes_por plantas_de_cobertura)>.
96. ZIECH, Ana Regina Dahlem. **Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil**. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 5, n. 50, p. 374-382, maio 2015. Acesso em: 12/12/2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/TFfLPPK6y744c5BqRWW3Rcz/?lang=pt>>.