

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM SÃO LUIZ GONZAGA - RS
CURSO BACHARELADO EM AGRONOMIA**

DOUGLAS MENDONÇA LAUTHARTE

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO VERDE NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA
SOJA E PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso

SÃO LUIZ GONZAGA – RS

2022

DOUGLAS MENDONÇA LAUTHARTE

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO VERDE NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA
SOJA E PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual do Rio Grande do sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Profº. Drº. Rafael Narciso Meirelles.

Coorientador: Profº. Drº. Fábio Hauschild.

**SÃO LUIZ GONZAGA – RS
2022**

Catálogo de Publicação na Fonte

L389i Lautharte, Douglas Mendonça.
Influência da adubação verde na produtividade da cultura da soja e propriedades químicas do solo / Douglas Mendonça Lautharte. – São Luiz Gonzaga, 2022.
41 f.

Orientador: Rafael Narciso Meirelles.
Coorientador: Fábio Hauschild.

Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Agronomia - Bacharelado, Unidade em São Luiz Gonzaga, 2022.

1. Adubação Verde. 2. Material Vegetal. 3. Soja. I. Meirelles, Rafael Narciso. II. Hauschild, Fábio. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por Laís Nunes da Silva CRB10/2176.

DOUGLAS MENDONÇA LAUTHARTE

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO VERDE NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA
SOJA E PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO**

Trabalho de conclusão do curso apresentado como requisito parcial para obtenção de título de Engenheiro Agrônomo, na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Professor Dr. Rafael Narciso Meirelles.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Orientador Professor Dr. Rafael Narciso Meirelles
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Professor Dr. Mastrângello Enívar Lanzasova
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Professor Ms. Eugênio Farias Marques Portela
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

RESUMO

A partir da Revolução Verde, a soja se tornou a principal espécie agrícola cultivada no Brasil, no entanto, para buscar a sustentabilidade dos sistemas de produção, é necessário utilizar práticas que permitam a interação entre o ambiente e a atividade agrícola. Um desses meios é o Sistema Plantio Direto, com a adoção de plantas de cobertura utilizadas como adubos verdes, introduzindo diferentes culturas, em sucessão ou consorciadas, preservando e promovendo a qualidade do meio. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de plantas utilizadas como adubos verdes durante o inverno sobre a produtividade do cultivo da soja, assim como possíveis alterações residuais no solo, em uma área no município de São Luiz Gonzaga – RS. O trabalho foi realizado junto à área experimental da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, sendo desenvolvido entre os anos de 2019 e 2022, considerando as safras de inverno de 2020 e 2021 e de verão 2020/2021 e 2021/2022. O delineamento experimental utilizado foi o método quadrado latino, em parcelas de 5 m² (2 m x 2,5m), sendo constituído por seis tratamentos com quatro repetições, dentre eles: T1, Trigo; T2, Ervilhaca + Centeio; T3, Aveia Preta + Ervilhaca + Centeio; T4, Nabo + Aveia Preta; T5, Aveia Preta + Nabo + Ervilhaca; T6, Testemunha com solo em pousio. Foram realizadas análises químicas do solo, comparando os atributos do solo antes e após o plantio das culturas de inverno, avaliados os Pesos de Massa Verde e Massa Seca, além da produtividade e Peso de Mil Grãos da cultura da soja. Os dados foram registrados e tabulados e submetidos à teste Tukey à 5% de significância. Os resultados obtidos a partir do experimento indicaram que o incremento de material vegetal no sistema produtivo é imprescindível para o equilíbrio do ambiente agrícola. A utilização de plantas como adubos verdes no inverno proporcionou os melhores resultados na cultura da soja, com as áreas em pousio apresentando os menores valores para produtividade e PMG, podendo ser relacionado à matéria seca adicionada no ambiente no inverno. O uso de espécies diversificadas, e estabelecidas de forma homogênea é essencial para proporcionar melhores condições para a produtividade da cultura da soja, podendo inclusive, reduzir os impactos causados por adversidades climáticas, como a ocorrência de veranicos.

Palavras-chave: Adubação Verde. Material Vegetal. Soja.

ABSTRACT

Since the green revolution, soybean has become the main agricultural species cultivated in Brazil, however, to seek the sustainability of production systems, it is necessary to use practices that allow the interaction between the environment and agricultural activity. One of these means is the no-till system, with the adoption of cover plants used as green manures, introducing different cultures, in succession or intercropped, preserving and promoting the quality of the environment. Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of plants used as green manures during the winter on the productivity of soybean cultivation, as well as possible residual alterations in the soil, in an area in the municipality of São Luiz Gonzaga - RS. The work was carried out in the experimental area of the Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, being developed between the years 2019 and 2022, considering the winter crops of 2020 and 2021 and the summer 2020/2021 and 2021/2022. The experimental design used was the latin square method, in plots of 5 m² (2 m x 2.5 m), consisting of six treatments with four replications, among them: T1, wheat; T2, vetch + rye; T3, black oat + vetch + rye; T4, turnip + black oats; T5, black oat + turnip + vetch; T6, witness with fallow soil. Chemical analyzes of the soil were carried out, comparing the attributes of the soil before and after the planting of the winter crops, evaluated the weights of green mass and dry mass, in addition to the productivity and thousand grain weight of the soybean crop. Data were recorded and tabulated and submitted to the tukey test at 5% significance. The results obtained from the experiment indicated that the increase of plant material in the production system is essential for the balance of the agricultural environment. The use of plants as green manures in the winter provided the best results in the soybean crop, with the fallow areas presenting the lowest values for productivity and gmp, which may be related to the dry matter added to the environment in the winter. The use of diversified and homogeneously established species is essential to provide better conditions for soybean crop productivity, and may even reduce the impacts caused by climatic adversities, such as the occurrence of dry spells.

Keywords: Green Fertilization. Vegetable Material. Soy.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1	SOJA.....	12
2.2	FATORES LIMITANTES DE PRODUÇÃO.....	13
2.3	ADUBAÇÃO VERDE.....	15
2.4	CULTIVARES PARA ADUBAÇÃO VERDE.....	17
	2.4.1 Aveia Preta.....	19
	2.4.2 Centeio.....	19
	2.4.3 Ervilhaca.....	19
	2.4.4 Nabo Forrageiro.....	20
	2.4.5 Trigo.....	20
2.5	CONSÓRCIO DE PLANTAS.....	21
3	METODOLOGIA.....	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
5	CONCLUSÃO.....	32
	REFERÊNCIAS.....	33
	ANEXO 1	41

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max*) é de origem chinesa, começando a ser vista como produto comercial no Brasil a partir da década de 60, com a Revolução Verde, quando surgiu como alternativa de cultura de verão, sendo semeada após a safra de trigo.

A soja é uma leguminosa, pertencente à família Fabaceae. O produto oriundo do seu cultivo, o grão, é muito importante para a economia do país, sendo utilizado para a fabricação de óleos e rações animais, além de uma boa parcela ser exportada para outros países.

No Brasil, os estados com maior produção são Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul. Com o avanço da tecnologia e as necessidades do campo, foram desenvolvidas diferentes cultivares, tendo em vista o aumento da produtividade e maior resistência a pragas e doenças, porém ainda existem fatores que dificultam a produção da cultura.

Um destes fatores é o solo, pois para essa planta se desenvolver saudável, necessita de um ambiente bem estruturado e com uma boa fertilidade, o que acaba tornando o processo produtivo dispendioso. Uma forma de reduzir os custos dos produtores sobre a nutrição do solo é realizar o Sistema Plantio Direto, com rotação de culturas e inserção de plantas que funcionam como adubos verdes, além de evitar deixar o solo descoberto por muito tempo, diminuindo a lixiviação de nutrientes essenciais.

A adubação verde consiste em uma prática agrícola que visa manter o solo coberto com diferentes culturas, em sucessão ou consorciadas, que tragam benefícios na parte física, química e biológica, preservando e promovendo a qualidade do ambiente. Essas culturas podem ser incorporadas ao solo ou deixadas sobre a superfície do mesmo, sendo ideal para o Sistema Plantio Direto. O uso de plantas como adubos verdes, permite ao solo uma melhor fertilidade natural, reduzindo a necessidade do uso de adubos sintéticos, devido à ciclagem de nutrientes, além de conferir uma maior atividade e diversidade biológica, mantendo o equilíbrio do sistema, podendo ocorrer, também, a recuperação de áreas degradadas. Com a permanência de biomassa diversificada no sistema de produção, ocorre a quebra de ciclos de patógenos potenciais para as culturas, além

de conferir ao solo uma variada gama de nutrientes essenciais, dispondo maiores possibilidades aos produtores, com um custo reduzido no uso de insumos.

OBJETIVOS GERAIS

O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de plantas utilizadas como adubos verdes durante o inverno sobre a produtividade do cultivo da soja, assim como possíveis alterações residuais no solo, no município de São Luiz Gonzaga – RS.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O desenvolvimento de atividades de exploração agrícola de um local é altamente dependente da interação entre os processos agropecuários e o ambiente (CUNHA, 2006). O agroecossistema deve ser entendido como o ecossistema de maior importância para a espécie humana, por fornecer alimento, matéria-prima e elementos essenciais para a sobrevivência do homem, ocupando aproximadamente 30% da superfície terrestre continental (ELLIOT, 1989). Segundo D'AGOSTINI(1999); CONWAY(1987) e HOLANDA(2003), o agroecossistema contempla uma complexa rede de ações para desenvolver atividades agrícolas a partir do ambiente. No entanto é necessário buscar formas mais sustentáveis para tal exploração, a fim de garantir a produtividade futura e a sustentabilidade dos sistemas de produção.

Com o grande avanço tecnológico obtido a partir da Revolução Industrial no século XVIII, houve o aperfeiçoamento de práticas para auxiliar a produção de alimentos. No século XIX, com o legado na área da química realizado por Justus Von Liebig, constatou-se que as produtividades das culturas respondiam proporcionalmente à quantidade de insumos químicos presentes no sistema produtivo, impulsionando o desenvolvimento da indústria de fertilizantes sintéticos isolados, substituindo o uso de adubos naturais na Europa (MAZOYER, 2010). Mais além, algumas lavouras norte-americanas e europeias passaram a sofrer danos por pragas e doenças, o que estimulou a pesquisa em substâncias que eliminassem ou reduzissem os danos causados (STETTER, 1993). No final do século XIX e início do século XX, a produtividade das lavouras passou por uma fase de tendência ao declínio, sendo superado através da pesquisa e desenvolvimento de cultivares adaptadas a partir do melhoramento genético, superando tais barreiras (GOODMAN, 2008).

Na perspectiva de se produzir uma maior quantidade de alimentos após a Segunda Guerra Mundial, para atender toda a demanda e suprir a fome que se alastrava em algumas regiões em meados da década de 1940, surgiram os pacotes tecnológicos que originaram a denominada Revolução Verde (LAZZARI, 2017). Essa revolução culminou com a abertura de importantes canais de produção e comercialização, expandindo a participação de empresas especializadas em

fornecer insumos para a agricultura (BEAUD, 1994; BRUM, 1988). Desta forma, houve a preconização de uma cadeia agrícola complexa, envolvendo o agricultor, mercado financeiro e as indústrias metalúrgica, química e de pesquisa (ALVES, 2016).

Com a perspectiva de industrializar a agricultura, incrementando produtividades, unificou-se diversos avanços tecnológicos já obtidos ao longo do tempo, resultando nos pacotes tecnológicos introduzidos aos sistemas agrícolas brasileiros a partir da década de 1970, que posteriormente introduziria novos produtos na agricultura, que posteriormente transformaria e expandiria todo o sistema moderno de produção (ALVES, 2016). Como resultado disso, a produtividade média dos grãos dobrou em 30 anos, o que significou um aumento de aproximadamente 7% no total de alimentos *per capita* produzidos nos países em desenvolvimento (PRETTY, 1995).

A partir da década de 1990, a disseminação dessas tecnologias em todo o território nacional permitiu que o Brasil vivesse um grande desenvolvimento agrícola, com aumento da produção e disseminação de novas culturas (OCTAVIANO, 2010). Na região Sul do país, a implementação da tecnologia da revolução verde foi facilitada devido possibilitar ao produtor de trigo do Rio Grande do Sul grande flexibilização tecnológica ao que se obtinha à época, visto que era possível adaptar as mesmas máquinas para cultivar uma ampla variedade de culturas, podendo introduzir a produção de milho, aveia, cevada e soja. Dessa forma, o investimento feito por produtores podia ser direcionado facilmente para a produção da soja. Além disso, outro elemento que influenciou para a consolidação dessa espécie no país e no estado gaúcho foi a maior lucratividade em relação às outras culturas, devido a formação do mercado internacional da soja (ALVES, 2016).

Com a produção de monoculturas em larga escala, com plantas híbridas e produção baseada na utilização de agrotóxicos, adubos químicos e na intensa mecanização e alteração genética dos alimentos, os efeitos danosos das práticas intensivas da Revolução Verde passaram a ser identificados e divulgados através da mídia e de publicações científicas. A indústria química começou a sofrer críticas, em função da utilização desenfreada de agrotóxicos e dos consequentes problemas causados pelo uso intensivo desses produtos, tais como intoxicações humana e animal, resistência de pragas, contaminação da água e do solo e ainda erosão e,

consequente, assoreamento de rios e nascentes (SOARES, 2010). Esses problemas resultaram em uma rápida diminuição de produtos no mercado, sendo necessário maiores esforços por parte das empresas para o desenvolvimento de novos produtos, elevando o custo de produção dos alimentos (ALBERGONI, 2007).

A sustentabilidade das lavouras é cada vez mais procurada para melhorar a rentabilidade das culturas, reduzir os danos ambientais e proporcionar condições suficientes para a longevidade das atividades agrícolas. Em meio às críticas ao modelo de agricultura convencional na segunda metade do século XX, surgiu o modelo conhecido como plantio direto, o qual foi introduzido nos Estados Unidos da América na década de 1960. No Brasil, por sua vez, o Sistema Plantio Direto (SPD) apareceu somente na década de 1970, na região Sul do país, havendo rápida expansão (GOULART, 2009).

O SPD é uma forma de manejo conservacionista (RODRIGUES, 2021) que envolve técnicas recomendadas para aumentar a produtividade, conservando ou melhorando sucessivamente o ambiente, tanto química, física e biologicamente. Este sistema apresenta como premissas básicas o mínimo revolvimento do solo, manutenção permanente da palhada de cultivos anteriores e rotação de culturas (GOULART, 2009).

A rotação de culturas é uma das práticas mais importantes no SPD e consiste na implantação alternada e planejada de culturas no verão ou inverno, podendo ser realizada dentro de uma mesma gleba de terra, permitindo diferentes meios de exploração agrícola sobre mesma área por maior período de tempo (ALTIERI, 2002). Ela consiste na inclusão de espécies com sistemas radiculares diversificados e diferentes aportes de matéria seca, podendo alterar os atributos do solo no decorrer dos anos, sendo dependente da intensidade da rotação, do período de cultivo, do número de espécies por ano e de quais culturas utilizadas (STONE, 2001).

A manutenção da palhada no sistema representa um ponto fundamental, desempenhando funções conservacionistas, atuando no sequestro de carbono atmosférico (VALLE, 2015), diversificação de culturas e ainda como barreira de proteção ao solo. Desta forma, o impacto das gotas de chuva é dissipado, protegendo o solo contra a desagregação de partículas e consequente erosão, dificultando o escoamento superficial (JUNIOR, 2012). Quando aliada à rotação de espécies com diferentes sistemas radiculares, ocorre o aumento da capacidade de

infiltração da água no solo, devido a condição estrutural do mesmo. Como consequência, há uma significativa redução nas perdas de material mineral, água e nutrientes pela erosão, reduzindo perdas de solo e custos no manejo agrícola. Outro resultado da presença de palhada no sistema produtivo é a barreira física na superfície do solo contra a ação direta dos raios solares, reduzindo a evaporação e a amplitude térmica, mantendo assim maior quantidade de água no sistema, manutenção da atividade biológica e redução da emergência de plantas daninhas, permitindo o eficiente uso da água (FREITAS, 2005).

2.1 SOJA

A cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) é originária do continente asiático, região da atual China. Há mais de 20 anos essa oleaginosa é bem-vista no cenário mundial, e devido a sua elevada importância econômica expandiu-se por todo o território, sendo hoje uma das principais commodities (CAMPELO, 1998).

Essa leguminosa apresenta caule híspido, pouco ramificado e raiz com eixo principal com ramificações, com folhas trifolioladas. Apresenta uma estatura média entre 60 e 110 cm de altura (NEPOMUCENO, 2019) A produtividade da cultura varia devido suas características morfofisiológicas, tais como número de ramos por planta, comprimento de ramos e números de nós férteis e sementes por vagem, podendo ser avaliada pelo número de locais para surgimento de gemas reprodutivas. Por outro lado, o número e comprimento de ramos podem representar demanda adicional que desvia os fotoassimilados que, de outra forma, seriam aproveitados na fixação e na produção de estruturas reprodutivas (NAVARRO JÚNIOR, 2002).

Essa cultura tem grande valor na indústria humana e animal, sendo responsável por uma gama de produtos, dos quais podemos citar farelos, óleos, farinhas, extrato e até mesmo o biodiesel. O farelo de soja está presente, principalmente, na formulação de rações e é a principal fonte de proteína na nutrição animal. Além disso, o grão é de grande importância na alimentação humana seja como óleo ou farinha, uma vez que apresenta características funcionais, ou seja, trazendo benefícios à saúde (PAIVA, 2006).

De acordo com a Food and Agriculture Organization – FAO (2017) o continente americano é responsável por aproximadamente 88% da produção mundial de soja.

A produção se mantém crescente ano após ano, tanto na produtividade quanto na área cultivada. Em nível mundial, segundo a EMBRAPA (2022) na safra 2020/2021 essa cultura ocupou uma área total de 127.842 milhões de ha, gerando uma produção de 362.947 milhões de t do grão. O Brasil é o maior produtor e exportador de soja, sendo responsável por mais de um terço da produção mundial (USDA, 2022). Após a quase totalidade da colheita das áreas cultivadas no Brasil com essa oleaginosa, a CONAB no levantamento de maio de 2022, estimou que a produção total do país ficou em torno de 123.83 milhões de t, com redução de cerca de 10% à estimativa inicial, enquanto a área plantada teve aumento de 4,4% em relação à safra anterior, chegando a 40.922 milhões de ha, valores pouco abaixo do estimado pelo departamento americano, com produção de 124.8 milhões de t para uma área de 40.7 milhões de ha (USDA, 2022).

Na região Sul do país, embora as adversidades climáticas, as projeções americanas indicaram produção maior da safra 2021/2022 frente a safra 2020/2021, mantendo a região como a segunda maior produtora de soja do país (USDA, 2022). No estado do Rio Grande do Sul, embora as chuvas tenham retornado ao estado durante o estabelecimento da cultura, houve forte redução na produtividade e qualidade de grãos devido aos problemas causados pela seca prolongada. Na última safra, houve um incremento de 5% na área total cultivada com soja em relação à safra 2020/2021, ocupando 6.358 milhões de ha. Embora esse aumento, a produção do estado reduziu drasticamente em relação às safras anteriores, sendo estimada em 9.727,7 milhões de t, com decréscimo à safra anterior (CONAB, 2022).

Segundo levantamento do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2019), a previsão para os próximos 10 anos é de que ocorra um aumento de 9.5 mi de hectares cultivadas com essa cultura no país. Para que esse cenário se concretize, é necessário um alto nível de conhecimento tecnológico, superando barreiras de produtividade.

2.2 FATORES LIMITANTES DE PRODUÇÃO

A produtividade de culturas agrícolas apresenta uma natureza multidisciplinar, a qual a interação de fatores é mais importante do que estes isolados. As plantas

dependem de condições favoráveis ao seu crescimento e desenvolvimento, para que assim possam apresentar elevadas produções (SAKO, 2016).

Com o avanço da tecnologia no decorrer dos últimos anos e a real necessidade de se aumentar a produtividade da agricultura, investiu-se no melhoramento genético de plantas. Isso permitiu adaptar diversas culturas para serem cultivadas nas mais variadas regiões, cada uma com suas particularidades (FARIAS, 2011). Contudo, existem outros fatores capazes de afetar o desenvolvimento das culturas agrícolas.

Os fatores de ordem ambiental que afetam o rendimento, considerados como bióticos consistem no conjunto de seres vivos presentes no meio, como fungos, bactérias e insetos, podendo atuar sobre a cultura, tanto de forma benéfica como maléfica. Por outro lado, os fatores ambientais não atribuíveis à atividade biológica podem ser incluídos como de ordem abiótica, como a disponibilidade de nutrientes, as características físicas e químicas do solo e o clima (FARIAS, 2011). Os dois últimos são os fatores que explicam as diferenças dos impactos de deficiência hídrica, principalmente, em função da capacidade de armazenamento de água disponível no solo e do regime pluviométrico (CUNHA, 1998).

Estresses abióticos como a seca, o excesso de chuvas, temperaturas muito altas ou baixas e menor luminosidade podem reduzir drasticamente a produtividade em lavouras. A temperatura determina a taxa de desenvolvimento da cultura, afetando a duração do período de crescimento necessário à planta e, conforme mais elevada, maior a taxa de evapotranspiração. A radiação solar é o fator inicial da fotossíntese, formando compostos que serão utilizados para o crescimento e desenvolvimento da cultura (FARIAS, 2011).

A estrutura do solo influencia o crescimento das plantas de várias formas, sendo os efeitos sobre o alongamento radicular os mais claros e determinantes sobre a habilidade das raízes em extrair água e nutrientes do solo em quantidades adequadas (PASSIOURA, 1991). A compactação do solo reduz a infiltração de água e aumenta o risco de erosão e déficit hídrico e nutricional nas plantas, fazendo com que as raízes se desenvolvam superficialmente (MORAES, 1995).

A adoção do SPD, aliado a rotação de culturas com a presença de espécies de leguminosas, foi um dos sistemas de manejo que contribuiu para o aumento do rendimento das culturas, devido ao aumento dos estoques de C e N no solo e na

biomassa microbiana, resultando em maiores produtividades (GIACOMINI, 2006). Esse sistema de produção, seguindo seus preceitos básicos, com a introdução de práticas de cobertura de solo no inverno, associado à rotação de culturas, tem demonstrado sua eficácia na solução de problemas da produção agrícola em agroecossistemas (ALVIM, 2004).

Outro ponto que compromete o sistema produtivo é a permanência de áreas em pousio no inverno. Essa prática ainda é muito recorrente no cenário agrícola estadual, o que acaba resultando em uma série de problemas, gastos e perdas de produtividade na safra de verão (KLENKI, 2019). O principal problema presente em áreas ociosas no inverno é o desenvolvimento de plantas espontâneas, do banco de sementes presente no solo. Muitas dessas plantas são espécies com grande produção e dispersão de sementes, o que eleva a população delas e, conseqüentemente, causa o aumento dos custos para o seu controle (GOMES, 2008). A ausência de espécies para cobertura vegetal também interfere na atividade microbiana do sistema, afetando negativamente o equilíbrio ambiental e a ciclagem natural de nutrientes (SILVA, 2016). Segundo ANDRADE (2008), a cobertura do solo com resíduos de plantas cultivadas atua ainda na manutenção da água, retendo a umidade por mais tempo, devido à redução dos índices de evaporação.

A diversificação de espécies e a rotação de culturas são práticas que no médio e longo prazo, quando bem planejadas, podem trazer muitos benefícios ao sistema produtivo, tornando possível o Sistema Plantio Direto (KLENKI, 2019).

Uma forma de beneficiar o agroecossistema, introduzindo nutrientes e mantendo um sistema equilibrado para a produção é a inserção de adubos verdes. Esse manejo permite atenuar os efeitos negativos de fatores limitantes aos cultivos, conciliando a preservação, recuperação, qualidade ambiental e produção.

2.3 ADUBAÇÃO VERDE

A adubação verde é uma técnica agrícola milenar que visa promover a reciclagem de nutrientes do solo por meio do plantio de determinadas espécies de plantas, a fim de tornar o solo mais fértil. Esta técnica visa recuperar solos degradados, melhorar solos pobres e conservar os que já são altamente produtivos (IBF, 2019). Segundo CALEGARI (1993), a adubação verde se destaca entre as técnicas sustentáveis que procuram o aproveitamento e os benefícios da matéria

orgânica. Para CURI (1993), aos adubos verdes pode ser designado o termo “condicionadores de solo”, atuando sobre os fatores físicos, químicos e biológicos.

A sucessão de diferentes cultivos contribui para a manutenção do equilíbrio dos nutrientes no solo e para o aumento da sua fertilidade, além de permitir melhor utilização dos insumos agrícolas (ARF, 1999). Para FARIA (2004), essa prática permite a utilização de plantas com elevada produção de biomassa, ricas em nutrientes, para melhorá-lo, física, química e biologicamente, visando a conservação ou o aumento da fertilidade. A adição regular de resíduos de adubos verdes ao sistema agrícola em ambientes tropicais contribui com a conservação do solo e da água, promovendo, principalmente, a melhoria da estrutura que favorece a aeração e a infiltração de água, permitindo uma maior penetração das raízes no mesmo (LAL, 1986). Além disso, propicia melhor aproveitamento de adubos químicos e redução nos custos com adubação mineral, uma vez que promove aumento da atividade biológica do solo (HERNANI, 1995).

É necessário criar um sistema que permita a permanência de restos culturais no solo até o estabelecimento da próxima cultura, em quantidade e qualidade suficientes (AMBROSANO, 2005). Utilizando-se a adubação verde, o material orgânico produzido, geralmente com elevados teores de macro e micronutrientes, proporciona o aumento da capacidade de troca catiônica, da infiltração e da retenção de água, tornando-se mais favoráveis as condições para o desenvolvimento microbiano no solo. Além desses efeitos, algumas plantas utilizadas como adubo verde são alelopáticas a algumas espécies de nematoides e plantas daninhas (MIYASAKA, 1984).

No Brasil, a adubação verde é conhecida há décadas, com excelentes resultados e nas mais diversas condições de produção (WUTKE, 1993). Segundo ROSSI (2011), o conhecimento a respeito desse método no país perdura por 100 anos, quando se observou o pensamento sobre esse tema e seus benefícios, tanto para o solo quanto para as posteriores plantas de interesse econômico.

Com o início da Revolução Verde no Brasil, a partir da década de 1960, os preceitos para a utilização da adubação verde foram substituídos por insumos artificiais. Com isso, muitos produtores alteraram sua forma de cultivar a terra, preconizando as monoculturas. A partir disso, começou-se a extrair o máximo do ambiente e aplicar fertilizantes artificiais, em nível menor para o quanto se extrai.

No final do século XX voltou a estar em evidência o uso de plantas como adubação verde. Esse tema retornou à mídia no país devido a resultados obtidos por pesquisadores e divulgados por meio da publicação *Adubação Verde no Brasil*, editada em 1984 pela Fundação Cargill (COSTA, 1992). Isso fez com que muitos produtores do Estado do Paraná e, principalmente, do Cerrado investissem novamente na Adubação Verde, visando o controle de pragas agrícolas, acúmulo de matéria orgânica no solo, controle de erosão e recuperação de áreas até então degradadas. No século XXI, com o uso intenso de técnicas extrativistas, a qual se busca somente a produção e o retorno econômico momentâneo, a sustentabilidade foi ficando em segundo plano, reduzindo a diversidade dos sistemas de produção. Dessa forma, o agroecossistema fica refém do uso de insumos químicos industrializados, em um sistema agrícola que não produz sem estes.

Com a implementação dessas plantas de cobertura, o ambiente mantém melhores condições aos cultivos seguintes. Dessa forma, a adubação verde constitui um conjunto de ações integradas que trazem grandes benefícios aos solos e sistemas agrícolas. IGUE (1984) destaca que com o uso de adubos verdes há aumento do teor de matéria orgânica, da capacidade de troca de cátions e da disponibilidade de macro e micronutrientes; formação e estabilização de agregados; diminuição da amplitude de variação térmica; aumento da infiltração de água e aeração; controle dos nematoides, incorporação de N ao solo e promoção de grande densidade de raízes de tamanhos variados (CAMPOS, 1999).

Para ABREU (2004), o sistema radicular abundante e vigoroso das plantas de cobertura do solo cria poros biológicos com grande funcionalidade, pois melhora a aeração do solo e a infiltração de água, sendo, em muitos casos, mais eficaz que a escarificação mecânica. Segundo ARF, (1999), a decomposição dos adubos verdes causa reduções nas populações dos patógenos das plantas, principalmente fúngicos, auxiliando no controle de doenças. Algumas plantas também exercem efeito alelopático sobre a germinação de sementes de plantas daninhas, devido a compostos oriundos da decomposição da biomassa ou por exsudatos radiculares (ALVARENGA, 2001).

2.4. CULTURAS PARA ADUBAÇÃO VERDE

No Brasil existe uma vasta gama de plantas com esses potenciais, e devido ao melhoramento genético, uma grande adaptabilidade à todas as regiões do país. Segundo WUTKE (2007), devem ser considerados alguns fatores para a tomada de decisão quanto ao uso de determinada espécie de planta para adubação verde. O clima da região e a adaptação das plantas a ele, o histórico da área, o tipo e a qualidade do solo, menor custo financeiro, disponibilidade de recursos para o cultivo, facilidade no manejo, e principalmente o sistema de produção adotado. AMABILE, (1999) destaca também o rendimento de biomassa, ciclo oposto ao da cultura comercial, eficiência na ciclagem de nutrientes e controle de invasoras e má hospedeira de patógenos comuns à cultura de interesse. Tudo isso auxilia no melhor aproveitamento da cobertura utilizada para o propósito desejado, seja ele químico, físico ou fitossanitário.

Dentre as espécies que mais são utilizadas com esse propósito, podemos citar as pertencentes às famílias Fabaceae(leguminosas), Poaceae(gramíneas) e Brássicas (TIECHER, 2016). Cada um desses grupos possui suas particularidades, trazendo diferentes benefícios ao sistema produtivo.

A família das leguminosas se destaca por formar associações simbióticas com bactérias fixadoras de N₂, resultando aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta (PERIN, 2003). Outro fato a ser observado nas leguminosas é a baixa relação C/N, a qual, aliada à grande presença de compostos solúveis, favorece sua decomposição e mineralização por microrganismos do solo e a reciclagem de nutrientes (ZOTARELLI, 2000).

As gramíneas, por sua vez, constituem uma das principais famílias utilizadas para cobertura vegetal. Possuem crescimento vegetativo vigoroso, tanto da parte aérea quanto do sistema radicular, facilitando o crescimento de raízes da cultura subsequente (WANG, 1986). Os resíduos apresentam relação C/N alta, ou seja, levam mais tempo para se decompor, propiciam melhor cobertura e proteção ao solo (BORTOLINI, 2000). Além disso, reduzem perdas do Nitrogênio mediante a imobilização temporária deste nutriente em sua biomassa, que será liberada gradativamente durante a decomposição (ANDREOLA, 2000).

A família das Brássicas, anteriormente denominada Crucíferas (TIECHER, 2016) são utilizadas comumente na alimentação humana e animal, incluindo diversas espécies de interesse científico, econômico e ambiental (ANJUN, *et. al.*

2012). De maneira geral, apresentam resistência à oscilações de temperatura, podendo ser utilizadas em regiões com as características do Sul do país. As Brassicaceae são reconhecidas pela presença de flores com quatro pétalas, formando uma cruz ou às vezes reduzidas ou ausentes. Além disso, possuem rápido desenvolvimento inicial e apresentam estruturas rígidas e resistentes, se estabelecendo em diferentes tipos de ambiente (ANJUN, *et. al.* 2012); (REIS, 2021).

2.4.1 Aveia Preta

A aveia preta é uma gramínea proveniente de clima temperado e subtropical, sendo recomendada como adubo verde de inverno, com plantio de março a junho, pois apresenta limitações em temperaturas muito elevadas. É uma espécie rústica, tolera estresse hídrico, pouco exigente em fertilidade de solo, que tem se adaptado bem nos estados do Paraná, de Santa Catarina, do Rio Grande do Sul, de São Paulo e do Mato Grosso do Sul (DERPSCH, 1992).

Na região Sul do Brasil, é a principal forrageira de inverno utilizada para proteção do solo e para pastejo de animais, pela alta produção de matéria seca, qualidade nutritiva, resistência ao pisoteio e pelo baixo custo de produção (FLOSS, 1999). É uma planta com sistema radicular fasciculado, com plantas chegando até 1 metro de altura (SHANDS, 1988). A aveia também é importante no sistema de rotação de culturas, pois melhora a sanidade das culturas subsequentes. Por apresentar efeito alelopático, diminui a infestação de plantas daninhas (PRIMAVESI, 2000). A produtividade da espécie é de cerca de 30 t de massa verde por ha, sendo cerca de 6 t/ha de matéria seca (SCHUCH, 2000).

2.4.2 Centeio

O centeio é uma espécie originária da Ásia, podendo ser cultivado sob diversas condições ambientais (BAIER, 1988). É uma gramínea anual de inverno, podendo chegar de 1,2 a 1,8 metros de altura (DERPSCH, 1992). Essa cultura se desenvolve bem em diferentes tipos de solo e de clima (BAIER, 1994), podendo ser distinguido dos demais cereais de inverno, durante o período vegetativo, por possuir aurículas pequenas e lígulas glabras (MUNDSTOCK, 1983). Destaca-se pelo crescimento inicial vigoroso, apresentando resistência ao frio, solos ácidos e doenças, possuindo sistema radicular profundo e agressivo, capaz de absorver

nutrientes indisponíveis para outras espécies (SANTOS, 2003). Pode produzir em torno de 25 t/ha de biomassa verde e até 4,0 t/ha de matéria seca (BAIER, 1988).

2.4.3 Ervilhaca

A ervilhaca é uma planta anual de inverno pertencente à família Fabaceae. É adaptada ao clima temperado e subtropical, possui hábito de crescimento trepador, é pouco resistente ao calor excessivo e a secas prolongadas, embora tenha se adaptado a invernos rigorosos e secos (CALEGARI, 1992). Segundo Santos (2003), essa leguminosa depende, para o seu desenvolvimento, de boa fertilidade do solo e uma alta umidade. Pode atingir de 50 a 80 cm de altura, florescendo entre 120 e 150 dias após a semeadura. A cultura apresenta potencial produtivo de massa verde entre 20 e 28 t/ha, com produção de matéria seca entre 2 e 3 t/ha (ALCÂNTARA, 1992).

2.4.4 Nabo forrageiro

O nabo forrageiro pertence à família Brassicaceae, é uma planta anual, herbácea, ereta, muito ramificada e que pode atingir de 100 a 180 cm de altura (DERPSCH, 1992). Essa espécie apresenta ciclo curto, possuindo elevada rusticidade e habilidade de extrair nitrogênio das camadas mais profundas do solo (HEINZMANN, 1985). Essa espécie possui, devido seu sistema radicular agressivo, função importante no aumento da porosidade do solo (SILVA, 2007). Caracteriza-se pelo crescimento inicial extremamente rápido, e 60 dias após a emergência promove a cobertura de 70% do solo (CALEGARI, 1990). Apresenta produtividade média de 3.000 kg/ha de massa seca da parte aérea, e, mesmo em áreas sem adubação, esse valor pode oscilar entre 2.000 e 6.000 kg/ha de massa seca no estágio de floração (DERPSCH, 1992).

2.4.5 Trigo

O trigo é uma gramínea originária de uma zona geográfica que compreende desde a porção africana ao norte do rio Nilo até a região do atual Iraque. É uma planta anual, composta de colmos eretos, produto de uma perfilhação sucessiva,

que pode atingir até 1,5 m de altura. O homem cultivava o trigo há, aproximadamente, 6.000 anos, utilizando-o para produzir farinha, triturando os grãos entre pedras rústicas. A história do trigo no Brasil teve início em 1534, quando portugueses trouxeram as primeiras sementes de trigo para serem lançadas no território. Em 1737, alguns colonos dos Açores chegaram ao Rio Grande do Sul e se dedicaram à triticultura, tornando o estado pioneiro na produção da cultura, permitindo ao país ser o primeiro exportador do cereal. A cultura é adaptada a climas frios, sendo, portanto, cultivada principalmente na região sul do país (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2019). A semeadura antecipada de trigo pode evitar perdas de solo e de nutrientes e, contribuir para viabilização do sistema plantio direto, ao proporcionar cobertura vegetal permanente após as culturas de verão (DEL DUCA, 1997).

2.5 CONSÓRCIO DE PLANTAS

Devido as diferentes coberturas de solo e suas características específicas se torna possível o uso de diferentes espécies simultâneas. A consorciação de plantas de cobertura onde se utiliza o Sistema Plantio Direto propicia maior estabilidade à palhada remanescente como cobertura do solo, ou seja, mantém uma resteva uniforme e com reservas de nutrientes, além de evitar danos decorrentes do solo descoberto. As associações entre plantas, realizando o consórcio, ocorrem principalmente entre gramíneas e leguminosas, podendo também ser compostas por outras famílias. As espécies a serem utilizadas dependem do clima da região em que são instaladas, com esse fator sendo considerado para a tomada de decisão das espécies, observando a porcentagem e densidade de semeadura de cada cultura (WUTKE, 2014).

A ideia de consorciação de espécies leguminosas e gramíneas, por exemplo, surgiu para se obter uma cobertura do solo mais próxima da ideal, trazendo benefícios à produtividade de grãos. Os sistemas consorciados podem acarretar eficiente cobertura vegetal no solo (DERPSH, 1984) e maior reciclagem de nutrientes, principalmente de Nitrogênio, no caso das leguminosas (HEINZMANN, 1985).

Para a utilização de consórcio de adubos verdes é necessário um bom planejamento para um sistema de rotação de culturas. Na escolha das mesmas, o cuidado principal deve ser em escolher espécies que apresentem ciclo fenológico

semelhantes, para não prejudicar o manejo, além de evitar a competição por água, luz e nutrientes. Outro fato a ser observado é o momento do plantio, dispondo uma boa condição para adaptação das culturas. Isso tudo acaba proporcionando maior estabilidade e capacidade produtiva, redução nos riscos de infestação de pragas, mantendo o sistema diversificado e equilibrado (WUTKE, 2014)

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, no município de São Luiz Gonzaga (Latitude 28° 24' 30" S; Longitude 54° 57' 39" W; Altitude 231 m.). Os experimentos foram conduzidos junto à área experimental da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, na parte superior de uma lavoura levemente ondulada e com declividade máxima em torno de 1,5%. O solo predominante é caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2013), com o clima da região, conforme a classificação de Koppen, subtropical úmido (cfa). Nos últimos cinco anos a área foi utilizada para a agricultura, tendo como principal cultivo de verão a soja, exceto na safra 2019/2020, pois esteve plantada a cultura do milho. No inverno, o local esteve ocupado com cultivo de mix de cobertura durante os anos 2017 e 2018, e no ano seguinte foi utilizada para o plantio de canola.

O trabalho foi realizado entre os anos de 2019 e 2022, considerando as safras de inverno de 2020 e 2021 e de verão 2020/2021 e 2021/2022. O experimento foi conduzido com delineamento experimental do método quadrado latino, em uma área de 20 m x 11 m, sendo constituído por seis tratamentos com quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Cada parcela tinha 5 m² (2 m x 2,5m), espaçadas 0,50 m entre si, e ainda havendo 1 metro de bordadura no talhão.

Foram utilizadas cinco culturas com potencial para serem utilizadas nas lavouras da região: as gramíneas Aveia Preta (*Avena strigosa*), Centeio (*Secale cereale*) e Trigo (*Triticum aestivum*), a leguminosa Ervilhaca (*Vicia sativa*) e ainda o Nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*) que pertence à família das brássicas. As parcelas foram compostas por plantas de uma única espécie ou por consórcios de plantas de diferentes famílias. Os tratamentos foram:

- T1. Trigo;
- T2. Ervilhaca + Centeio;
- T3. Aveia Preta + Ervilhaca + Centeio;
- T4. Nabo + Aveia Preta;
- T5. Aveia Preta + Nabo + Ervilhaca;
- T6. Testemunha com solo em pousio.

O início do projeto foi em dezembro de 2019, com o plantio da cultura do milho (Brevant 2401PWU) em toda a área do projeto, simulando plantio direto, com população de 60.000 plantas/ha, e monitoramento constante para a presença de pragas. A escolha dessa espécie como ponto de partida para o projeto, foi baseada nos preceitos do sistema plantio direto. O milho é uma espécie importante para a sustentação desse sistema, visto que possui alta capacidade de produção de matéria seca, contribuindo para a manutenção da palhada por maior período (CRUZ, 2022). Além disso, devido ao projeto ser desenvolvido em duas safras consecutivas com o plantio de soja no verão, esta gramínea tornou-se alternativa para a rotação de culturas durante o período experimental. Ademais, houve a homogeneização da área avaliada, a qual partiu com mesmo histórico para o plantio da primeira safra de inverno, com o uso das plantas de cobertura.

Após a colheita da gramínea foi delimitada a área, demarcadas as parcelas e coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 20cm, e enviadas ao Laboratório de Análise de Solos (LAS) da Cooperativa Tritícola Regional São-luizense LTDA, onde realizou-se as análises químicas, baseadas na metodologia indicada para os laboratórios integrantes da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo (TEDESCO, 1995).

Posteriormente foi realizado o plantio das parcelas com as culturas utilizadas como culturas e adubos verdes (tabela 1).

Tabela 1: Composição vegetal, proporção de sementes e densidade de plantio dos tratamentos utilizados.

TRATAMENTO	CULTURA	PROPORÇÃO (%)	DENSIDADE (kg/ha)
1	Trigo ORS Ágile	100	150
2	Ervilhaca/Centeio	45 - 55	40
3	Aveia preta/Ervilhaca/Centeio	30 - 40 - 30	40
4	Nabo/Aveia preta	25 - 75	35
5	Aveia preta/Nabo/ Ervilhaca	50 - 15 - 35	40
6	Pousio	-	-

Após o desenvolvimento das culturas, quando estavam no início da fase reprodutiva, foi realizado o corte das plantas rente ao solo em um quadrado de 0,5m

x 0,5m, escolhido ao acaso nas parcelas, pesadas em balança de precisão (Peso de Massa Verde – PMV) e secadas em estufa com circulação de ar forçada à 65°C, por 48h. Após esse período, as amostras foram, novamente, pesadas e postas à estufa a cada 12h, até que o peso permanecesse constante, indicando a secagem completa das mesmas. Decorrida a secagem, foi realizada a pesagem final para aferição do Peso de Massa Seca (PMS). Nesse momento, também, foi realizada a dessecação da área com uso de herbicida. Após o início da decomposição, em torno de 40 dias após a dessecação, foram novamente coletadas amostras de solo (0 – 20 cm de profundidade) para a realização de análise química.

Foi realizado o plantio de soja da cultivar NEO 660 em todas as parcelas, simulando plantio direto, com semeadora mecânica de cinco linhas, com espaçamento de 45cm. Esse material apresenta ciclo 6,6 e hábito de crescimento indeterminado. A densidade de semeadura foi ajustada para 250.000 plantas/ha, sendo utilizada adubação de base com fertilizante formulado NPK 02:20:20, com o equivalente a 250 Kg por hectare. O manejo utilizado no experimento seguiu os princípios do Manejo Integrado de Pragas e Doenças (MIPD), com monitoramento quinzenal durante o desenvolvimento da leguminosa, observando populações de pragas e indícios de doenças nas parcelas da cultura. No decorrer do ciclo foi necessária uma aplicação com inseticidas Malathion 1000 EC e Acefato, e fungicida com os ingredientes ativos Mancozebe, Picoxistrobina e Tebuconazol, com plantas em estágio V9.

Após a maturação fisiológica da cultura, os grãos foram colhidos em área de 0,5m x 0,5m e separados de acordo com os respectivos tratamentos. Foi realizada a contagem, secagem, determinação de umidade e pesagem de mil grãos, descontando os teores de umidade, se obtendo o Peso de Mil Grãos (PMG).

Esse processo foi repetido na safra de inverno de 2021 e de verão 2021/2022. A amostragem de solo não foi realizada nesta segunda safra, servindo apenas para fins comparativos no decorrer da implantação das coberturas no ano inicial. Também não foram necessárias aplicações de inseticidas, devido não haver pressão de pragas, bem como de fungicidas.

Os dados foram registrados e tabulados, e os valores submetidos à teste estatístico ANOVA, com o auxílio do programa BioEstat 5.0, com os valores submetidos à teste Tukey à 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Não houve diferença significativa na produtividade de soja entre os tratamentos, na safra 2020/21 (tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por DEBIASSI(2010), em estudo realizado sobre um Argissolo no Rio Grande do Sul, considerando que o cultivo de diferentes plantas de cobertura de inverno antecedendo o cultivo da soja não interferiram significativamente na produtividade da cultura no verão, com exceção ao pousio, que apresentou produção menor.

Tabela 2. Produtividade da cultura da soja (média \pm desvio padrão) nas safras 2020/2021 e 2021/2022 (em gramas), na área Experimental da Uergs em São Luiz Gonzaga, RS.

Tratamentos	Safra 2020/2021	Safra 2021/2022
T1 Trigo	104.80 \pm 12.097 ^{NS}	31.75 \pm 7.561 BC*
T2 Erv. + Cent.	108.57 \pm 11.635	39.40 \pm 2.925 AB
T3 AP + Erv. + Cent.	111.54 \pm 12.490	43.91 \pm 5.788 A
T4 Nabo + AP	110.68 \pm 10.061	43.14 \pm 3.482 A
T5 AP + Nabo + Erv.	116.76 \pm 1.298	47.06 \pm 4.032 A
T6 Pousio	96.32 \pm 8.313	28.38 \pm 4.300 C

^{NS} Não significativo pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Na safra 2021/2022, assim como na primeira, os tratamentos com consórcio de três espécies no sistema durante o período de entre safra proporcionaram os maiores valores de produtividade na cultura de verão. O tratamento 5, com implantação das culturas aveia preta, ervilhaca e nabo apresentou maiores resultados, com média superior aos demais, contudo não diferindo estatisticamente dos tratamentos 3, 4 e 2. Este último, com introdução de ervilhaca e centeio, segundo o programa estatístico não divergiu das parcelas com o trigo, embora apresente maior produtividade. Quando o solo permaneceu em pousio no inverno, a produtividade foi reduzida significativamente, apresentando o menor valor para a produtividade da cultura da soja em sequência, apenas não diferindo do tratamento 1.

A produção de massa seca pelas culturas utilizadas no inverno nos diferentes tratamentos apresentou semelhanças nos dois anos avaliados (tabela 3). As parcelas com plantio de aveia preta, ervilhaca e centeio produziram as maiores taxas de material seco no momento da amostragem nos anos analisados.

Tabela 3: Produção de massa verde (PMV) e massa seca (PMS) da parte aérea nos tratamentos dos anos 2020 e 2021 (média em gramas \pm desvio padrão), na área Experimental da Uergs em São Luiz Gonzaga, RS.

Tratamentos	Inverno 2020		Inverno 2021	
	PMV	PMS	PMV	PMS
T1 Trigo	579.94 \pm 4.462	112.2 \pm 3.717	704.82 \pm 5.118	151.48 \pm 5.072
T2 Erv. + Cent.	571.09 \pm 5.466	155.44 \pm 4.971	593.47 \pm 5.353	178.1 \pm 4.506
T3 AP + Erv. + Cent.	1298.98 \pm 6.055	302.6 \pm 4.417	1402.76 \pm 5.404	328.59 \pm 6.874
T4 Nabo + AP	1165.38 \pm 4.670	262.41 \pm 5.307	1241.23 \pm 5.692	287.91 \pm 4.049
T5 AP + Nabo + Erv.	1012.05 \pm 5.328	243.77 \pm 5.050	1384.63 \pm 4.928	303.28 \pm 5.098
T6 Pousio*	538.94 \pm 4.777	98.43 \pm 3.500	662.27 \pm 6.528	135.74 \pm 5.428

*Ocorrência de azevém, corda-de-violão, flor roxa, nabo e trapoeraba.

Em ambas as safras avaliadas, as parcelas que permaneceram em pousio durante o inverno apresentaram os menores valores em peso de grãos coletados. WOLSCHICK (2018) em experimento realizado em um Cambissolo no estado de Santa Catarina, avaliando a produção de matéria seca da parte aérea de culturas de inverno, também obteve menores valores para as parcelas em pousio, diferindo das demais. Esse fato pode ser explicado devido a baixa uniformidade na cobertura do solo e crescimento reduzido das espécies presentes, como encontrado por DERPSCH (1991) e WOLSCHICK (2016) em seus trabalhos.

Embora a diversidade de espécies ocorrentes na área da testemunha tenha sido maior do que as parcelas apenas com trigo, a produtividade da área amostrada foi inferior. Esse fato pode ter relação com a pouca presença de cobertura vegetal durante o período, devido a baixa população de espécies espontâneas presentes na área. Dentre as espécies encontradas, o azevém (*Lolium multiflorum*) e a corda-de-violão (*Ipomoea* spp.) se destacaram em abundância, ainda tendo ocorrência de flor

roxa (*Echium plantainum*), nabo e trapoeraba (*Commelina benghalensis*) em menor quantidade. Esta relação pode ser observada analisando o material vegetal amostrado, o qual se observou menor peso de massa verde no T6. Isso pode estar associado a condição ambiental no solo, visto que a maior presença de matéria verde no inverno de forma homogênea, mantém a umidade por maior espaço de tempo no sistema, permitindo maior atividade biológica, estruturando o solo até a introdução da cultura de verão, influenciando no seu desenvolvimento.

Nem sempre o uso de estratégias de adubação verde interfere somente na produtividade, mas sim no equilíbrio do sistema produtivo (VALLIN, 2021). Isso pode ser verificado no primeiro ano, pois não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, enquanto que na segunda safra, alterações no sistema causaram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados. Ou seja, o sistema precisa de tempo para expressar seu potencial sobre os atributos edáficos que contribuem para o desenvolvimento vegetal e, conseqüentemente, para a produtividade, visto que já no segundo ano, diferenças foram observadas.

Na safra 2021/2022 os resultados divergiram entre os tratamentos, indicando que o manejo do sistema produtivo com espécies diversificadas no inverno promove alterações positivas no ambiente, melhorando as condições para o desenvolvimento das culturas, principalmente a partir do segundo ano da implantação de plantas como adubação verde no sistema, influenciando na produtividade da soja a partir do segundo ano. Além disso, em anos com ocorrência de “veranicos”(pequenos períodos de estiagem e altas temperaturas) durante o ciclo da planta, o incremento de palhada no sistema permite que a umidade fique retida no solo por maior período de tempo, resultando em maiores produtividades para a cultura em sequência.

Visto que analisando os dados da produtividade de verão obtidos nas duas safras, entre os tratamentos com trigo e pousio de inverno, estatisticamente não houve diferença significativa entre si, há evidências de que além da necessidade de diversificação de espécies utilizadas, com diferentes tipos de raízes, o incremento de matéria seca no sistema produtivo é fundamental para a continuidade da atividade agrícola (STONE, 2001); (GOULART, 2009); (VALLE, 2015).

Outro fato a se observar, que no primeiro ano as parcelas com trigo foram implantadas após o cultivo do milho. A relação C/N dessas culturas é alta, o que torna a liberação de nutrientes no sistema de maneira gradual e lenta. Essa

característica das gramíneas acaba imobilizando inclusive o N disponível no ambiente, limitando a disponibilidade instantânea para a cultura seguinte, causando um estabelecimento mais lento da cultura (ARF *et. al.*, 1999); (GIACOMINI *et. al.*, 2003).

A discrepância entre as produtividades das duas safras avaliadas ocorreu devido a escassez hídrica no decorrer do período de implantação da cultura. No primeiro ano do projeto o plantio foi ajustado para após a estiagem ocorrida no final do ano de 2020 (JUNGES *et. al.*, 2020). Desta forma, a cultura apresentou bom desenvolvimento até o momento da coleta dos resultados à campo. Já na segunda safra de verão, o desenvolvimento da cultura foi afetado pela escassez hídrica e elevadas temperaturas diárias ocorridas no início de 2022 (SEAPDR, 2022) reduzindo o potencial produtivo da cultura.

Em relação ao peso de mil grãos (tabela 4), na safra 2020/2021 os tratamentos com três culturas se destacaram. Já na safra 2021/2022, o uso das espécies aveia preta, ervilhaca e nabo consorciadas proporcionaram o maior PMG, diferindo significativamente dos demais tratamentos. Segundo AITA (2003), isso pode ser verificado pois o incremento das diferentes culturas otimiza a ciclagem de nutrientes, devido a maior presença de biomassa vegetal e espécie leguminosa no sistema, que devido sua baixa relação C/N, apresenta taxa de decomposição mais rápida, mantendo um balanço nutricional favorável e disponível mais rapidamente para a cultura seguinte.

Tabela 4: Avaliação do peso de mil grãos da cultura da soja, em gramas) (média ± desvio padrão) nos diferentes tratamentos nas safras 2020/2021 e 2021/2022, na área experimental da Uergs, no município de São Luiz Gonzaga, RS.

Tratamentos	Safra 2020/2021	Safra 2021/2022
T1 Trigo	167.25 ± 2.217 B*	149.75 ± 2.217 C
T2 Erv. + Cent.	171.25 ± 4.031 B	157.75 ± 1.708 B
T3 AP + Erv. + Cent.	178.75 ± 1.5 A	156.75 ± 1.708 B
T4 Nabo + AP	168.75 ± 1.708 B	159.75 ± 1.708 B
T5 AP + Nabo + Erv.	183.25 ± 1.708 A	166.25 ± 1.5 A
T6 Pousio	161.75 ± 0.957 C	137.25 ± 1.708 D

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Outro fato a se observar foi que no primeiro ano, todos os tratamentos diferiram com grau de significância da testemunha, mostrando a importância de manter o solo coberto com culturas durante o período de inverno. Na segunda safra, se observa comportamento semelhante, contudo as parcelas com implantação de trigo nos dois anos do projeto também diferiram das demais, apresentando PMG superior apenas à testemunha. Isso indica que é fundamental a rotação de culturas no inverno, e por vezes, com mais de uma espécie, devido as diferentes propriedades e composições de cada, evitando realizar monocultivo em dois anos seguintes, mantendo o ambiente com variada palhada e com diferentes sistemas de crescimento (CRUZ *et. al.*, 2022); (HEINZMANN, 1985).

Em ambos os anos a área com espécies espontâneas apresentou menores pesos de mil grãos. No segundo ano o baixo PMG da testemunha pode ter sido influenciado pela escassez hídrica, uma vez que tal fator reduziu o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja. Conseqüente a isso, o armazenamento de fotoassimilados, que posteriormente são conduzidos pela planta para o enchimento dos grãos, se torna limitado. Além disso, altas temperaturas associadas à baixa condição hídrica causa a perda de trifólios durante o ciclo da cultura, reduzindo ainda mais essa transferência (EMBRAPA, 2021). A diversidade de espécies no sistema, de forma homogênea e com população adequada, se mostra como importante fator para a manutenção da umidade, permitindo à planta otimizar a produção de reservas, transferindo em peso de grãos.

Segundo a análise química de solo, os valores para os elementos Mg, S, B, Mn, Cu e Zn não diferiram estatisticamente antes e depois do ciclo das espécies no inverno (anexo 1). A média dos valores de MOS, K, P e C das amostragens de solo para os tratamentos antes do plantio das culturas de inverno não diferiram estatisticamente entre si, apresentando valor médio de 3.80%, 180.42 mg/dm³, 15.62 mg/dm³ e 6.36 cmolc/dm³, respectivamente (tabela 5). Isso pode ser explicado devido ao histórico da área, mostrando que a mesma se encontrava homogênea quimicamente.

Tabela 5: Dados obtidos a partir da segunda coleta das amostragens químicas do solo para o ano 2020, na área experimental da Uergs, no município de São Luiz Gonzaga, RS.

Tratamentos	MOS (%)	K (mg/dm³)	P (mg/dm³)	Ca (cmolc/dm³)
T1 Trigo	3.88bc*	175.25 ab	15.53 cd	6.50ab
T2 Erv. + Cent.	3.80c	189.5 bc	15.08 d	6.48ab
T3 AP + Erv. + Cent.	4.03abc	197.25 ab	16.20 bcd	6.65 a
T4 Nabo + AP	4.13abc	243.25 a	19.65 ab	6.30 ab
T5 AP + Nabo + Erv.	4.25a	245.75 a	21.30a	6.83a
T6 Pousio	4.15ab	161.25 c	17.10d	5.93b

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Houve, portanto, evidências de que o uso de espécies diversificadas consorciadas se mostrou eficiente para o incremento de material orgânico no solo. As parcelas com plantio de aveia preta, nabo e ervilhaca apresentaram as maiores médias de MOS no sistema após o inverno, não diferindo do pousio, nabo e aveia preta e ervilhaca, aveia preta e centeio. O menor resultado encontrado foi no tratamento 2, podendo ser relacionado com a baixa presença de material verde encontrado nas parcelas durante o período anterior à segunda amostragem (tabela 3), o que pode reduzir a taxa de decomposição do material vegetal que estava sobre o solo durante o referente período. Embora o T6, com espécies espontâneas tenha apresentado baixa ocorrência de material verde como cobertura, a taxa de MOS pode ser relacionada ao fato da presença de maior diversidade de espécies no sistema, além do histórico da área ser de ocorrência anual dessas espécies. Os tratamentos 4 e 3 não diferiram estatisticamente dos demais, apresentando valores medianos no experimento para o incremento de MOS no sistema agrícola.

Quanto a presença de potássio remanescente no sistema, observa-se que não há diferença significativa entre os tratamentos 5, 4, 3 e 1. Os três primeiros apresentam como características comuns a introdução de aveia preta, que conforme encontrado por CRUSCIOL (2008), é uma cultura de destaque na ciclagem deste nutriente, disponibilizando quantidades significativas, com liberação entre 10 e 20 dias após o manejo da biomassa. As parcelas utilizando a cultura do trigo também não

diferiu dos tratamentos com aveia preta, se mostrando favorável para a ciclagem do K. Dados semelhantes foram encontrados por OLIVEIRA (2020) em estudos realizados no Paraná, o qual observou que o potássio é rapidamente depositado no solo, ficando disponível para as culturas seguintes.

Para o fósforo remanescente ao solo após a utilização das culturas de inverno, observou-se que os maiores valores foram encontrados nos tratamentos 4 e 5. Isso pode ser explicado pelo fato de ambos os tratamentos terem o nabo na composição. Dados semelhantes foram encontrados por HEINZ (2011), em experimento no estado do Mato Grosso do Sul, em um Latossolo, indicando que esta espécie é eficiente no acúmulo de P na palhada e liberados mais rapidamente para a cultura subsequente, ocorrendo já após 15 dias do manejo da biomassa.

Estes dados também foram semelhantes aos relatados por MICHELON (2019), que após três safras consecutivas no município de Júlio de Castilhos, verificou que o tratamento de aveia preta, ervilhaca e nabo tinha o maior potencial para elevar os teores de MOS, fósforo e potássio.

Considerando o residual do Ca no solo após a implantação das culturas de inverno, os tratamentos com uso de três culturas consorciadas apresentaram diferenças significativas dos demais. Isso reforça a importância da diversificação de espécies no sistema produtivo, otimizando a ciclagem de nutrientes.

Os resultados obtidos a partir das amostras químicas de solo aparentemente demonstram reflexos nos itens avaliados, podendo estarem relacionados às diferenças encontradas na produtividade e PMG da cultivar de soja utilizada no trabalho, bem como no PMS das culturas de inverno.

5. CONCLUSÃO

A avaliação da produtividade no primeiro ano de experimento não apresentou diferença significativa entre os tratamentos para a cultivar utilizada da cultura da soja. Na segunda safra avaliada, os tratamentos com introdução de três espécies como adubos verdes, aveia preta, ervilhaca e centeio; aveia preta, nabo e ervilhaca, apresentaram os melhores resultados na cultura de verão.

Em relação ao PMG da soja avaliada no primeiro ano, novamente os tratamentos com incremento de três espécies proporcionaram os maiores valores, diferindo estatisticamente dos demais. Na segunda safra, o tratamento com aveia preta, nabo e ervilhaca se mostrou favorável em relação ao enchimento de grãos da soja em sequência, diferindo dos demais. Os menores valores para PMG foram encontrados nas parcelas que permaneceram em pousio.

O tratamento com aveia preta, nabo e ervilhaca apresentou os maiores residuais presentes no solo entre os elementos considerados no trabalho. Em relação à MOS, os tratamentos com maiores diversidades de espécies proporcionaram os maiores ganhos. As parcelas com introdução de aveia preta e trigo obtiveram os maiores residuais para o potássio, enquanto a utilização de nabo permitiu maior residual do fósforo.

Os resultados obtidos a partir do experimento indicaram que o incremento de material vegetal no sistema produtivo é imprescindível para o equilíbrio do ambiente agrícola. A utilização de plantas como adubos verdes no inverno proporcionou os melhores resultados na cultura da soja. O uso de espécies diversificadas, e estabelecidas de forma homogênea é essencial para proporcionar melhores condições para a produtividade da cultura da soja, podendo inclusive, reduzir os impactos causados por adversidades climáticas, como a ocorrência de veranicos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, S.L. et al. **Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto**. Revista Brasileira Ciências do Solo, 2004.
- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. **Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, n.4, 2003.
- ALBERGONI, L.; PELAEZ, V. **Da revolução verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas?**. Revista de Economia; Paraná. v. 33; n. 1; UFPR. 2007.
- ALCÂNTARA, Paulo B.; BUFARAH, Gilberto. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. São Paulo: Nobel, 1992.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, AS-PTA. 2002.
- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto**. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, 2001.
- ALVES, C. T.; TEDESCO, J. C. **A revolução verde e a modernização agrícola na mesorregião noroeste do Rio Grande do Sul–1960/1970**. Revista Teoria e Evidência Econômica, v. 21, n. 45, (Agosto 2016).
- ALVIM, M. I. S. A. *et al* . **Análise da competitividade da produção de soja nos sistemas de plantio direto e plantio convencional na região do cerrado brasileiro**. Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília. v. 42, n. 2, p. 223-242, 2004.
- AMABILE, R. F.; et al. **Absorção de N, P e K por espécies de adubos verdes cultivadas em diferentes épocas e densidades num latossolo vermelho-escuro argiloso sob cerrados**. Viçosa: Revista Brasileira de Ciência do Solo, 1999.
- AMBROSANO, E. J.; GUIRALDO, N.; CANTARELLA, H.; ROSSETTO, R.; MENDES, P. C. D.; ROSSI, F.; AMBROSANO, G. M. B.; AREVALO, R. A.; SCHAMMAS, E. A.; JUNIOR, I. A.; FOLTRAN, D. E. **Plantas para cobertura do solo e adubação verde aplicadas ao plantio direto**. Piracicaba: KP Potafos, 2005.
- ANDRADE, J. G. **Perdas de água por evaporação de um solo cultivado com milho nos sistemas de plantio direto e convencional**. 2008. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Santa Maria – RS.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. **A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2000.

ANJUM, N. A. *et al.* **The plant family Brassicaceae: An introduction.** In: The plant family Brassicaceae. Springer, Dordrecht, 2012.

ARF, O.; SILVA, L. S.; BUZETTI, S.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; HERNANDEZ, F. B. T. **Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão.** Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, nov., 1999.

BAIER, A. C., **As lavouras de inverno 1: aveia, centeio, triticale, colza, alpiste.** Rio de Janeiro: Globo, 1988.

BAIER, A. C., **Centeio.** Passo Fundo: Embrapa-CNPT. (Documentos, 15).1994.

BEAUD, M. **História do capitalismo: de 1500 até nossos dias.** 4. ed. São Paulo: Brasiliense. 1994.

BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.; ARGENTA, G. **Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão.** Viçosa: Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2000.

BRUM, A. J. **Modernização da agricultura: trigo e soja.** Petrópolis: Vozes. Embrapa arroz e feijão. 1988. 200p.

CALEGARI, A. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M.B.B., **Adubação verde no sul do Brasil.** Rio de Janeiro: Pta/Fase, 1993.

CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná.** Londrina: Iapar, 1990. (Boletim Técnico, 35).

CALEGARI, Ademir; MONDARDO, Arcângelo; BULIZANI, E. A. et al. **Adubação verde no sul do Brasil.** Rio de Janeiro: AS – PTA, 1992.

CAMPELO, G. J.; KIIHL, R. A. S., ALMEIDA, L. A. **Soja: Desenvolvimento para regiões de baixas latitudes.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1998.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L. C. **Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para a cobertura do solo.** Viçosa: Revista Brasileira de Ciência do solo, abr./jun, 1999.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira.** Tabela de dados Maio de 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>> Acesso em: 19 de maio de 2022.

CONWAY, G.R. **The Properties of Agroecosystems.** Agricultural Systems.1987
COSTA, M. B. B. da.; **Adubação verde no sul do Brasil.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992.

CRUSCIOL, C. A. C. *et al.* **Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto.** Bragantia, Campinas, v.67, n.2, 2008.

CRUZ, J. C. *et al.* **Sistema de Plantio Direto de milho**. 2022. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html>. Acesso em: 15 de junho de 2022.

CUNHA, C. J.; HOLANDA, S. R.; **Sustentabilidade de agroecossistemas: um estudo de caso no estuário do rio São Francisco**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Universidade Federal de Sergipe, 2006.

CUNHA, G.R.; HASS, J.C.; DALMAGO, G.A.; PASINATO, A. **Perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica**. Santa Maria: Revista Brasileira de Agrometeorologia, 1998.

CURI, N.; et al. **Vocabulário de Ciência do Solo**. Campinas: SBCS, 1993.

D'AGOSTINI, L. R. SCHLINDWEIN, S. L. **Sobre o conceito de agroecossistema**. Florianópolis, UFSC-CCA. 1999.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN,C.R.; CONTE, O.;KAMIMURA, K.M. **Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo**.Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.45, n.6, p.603-612,2010.

DEL DUCA, L. de J. A.; RODRIGUES, O.; CUNHA, G. R. da; GUARIENTI, E.; SANTOS, H. P. dos. **Desempenho de trigos e aveia preta visando duplo propósito (forragem e grão) no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1997.

DERPSCH, R. *et. al.* **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. GTZ/Curitiba. 1991, 272 p.

DERPSCH, R. **Importância da cobertura de solo e do preparo conservacionista**. Passo Fundo:, 1984.

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

ELLIOT, E.T.; COLE,C.V. **A perspective on agroecosystem science**. Ecology, 1989.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Especialistas recomendam estratégias tecnológicas para mitigar falta de água em soja**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/65693225/especialistas-recomendam-estrategias-tecnologicas-para-mitigar-falta-de-agua-em-soja>. Acesso em: 23 de junho de 2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa. 2013. 353p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja em números (safra 2020/21)**. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 19 de maio de 2022.

FAO. **Perspectivas Agrícolas OCDE-FAO: Brasil vai ultrapassar os Estados Unidos como o maior produtor de soja até 2026**. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/992186/>>. Acesso em: 10 de novembro de 2019.

FARIA, C. M. B. **Comportamento de leguminosas para adubação verde no Submédio São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. (Boletim de Pesquisa).

FARIAS, J. R. B. **Limitações climáticas à obtenção de rendimentos máximos de soja**. Londrina: Embrapa, 2011.

FLOSS, Elmar L.; AUGUSTIN, Lizete; CALVETE, Eunice O. et al. **Melhoramento genético da aveia na Universidade de Passo Fundo**. Passo Fundo: Embrapa, 1999.

FREITAS, P. L. **Sistema plantio direto: conceitos, adoção e fatores limitantes**. Embrapa Solos-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2005.

GIACOMINI, S. J.; et al. **Biomassa microbiana e potencial de mineralização do carbono e do nitrogênio do solo em sistemas de preparo e de culturas**. Fertibio. Bonito: MS. 2006.

GIACOMINI, S. J. *et al.* **Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27. 2003.

GOMES, F. G. et al. **Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto**. Planta daninha, v. 26, n. 4, p. 789-798, 2008.

GOODMAN, D.; SORJ, B.; WILKINSON, J. **Da lavoura às biotecnologias: agricultura e indústria no sistema internacional**. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais. 2008. 208p.

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>. Acesso em: 13 de Maio de 2022.

HEINZ, R. *et al.* **Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crame e nabo forrageiro**. Ciência Rural, v.41, n.9, set, 2011.

HEINZMANN, F. X. **Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de inverno**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1985.

HERNANI, L.C.; ENDRES, V.C.; PITOL, C.; SALTON, J.C. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1995.

HOLANDA, Francisco S. Rodrigues. **A gestão dos recursos hídricos e a sustentabilidade de agroecossistemas**. Informe UFS, São Cristóvão, ano IX – Nº312 – 9 de janeiro de 2003.

IGUE, K. **Adubação verde no Brasil: Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos na propriedade do solo**. Campinas: Fundação Cargill, 1984.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **Adubação Verde**. 2019. Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/adubacao-verde>> Acesso em: 07/11/2019.

JUNGES, A. H. *et. al.* **Condições meteorológicas ocorridas em dezembro de 2020 e situação das principais culturas agrícolas no estado do Rio Grande do Sul**. Departamento de diagnóstico e pesquisa agropecuária. Porto Alegre – RS. 2020.

JUNIOR, R. C.; ARAÚJO, A. G.; LLANILLO, R. F. **Plantio direto no sul do Brasil: fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista**. Londrina : IAPAR, 2012.

KLENKI, C. A. **CULTIVO DE INVERNO x POUSIO: Importância e benefícios**. 2019. Disponível em: <<https://www.bj.coop.br/post/2019/04/05/cultivo-de-inverno-x-pousio-import%C3%A2ncia-e-benef%C3%ADcios>>. Acesso em: 26 de maio de 2022.

LAL, R. **Soil surface management in the tropics for intensive land use and high and sustained production**. Advances in Soil Science, 1986.

LAZZARI, F. M.; SOUZA, A. S.; **Revolução verde: impactos sobre os conhecimentos tradicionais**. Santa Maria – RS. 2017.

MANUAL de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul – Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2016.

MAZOYER, M; ROUDART, L. **Histórias das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. IICA. Brasília: Brasil. 2010. 569p.

MICHELON, C. J.; JUNGES, E.; CASALI, C. A.; PELLEGRINI, J. B. R.; ROSA NETO, L.; OLIVEIRA, Z. B. de; OLIVEIRA, M. B. de. **Atributos do solo e produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno**. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v. 18, n. 2, 2019.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do agronegócio**. 2019. Disponível em: <<https://www.agricultura.gov.br>> Acesso em: 05/11/2019

MIYASAKA, S. **Adubação Verde no Brasil**: Histórico do estudo de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. Campinas: Fundação Cargill, 1984.

MORAES, M.H.; BENEZ, S.H. & LIBARDI, P.L. **Efeitos da compactação em algumas propriedades físicas do solo e seu reflexo no desenvolvimento das raízes de plantas de soja**. Bragantia, 1995.

MUNDSTOCK, C. M. **Cultivo dos cereais de estação fria**: trigo, cevada, aveia, centeio, alpiste, triticales. Porto Alegre, 1983.

NAVARRO JÚNIOR, H.M.; COSTA, J.A. **Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja**. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2002.

NEPOMUCENO, A. L.; et al. **Soja**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2019.

OCTAVIANO, C. **Muito além da tecnologia**: os impactos da Revolução Verde. ComCiência, Campinas: São Paulo, n. 120, 2010. Disponível em <http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542010000600006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 14 de maio de 2022.

OLIVEIRA, D. L.; BORSZOWSKI, P. R. **Taxa de decomposição da palhada de trigo e liberação de NPK em sistema de plantio direto no município de Ponta Grossa-PR**. Revista TechnoEng-ISSN 2178-3586, v. 1, 2020.

PAIVA, B. M. de; ALVES, R. M.; HELENO, N. M. Aspectos socioeconômicos da soja. In: **Informe agropecuário**: Soja na alimentação humana e animal. Belo Horizonte: 2006.

PASSIOURA, J.B. **Soil structure and plant growth**. Aust. J. Soil Res., 1991.
PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G. **Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2003.

PORTAL SÃO FRANCISCO. **Trigo**. 2019. Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/alimentos/trigo>> Acesso em: 13 de novembro de 2019.

PRETTY, J. N. **Agricultura regenerativa**: políticas e práticas para a sustentabilidade e autossuficiência. Publicações Earthscan. London. 1995.

PRIMAVESI, A. C; et al. **Recomendações técnicas para o cultivo de aveia**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2000.

REIS, A. *et al.* **Principais doenças das brássicas causadas por fungos, oomicetos e protozoário**: identificação e manejo. Embrapa, Circular Técnica 176. Brasília – DF. 2021.

RODRIGUES, R.; PUGAS, J. In: MATOPIBA – Perspectivas sobre a sustentabilidade da soja. **O Sistema Plantio Direto (SPD) e a conservação do solo**. Embrapa Solos, 2021.

ROSSI F.; CARLOS J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e prática**. Brasília: Embrapa, 2011.

SAKO, H.; et al. **Fatores decisivos para se obter produtividade de soja acima de 4.200 kg/ha**. Comitê Estratégico Soja Brasil, nov., 2016.

SANTOS, Henrique P. dos. Espécies vegetais para sistema de produção no sul do Brasil. In: _____ **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003.

SCHUCH, L. O .B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N. de.; MAIA, M. S. **Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta**. Scientia Agricola, abr./jun, 2000.

SEAPDR. Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. **Relatório Estiagem N° 09/2022**. Disponível em: <<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202204/04103735-relatorio-estiagem-09.pdf>>. Acesso em: 17 de junho de 2022.

SHANDS, H. L.; CISAR, G. L. Avena. In: HALEVY, A. H. **CRC handbook of flowering**. Boca Raton: CRC Press, 1988.

SILVA, C. J. da. **Plantio de culturas de inverno é preferível a pousio**. 2016. Disponível em: <<https://www.semagro.ms.gov.br/plantio-de-culturas-de-inverno-e-preferivel-a-pousio/>>. Acesso em: 26 de maio de 2022.

SILVA, M. B.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M.; LANNA, A. L. **Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2007.

SOARES, W. L. **Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente: uma avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura**. Tese (Doutorado em Ciências).- Escola Nacional de Saúde Pública, 2010.

STETTER, J. **Tendências no desenvolvimento futuro do controle de pragas e ervas daninhas: um ponto de vista industrial**. Regulatory Toxicology and Pharmacology , v. 17, p. 346-346, 1993.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. **Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 25, p. 395-401, 2001.

TEDESCO, M. J.; GEANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. E.; VOLKWEISS, S. A. J. **Análises de Solo, Plantas e Outros Materiais**. Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 1995.

TIECHER, T., org.; **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: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

USDA. United States Department of Agriculture. **Oilseeds and Products Annual**. April 2022. Disponível em: <https://usdabrazil.org.br/wp-content/uploads/2022/05/Oilseeds-and-Products-Annual_Brasilia_Brazil_BR2022-0026.pdf>. Acesso em: 19 de maio de 2022.

VALLE, D. **Plantio Direto**: A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015.

VALLIN, G. **Como a adubação verde atua na melhora da qualidade do solo**. 2021. Disponível em: <https://blog.syngentadigital.ag/adubacao-verde/>. Acesso em: 23 de junho de 2022.

WANG, J.; HESKETH, J.D.; WOOLLEY, J.T. **Preexisting channels and soybean rooting patterns**. Soil Science, 1986.

WOLSCHICK, N. H.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; SANTOS, K. F.; WERNER, R. S.; BAGIO, B. **Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura**. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v.15, n.2, 2016.

WOLSCHICK, N. H.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; SANTOS, K. F.; MUZEKA, L. M. **Plantas de cobertura do solo e seus efeitos nas propriedades físicas e produtividade de soja e milho**. Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 3, 2018.

WUTKE E. B. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO O. F. de.; AMBROSANO E. J.; ROSSI F.; CARLOS J. A. D. **Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2014.

WUTKE, E.B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: _____ **Curso sobre adubação verde no instituto agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, (Documentos IAC, 35), 1993.

ZOTARELLI, L. **Balço de nitrogênio na rotação de culturas em sistema de plantio direto e convencional na região de Londrina - PR**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000.

Anexo 1: Resultados das análises de solo antes e após o plantio das espécies como adubos verdes no inverno de 2020 em São Luiz Gonzaga.

Tratamentos	Elementos																			
	MOS (%)		K (mg/dm ³)		P (mg/dm ³)		Ca (cmolc/dm ³)		Mg (cmolc/dm ³)		S (mg/dm ³)		B (mg/dm ³)		Cu (mg/dm ³)		Mn (mg/dm ³)		Zn (mg/dm ³)	
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2
1	3.7	3.8	179	249	14.3	15.8	6.2	6.5	2.6	2.5	15.8	14.7	0.6	0.7	5.7	5.6	59	58	10.3	9.9
1	3.8	4	159	194	17.5	15.4	6.4	6.1	2.7	2.3	15.8	17	0.6	0.8	5.5	5.6	56	59	9.8	10.1
1	3.6	3.8	172	241	16.4	14.9	6.7	7	2.5	2.2	13.2	15.1	0.7	0.9	5.4	5.5	57	58	10.1	9.9
1	3.9	3.9	194	209	14.2	16	6.3	6.4	2.6	2.3	13.8	14.1	0.6	0.8	5.8	5.7	58	58	10.1	9.8
2	3.5	3.7	184	199	14.3	15.2	6.3	6.6	2.4	2.7	12.7	13.4	0.7	0.7	5.7	5.5	59	56	9.9	10.1
2	3.7	4	171	144	15.4	14.3	6.1	6.3	2.5	2.8	15.8	16.9	0.6	0.9	5.7	5.7	60	58	9.8	9.7
2	3.7	3.9	198	232	15.9	14.7	6.4	6.4	2.6	2.6	12.4	14.4	0.8	0.7	5.5	5.6	56	59	10.4	10
2	3.6	3.6	196	183	16.6	16.1	6.2	6.6	2.6	2.2	12.9	14.2	0.8	1.1	5.6	5.6	57	58	10.3	10.1
3	3.8	4.1	193	239	15.8	17.6	6.8	7.2	2.7	2.9	13.4	14.1	0.6	0.7	5.5	5.6	59	57	10	9.7
3	3.7	4.1	164	194	14.8	16.5	6	6.6	2.4	2.7	14.3	16.4	0.6	0.8	5.4	5.5	59	58	9.8	10
3	3.9	4.2	184	206	14.3	15.1	6.1	6.3	2.3	2.5	15.6	17.4	0.9	1.1	5.4	5.4	56	57	9.9	9.9
3	3.5	3.7	159	218	15.1	15.6	6.1	6.5	2.7	2.6	14.3	16.3	0.6	0.8	5.7	5.6	57	58	10.3	10.2
4	3.9	4.1	197	247	16.4	22.1	6.3	6.1	2.2	2.7	13.4	13.9	0.9	1.1	5.6	5.6	56	57	10.1	10
4	3.8	4	191	278	17.8	19.8	6.6	6.4	2.6	2.3	14.4	14.8	0.8	1	5.6	5.7	59	58	10.3	10.1
4	3.8	4.1	159	203	17.4	19.9	6.2	6.3	2.7	2.5	14.9	15.9	0.6	0.8	5.5	5.5	57	56	9.9	10
4	4	4.3	186	245	14	16.8	6.7	6.4	2.3	2.7	15.2	17.5	0.9	1	5.7	5.5	58	60	9.8	9.7
5	4	4.2	178	212	15.3	21.9	6.7	7	2.7	3.1	16.3	19.2	1	1.1	5.5	5.6	56	57	10.2	10.2
5	3.9	4.3	150	232	17	20.8	6.7	7.1	2.5	2.3	13.1	15.5	0.8	1	5.7	5.5	58	58	9.7	9.9
5	4	4.3	181	264	15.8	19.9	6.3	6.6	2.4	2.6	15.8	15.6	0.7	0.9	5.6	5.7	59	57	9.8	9.7
5	3.8	4.2	195	275	13.3	22.6	6.4	6.6	2.6	2.6	16.2	18.9	0.7	0.8	5.6	5.7	56	55	10.2	10.1
6	4	4.3	186	147	17.2	17.6	6.1	5.8	2.5	2.8	13.9	16.3	0.9	1.2	5.7	5.7	60	59	10.1	9.9
6	3.9	4	185	158	14.8	17.5	6.2	6	2.4	2.7	14.9	14.1	0.6	0.8	5.6	5.7	56	55	9.9	9.9
6	4	4.2	170	161	15.1	13.6	6.5	6.1	2.2	2.4	16.1	17.7	0.8	0.8	5.5	5.6	59	57	9.8	10
6	3.8	4.1	199	179	16.2	19.7	6.4	5.8	2.4	2.8	13.4	12.1	0.9	1	5.7	5.5	55	56	10.3	10.1