

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM CACHOEIRA DO SUL
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

CLARISSA DA ROCHA FERNANDES

**APORTE DE FITOMASSA COMO ESTRATÉGIA DE MELHORIA DA QUALIDADE
DO SOLO E INCREMENTO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS**

**CACHOEIRA DO SUL, RS
2023**

CLARISSA DA ROCHA FERNANDES

**APORTE DE FITOMASSA COMO ESTRATÉGIA DE MELHORIA DA QUALIDADE
DO SOLO E INCREMENTO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo pela Universidade Estadual do
Rio Grande do Sul.

Orientadora: Dr^a Marta Sandra Drescher

**CACHOEIRA DO SUL, RS
2023**

CLARISSA DA ROCHA FERNANDES

**APORTE DE FITOMASSA COMO ESTRATÉGIA DE MELHORIA DA QUALIDADE
DO SOLO E INCREMENTO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo pela Universidade Estadual do
Rio Grande do Sul.

Orientadora: Dr^a Marta Sandra Drescher

Aprovada em: / /

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof^a Dr^a Marta Sandra Drescher
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Prof. Dr. Benjamin Dias Osorio Filho
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Eng. Agr. Me em Ciência do Solo - Caren Alessandra da Rosa
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

**Cachoeira do Sul, RS
2023**

AGRADECIMENTOS

A todos os mestres que contribuíram com a minha formação acadêmica e profissional durante a minha vida.

À Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e todos os seus professores que sempre proporcionaram um ensino de alta qualidade.

À minha orientadora Prof^a Dr^a Marta Sandra Drescher pela sua dedicação e paciência durante a orientação. Seus conhecimentos fizeram grande diferença no resultado final deste trabalho.

À minha mãe Luciane Rocha por estar ao meu lado e por me fazer ter confiança nas minhas decisões.

Aos meus irmãos, Franco, Felipe, Germano e Ana Maria que sempre me incentivaram e apoiaram em todas as áreas da minha vida.

À minha Avó Clarice pelo apoio, amor, carinho e incentivo.

Sou grata a minha família e amigos por sempre me incentivarem e acreditarem que eu seria capaz de superar os obstáculos que a vida me apresentou.

Também agradeço à todos os meus colegas de curso, pela oportunidade do convívio e pela cooperação mútua durante estes anos.

À todos vocês, carinhosamente, Muito Obrigada!

RESUMO

O uso de plantas de cobertura do solo, isoladas ou em mix, pode favorecer a diversificação de culturas semeadas como segunda safra nos sistemas de produção, e resultar em maior eficiência de produção e em biomassa de qualidade adicionada ao solo. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito do aporte de fitomassa ao solo através da utilização de plantas de cobertura de inverno e verão em sistemas de produção de grãos sobre a qualidade do solo e o rendimento das culturas. O ensaio de campo foi conduzido na Estação Agronômica da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (Uergs), localizada em Cachoeira do Sul/RS. O experimento é composto por seis tratamentos, com quatro repetições em que T1: soja/aveia e azevém/soja; T2: soja/capim sudão/ aveia e azevém/soja; T3: soja/crotalária/aveia e azevém/ soja; T4: soja/crotalária/centeio/soja; T5: soja/crotalária/aveia/milho e T6: soja/milho/mix(aveia/nabo/trevo)/soja. Para avaliação dos efeitos dos tratamentos foram analisados parâmetros como produção de massa verde e massa seca, produtividade de grãos, bem como a resistência mecânica a penetração do solo. Ao analisar os resultados de massa seca e massa verde, as culturas de inverno não apresentaram diferença estatística entre si e as culturas de cobertura de verão, não puderam ser avaliadas, pois seu desenvolvimento foi prejudicado pela estiagem. Os resultados obtidos indicam que o consórcio de aveia e azevém como plantas de cobertura no inverno apresenta melhores resultados de produtividade na cultura da soja. Para os valores de resistência à penetração, obteve-se melhores valores na safra de 2021/2022, mostrando que o uso de plantas de cobertura auxilia na descompactação do solo.

Palavras-chave: Compactação do solo. Biomassa. Qualidade estrutural do solo.

ABSTRACT

The use of soil cover plants, isolated or mixed, can benefit the diversification of crops sown as second harvest in production systems, resulting in greater production efficiency and biomass quality added to the soil. In this regard, the purpose of this research is to assess the impact of the phytomass input to the soil through the use of winter and summer cover plants in grain production systems on soil quality and the crops output. The field trial was conducted at the Agronomic Station of the State University of Rio Grande do Sul (Uergs), located in Cachoeira do Sul/RS. The experiment is composed of six treatments, with four replications in which T1: soybean/oats and ryegrass/soybean; T2: soybean/sudan grass/oats and ryegrass/soybean; T3: soybean/crotalaria/oats/maize and T6: soybean/maize/mix(oats/turnip/clover)/soybean. To evaluate the effects of the treatments, parameters such as green mass and dry mass production, grain productivities, as well as mechanical resistance to soil penetration were analyzed. When analyzing the results of dry mass and green mass, the winter crops didn't present statistical differences among themselves and the summer cover crops couldn't be analyzed, because their development was affected by the drought. The results obtained indicate that the consortium of oats and ryegrass as winter cover plants presents better results of productivity in soybean crop. For the penetration resistance values, better results were obtained in the 2012/2022 harvest, indicating that the use of cover crops helps in soil decompaction.

Keywords: Soil compaction. Biomass. Soil structural quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área experimental com estande de plantas de coberturas já estabelecido no inverno de 2020 Estação Agronômica da Agronomia, Uergs-Cachoeira do Sul....	19
Figura 2 - Cultura da Soja em estágio de senescência na safra de verão 2020/2021 na Estação Agronômica da Agronomia, Uergs-Cachoeira do Sul.....	20
Figura 3 – Área experimental com estande de plantas de cobertura de verão estabelecido em 2021, destaque para as parcelas sobresseameadas com milho grão na Estação Agronômica da Agronomia, Uergs-Cachoeira do Sul.....	21
Figura 4 – Avaliação da resistência do solo a penetração mecânica com o uso de um penetrômetro eletrônico na Estação Agronômica da Agronomia, Uergs-Cachoeira do Sul.....	22

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Distribuição dos tratamentos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.....	18
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Massa verde (kg/ha) das culturas de cobertura cultivadas nas safras de inverno de 2020 e 2021, na Estação Agronômica da Agronomia, Uergs-Cachoeira do Sul.....	25
Gráfico 2 – Massa seca (kg/ha) das culturas de cobertura de inverno 2020 e 2021.....	25
Gráfico 3 - Altura (cm) das plantas da cultura da soja 2020/2021 e 2021/2022.....	26
Gráfico 4 - Número de plantas por metro linear cultura da soja 2020/2021 e 2021/2022.....	27
Gráfico 5 - Número de vagens por planta da cultura da soja 2020/2021 e 2021/2022.....	27
Gráfico 6 - Peso de mil grãos da cultura da soja 2020/2021 e 2021/2022.....	28
Gráfico 7 – Rendimento (Kg ha ⁻¹) da cultura da soja, safra 2020/2021 e 2021/2022.....	29
Gráfico 8 – Rendimento (sc ha ⁻¹) da cultura da soja, safra 2020/2021 e 2021/2022.....	29
Gráfico 9 – Precipitação Mensal – Cemaden Capané Cachoeira do Sul, inverno de 2020 e 2021.....	30
Gráfico 10 – Precipitação mensal – Cemaden Capané Cachoeira do Sul, verão de 2020/2021 e 2021/2022.....	31
Gráfico 11 - Resistência a penetração mecânica (MPa) na linha de semeadura da soja safra 2020/2021.....	32
Gráfico 12 - Resistência a penetração mecânica (MPa) na linha de semeadura da soja safra 2021/2022.....	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	Objetivos	12
2.1	OBJETIVO GERAL.....	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1	MANEJO DO SOLO E DE PLANTAS.....	13
3.2	ESTRUTURA DO SOLO E O PROCESSO DE COMPACTAÇÃO	14
3.3	ESTRATÉGIAS PARA INCREMENTAR A QUALIDADE FÍSICA DO SOLO....	16
4	MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1	PARÂMETROS AVALIADOS	21
4.1.1	MASSA SECA E MASSA VERDE DAS PLANTAS DE COBERTURA	21
4.1.2	RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO MECÂNICA	21
4.1.3	COMPONENTES DO RENDIMENTO DA SOJA.....	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1	MASSA VERDE E MASSA SECA.....	24
5.3	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO SOLO	31
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural fundamental para a produção agrícola, sua qualidade é formada por fatores químicos, físicos, biológicos e ecológicos, influenciando também a saúde das plantas, animais e conseqüentemente dos seres humanos (LEAL, 2021). A agricultura mundial vive em constante evolução tecnológica em todos os seus segmentos, sempre em busca de maiores produtividades. Além disso, as técnicas estão cada vez mais aprimoradas, com destaque principalmente, para as práticas conservacionistas, como o Sistema Plantio Direto (SPD), que pode ser considerado um dos grandes avanços no sistema de produção brasileiro, com benefícios aos atributos de qualidade do solo (ZIECH *et al.*, 2015). Nos últimos 20 anos pode-se observar a utilização de forma mais efetiva deste sistema, que tem como base, a produção de uma grande quantidade de massa vegetal para a cobertura do solo (PFULLER *et al.*, 2019). De acordo com Garcia (2014) o SPD “constitui importante técnica para a manutenção e recuperação da capacidade produtiva de solos manejados convencionalmente e de solos de áreas degradadas.”

Portanto, é fundamental um adequado manejo do solo, com uso de práticas conservacionistas mecânicas, edáficas e vegetativas, onde um dos princípios básicos do SPD, é a rotação de culturas (BARBIERI, 2019). Grande parte do sucesso deste sistema reside no fato de que a palha, deixada por culturas de cobertura sobre a superfície do solo, somada aos resíduos das culturas comerciais, cria um ambiente extremamente favorável ao crescimento vegetal e contribui para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção da qualidade do solo. Neste contexto, a busca por plantas de cobertura de solo mais adaptadas aos diferentes ambientes edafoclimáticos e que se ajustem melhor aos sistemas de rotação, é uma necessidade.

A utilização de plantas de cobertura caracteriza-se também como uma estratégia de manejo da fertilidade do solo e, com isso, a busca por incrementos produtivos. A palha na superfície do solo é reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa ou lenta e gradual, a depender das interações entre a espécie utilizada, manejo da fitomassa (época de semeadura e de corte), umidade (regime de chuvas), aeração, temperatura, atividade macro e microbiológica do solo, composição química da palha e tempo de permanência dos

resíduos sobre o solo (VERONESE *et al.*, 2012). Tais características influenciam o rendimento das culturas subsequentes, como a semeadura da soja sobre palhada de plantas de cobertura no inverno, que mostra-se eficiente e é capaz de proporcionar aumento no rendimento da cultura quando comparada à soja semeada sobre pousio (CAETANO, 2018).

Sendo assim, o uso de plantas de cobertura, com elevada produção de fitomassa e sistema radicular abundante, capaz de romper camadas compactadas e produzir bioporos, se caracteriza como uma estratégia de melhoria das condições físicas do solo. Além disso, os resíduos das plantas de cobertura colaboram para a manutenção de maiores conteúdos de água na superfície do solo, promovem a ciclagem de nutrientes e a proteção do solo contra os processos erosivos (ANDRADE, 2008).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho é avaliar o efeito do aporte de fitomassa ao solo através da utilização de plantas de cobertura de inverno e verão em sistemas de produção de grãos sobre a qualidade do solo e o rendimento das culturas em sucessão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o aporte de fitomassa (massa seca e massa verde) de diferentes plantas de cobertura;

Conhecer o comportamento da resistência do solo a penetração mecânica em sistemas de produção contemplando a inclusão de plantas de cobertura de inverno e verão;

Verificar os benefícios da inclusão de plantas de cobertura de inverno sobre o rendimento de grãos da cultura da soja em sucessão.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 MANEJO DO SOLO E DE PLANTAS

O incremento de produtividade das culturas comerciais está relacionado à diversos fatores, dentre eles clima, genética, controle de pragas, doenças, plantas daninhas, manejo cultural e, um dos mais importantes, o preparo do solo. É importante conhecer o solo, pois por meio de seus atributos físicos, é possível diagnosticar os impactos causados pelo manejo realizado e posteriormente elaborar medidas que minimizem sua degradação (PENA, 2020). O impacto causado pelo manejo inadequado do solo pode ser avaliado através de suas características, sejam elas físicas, químicas e/ou biológicas (RAMOS *et al.*, 2017). Técnicas agrícolas mais sustentáveis passaram a ser adotadas, entre elas, o uso do sistema plantio direto. Neste sistema o princípio de prevenção deve ser privilegiado, utilizando plantas de coberturas com elevada produção de biomassa (BENTO; BASTIANI, 2020).

Segundo Guarçoni *et al.*, (2019), a redução da cobertura vegetal nativa, aliada à intensidade de uso do solo, tem resultado na deterioração dos recursos naturais, podendo ocasionar a diminuição do potencial produtivo do solo, além de comprometer sua fertilidade. O uso contínuo e adequado de sistemas de cultivo e manejo proporciona alterações em propriedades e características do solo, cuja intensidade depende do tempo de uso e das condições edafoclimáticas. Nesse sentido, os sistemas agrícolas que associam a monocultura contínua ao uso de equipamentos inadequados de preparo provocam a degradação do solo cultivado.

O sistema de plantio direto é considerado um preparo conservacionista devido ao não revolvimento do solo, mantém a cobertura vegetal, reduz a degradação do solo. Evita os processos erosivos e ainda melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (TARTARI *et al.*, 2012).

O cultivo das plantas de cobertura é uma importante prática de manejo conservacionista visto que melhora as condições físicas, químicas e biológicas do solo. As plantas podem ser incorporadas ou não ao solo, atuam como cobertura vegetal na superfície, reduzindo os processos erosivos contribuindo para melhor estruturação do solo (PENA, 2020). Atuam também na fertilidade, incremento de matéria orgânica e na adição de nitrogênio através da fixação biológica (SILVA *et al.*, 2017).

As plantas de cobertura possuem a capacidade de acumular nutrientes absorvidos das camadas mais profundas do solo, concentrando na parte aérea e liberando estes nutrientes quando depositados sobre a superfície do solo (SOUZA *et al.*, 2013). A quantidade de resíduos vegetais produzidos por plantas de cobertura do solo pode variar dependendo das espécies vegetais, região e condições edafoclimáticas, em função das facilidades ou dificuldades de produção de biomassa ou da taxa de decomposição desta (SANTOS, 2011).

A principal forma de utilização de plantas de cobertura de solo, com a função de adicionar fitomassa ao sistema agrícola, é utilizar plantas sob a forma de pré-cultivo, onde a planta de cobertura precede a cultura principal, que contribui posteriormente com a mineralização dos nutrientes, além dos benefícios da biomassa verde atuando como cobertura de solo, e auxiliando na retenção da umidade (BENTO; BASTIANI, 2020).

3.2 ESTRUTURA DO SOLO E O PROCESSO DE COMPACTAÇÃO

Solo é um sistema constituído por partes sólidas, físicas e gasosas oriundas de fontes minerais e orgânicas, formado por horizontes, que possibilitam diferenciar e classificar os tipos de solo em diferentes classes. Para tal classificação um dos aspectos a ser considerado é a estrutura do solo, a qual refere-se à disposição dos agregados, formados por componentes orgânicos e minerais: óxido de ferro, alumínio, dentre outros. Esta característica também permite a averiguação de possíveis indícios de degradação ou conservação do solo, pois está intimamente ligada com os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem neste (GENNARO, *et al.*, 2015).

A presença de nutrientes essenciais no solo em quantidades equilibradas, aliados às características biológicas, é fundamental para o desenvolvimento dos agroecossistemas. Entretanto, além da química e biologia, as características físicas que indicam o grau de compactação devem ser levadas em consideração para que um solo seja considerado produtivo (GURGEL *et al.*, 2020). As modificações nestas características ocasionadas pelo manejo inadequado resultam em alterações nos padrões de absorção de nutrientes e produção das plantas (TIECHER, 2016).

O solo é um sistema heterogêneo no sentido horizontal e vertical do perfil, assim qualquer forma de manejo usada poderá favorecer modificações estruturais

no solo. No sistema plantio direto, as alterações das propriedades físicas e químicas ao longo do perfil são principalmente em função da interação de alguns fatores, tais como tipo de solo (teor de argila, de areia, ou do grau de compactação inicial), histórico da implantação dos sistemas de produção, uso de rotação de culturas, presença de restos culturais na superfície, formas de aplicação de nutrientes, pressão de contato do pneu-solo e massa das máquinas agrícolas (TIECHER, 2016).

A compactação ocasiona alterações complexas na estrutura do solo como redução na macroporosidade e condutividade hidráulica, descontinuidade de poros, aumento na resistência à penetração e diminuição na difusão de gases e água. Em solos compactados o desenvolvimento das plantas é menor e isto tem sido atribuído ao impedimento mecânico ao crescimento radicular, principalmente pela existência de camadas compactadas/adensadas em subsuperfície (SILVA, 2021). Assim, o desenvolvimento das raízes é afetado negativamente pela redução dos macroporos, pelo aumento da resistência à penetração das raízes, pela diminuição da concentração de oxigênio, pela menor taxa de mineralização da matéria orgânica e difusão lenta de nutrientes e de oxigênio no solo.

A compactação excessiva pode limitar a adsorção e/ou absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e desenvolvimento do sistema radicular, resultando em decréscimo da produção (TIECHER, 2016). Desse modo, para o cenário da agricultura, a compactação gera grandes perdas na cadeia produtiva, pois a planta em contato com um solo nessas condições, tem prejudicado o seu desenvolvimento radicular, causa que afeta diretamente o crescimento da sua parte aérea e inibe a sua produção (GONÇALVES, 2019).

Uma alternativa para reverter essa situação, é utilizar a escarificação, seja ela mecânica ou biológica. A mecânica é um método temporário realizado com uso de implementos agrícolas como o escarificador com hastes. A biológica faz uso de plantas recuperadoras que tenham sistema radicular profundo e vigoroso como o nabo forrageiro que proporciona maior capacidade de retenção de água, aumento de macroporos (REIS, 2022).

Existem diferentes formas de solucionar a problemática do uso intensivo do solo, uma delas é através do manejo sustentável com o uso de planta de cobertura, uma prática vegetativa que fornece matéria orgânica (MO) e substâncias orgânicas ao solo, como: exsudatos de raízes, biomassa radicular e foliar, ácidos orgânicos,

dentre outros. O processo também tem a finalidade de preservar e restaurar os teores nutricionais e de MO do solo assim como exerce influência na melhoria das propriedades do solo, pois interferem positivamente nas características físicas do mesmo, como, por exemplo, estabilidade de agregados, densidade e porosidade, taxa de infiltração de água e retenção de umidade (ALMEIDA, 2018).

3.3 ESTRATÉGIAS PARA INCREMENTAR A QUALIDADE FÍSICA DO SOLO

Entre vários aspectos do sistema de plantio direto, o aumento da densidade está provocando compactação, o que faz com que o produtor rural volte a utilizar métodos convencionais, como o revolvimento e movimentação, causando a desestruturação do solo e a rápida mineralização, o que leva a perda da matéria orgânica que já estava acumulada no solo (MANSANO, 2020). Nesse contexto, percebe-se que o processo produtivo vem sendo realizado de forma insustentável e, para auxiliar na reversão do processo de degradação física dos solos, bem como evitar perdas de produtividade das culturas, são recomendadas inúmeras práticas de manejo do solo, como plantio direto, adubação verde, consorciação, rotação de culturas, dentre outras (ANSCHAU *et al.*, 2018).

A estabilidade dos agregados é uma das propriedades do solo mais sensíveis à remoção de resíduos de culturas, reduzindo significativamente com a diminuição da cobertura do solo. As superfícies dos agregados em solos sem cobertura por resíduo são prontamente dispersas sob as forças erosivas do impacto de gotas de chuva. Alguns estudos mostram que a estabilidade de agregados é positivamente correlacionada com a concentração de matéria orgânica (COSTA *et al.*, 2013). Plantas que possuem o sistema radicular agressivo e que podem chegar nas camadas mais profundas do solo, possuindo grandes raízes pivotantes e um grande volume de raízes secundárias, promovem o aumento da disponibilidade hídrica do solo com a formação de bioporos, que contribui para maior absorção de nutrientes aos cultivos plantados na área onde era compactada (SANTOS *et al.*, 2014).

Deste modo, as raízes das plantas de cobertura preenchem os macroporos, melhorando a permanência dos agregados presentes. Com a utilização da escarificação biológica ocorre acúmulo de cobertura sobre o solo, sendo ela viva e morta, aumenta o poder de retenção de água no solo, eleva o índice de matéria

orgânica e conseqüentemente melhora a condição física (MANSANO, 2020). A importância da utilização de plantas de cobertura tem uma enorme relevância na qualidade física do solo para potencializar o desempenho produtivo das culturas (SOUZA *et al.*, 2014). Além disso, este manejo promove a quebra do ciclo de doenças, redução da pressão de plantas daninhas, ciclagem de nutrientes e aumento da atividade de microrganismos do solo (OURIQUE *et al.*, 2022).

Silva *et al.*, (2021) destacam que o uso de plantas de cobertura do solo, isoladas ou em mix, consorciadas com grãos pode favorecer a diversificação de culturas semeadas como segunda safra nos sistemas de produção e resultar em maior eficiência de produção e em biomassa de qualidade adicionada ao solo. Entre os fatores físicos que afetam diretamente as culturas, essas plantas podem influenciar positivamente a resistência do solo à penetração, aeração, temperatura e capacidade de retenção de água.

Ao realizar a diversificação de plantas em uma mesma área agrícola, explora-se diferentes profundidades do solo, devido aos distintos sistemas radiculares que cada planta apresenta o que proporciona melhor equilíbrio dos nutrientes devido a maior reciclagem, incrementando a qualidade das propriedades químicas e físicas e atividade biológica do solo (ANSCHAU *et al.*, 2018). As influências mais evidentes da matéria orgânica em relação às condições físicas do solo são: estabilização da temperatura do solo, favorecendo as plantas; aumento da capacidade de retenção de água no solo, favorecendo o desenvolvimento das raízes, principalmente em regiões com riscos de veranicos; melhor estabilidade dos agregados e redução do escoamento de água superficial, diminuindo os riscos de erosão. Quanto maior a quantidade de resíduos orgânicos retornados para o solo, maior a cobertura da superfície do solo e maior a proteção da estrutura do solo contra perturbações naturais e antropogênicas (COSTA *et al.*, 2013).

A penetração das raízes no solo acontece com mais facilidade, e por ser um método natural melhora a estruturação do solo, aumentando a absorção de nutrientes, sem que haja perda da biota e da matéria orgânica, ao contrário da escarificação mecânica (MANSANO, 2020).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido com atividades focadas na associação de práticas de origem vegetativa, visando o aumento do aporte de fitomassa, prevenção as restrições de produtividade das culturas e a melhoraria das qualidades físicas do solo. Para tanto, foi conduzido um ensaio na Estação Agronômica da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), localizada em Cachoeira do Sul/RS, em solo representativo da região central do Rio Grande do Sul. O experimento (Figura 1) teve início em maio de 2020, com duração de dois anos.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições e a distribuição dos tratamentos seguiu o quadro 1.

Quadro 1 - Distribuição dos tratamentos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

SAFRA	TRATAMENTO					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Inverno 2020	Aveia+Azevém	Aveia+Azevém	Aveia+Azevém	Centeio	Mix: Aveia, Nabo e Trevo persa	Aveia+Azevém
Verão 20/21	Soja	soja sobressemeada com capim sudão	soja sobressemeada com crotalária	soja sobressemeada com crotalária	soja sobressemeada com milho	soja sobressemeada com milho
Inverno2021	Aveia+Azevém	Aveia+Azevém	Aveia+Azevém	Centeio	Mix: Aveia, Nabo e Trevo persa	Aveia+Azevém
Verão 21/22	Soja	soja sobressemeada com capim sudão	soja sobressemeada com crotalária	soja sobressemeada com crotalária	soja sobressemeada com milho	soja sobressemeada com milho

Fonte: Autora, 2023

Cada unidade experimental (Figura 2) teve dimensões de 3x3m, totalizando uma área de 9 m². Na safra 2020 as plantas de cobertura foram semeadas no dia 08 de maio de 2020 e a soja da safra de verão 2020/2021 foi semeada no dia 31 de outubro de 2020. Devido à estiagem, o estande de plantas não ficou adequado, necessitando de uma ressemeadura no dia 4 de dezembro de 2020. As plantas de

cobertura de verão, foram sobressemeadas na cultura da soja durante a senescência da mesma, no dia 19 de abril de 2021. Na segunda safra as plantas de cobertura de inverno foram semeadas no dia 03 junho de 2021, enquanto a soja da safra 2021/2022 foi semeada no dia 29 de novembro de 2021 e as plantas de cobertura de verão foram sobressemeadas no dia 20 de fevereiro de 2022.

As densidades de semeadura das culturas de cobertura de inverno utilizadas foram, 60 Kg ha⁻¹ de centeio (*Secale cereale* L), 25 kg ha⁻¹ de azevém (*Lolium multiflorum*) em consórcio com 60 Kg ha⁻¹ de aveia preta (*Avena sativa*) e um mix com 8 Kg ha⁻¹ de trevo persa (*Trifolium resupinatum* L.), 12 kg ha⁻¹ de Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e 60 Kg ha⁻¹ Aveia (*Avena sativa*). Nos tratamentos em que haviam consórcio de culturas, procedeu-se a mistura das sementes previamente à semeadura, seguindo a proporção de sementes utilizada para cada cultura. A Semeadura foi realizada manualmente.

Figura 1 – Área experimental com estande de plantas de coberturas já estabelecido no inverno de 2020 Estação Agronômica da Agronomia, Uergs-Cachoeira do Sul.



Fonte: Autora, 2023

Para a semeadura da soja foi utilizada a cultivar Brasmax Zeus IPRO, com população de 300.000 mil plantas por hectare (Figura 2). Esta cultivar possui alto potencial produtivo, o grupo de maturação é 5.5, é resistente ao acamamento, à cancro do haste e podridão radicular de *Phytophthora*, raças 1 e 3 (BRASMAX, 2018). A semeadura foi realizada com uma semeadora-adubadora de sete linhas. O manejo fitossanitário seguiu as recomendações técnicas para a cultura.

Para a semeadura das plantas de cobertura de verão (Figura 3), utilizou-se a densidade de 50 kg ha⁻¹ de Crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis* Roth), 50 Kg ha⁻¹ de capim sudão (*Sorghum sudanense*) e 66 Kg ha⁻¹ de milho (*Zea mays*).

Figura 2 - Cultura da Soja em estágio de senescência na safra de verão 2020/2021 na Estação Agronômica da Agronomia, Uergs-Cachoeira do Sul.



Fonte: Autora, 2021

Figura 3 – Área experimental com estande de plantas de cobertura de verão estabelecido em 2021, destaque para as parcelas sobressemeadas com milho grão na Estação Agronômica da Agronomia, Uergs-Cachoeira do Sul.



Fonte: Autora, 2021

4.1 PARÂMETROS AVALIADOS

4.1.1 MASSA SECA E MASSA VERDE DAS PLANTAS DE COBERTURA

Aos 90 dias da semeadura foi realizada a coleta de amostras das plantas de cobertura para avaliação da massa verde (MV) e seca (MS). A coleta das plantas foi realizada em uma área representativa da parte central da parcela, com tamanho de 0,5 x 0,5 m, totalizando 0,25 m². O material coletado foi imediatamente pesado para determinação da MV e logo após foi levado à estufa a 60°C até obtenção de peso constante, para determinação da MS.

4.1.2 RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO MECÂNICA

Foi realizada a campo, mediante uso de um penetrômetro Georreferenciado PNT-2000, segundo normas ASAE S 313.3, até a profundidade de 0,40 cm (Figura 5). A avaliação aconteceu em duas datas, sendo a primeira no dia 19 de março de

2021 e a segunda no dia 17 de abril de 2022. Na primeira avaliação a umidade do solo estava próximo a capacidade de campo, tendo sido realizada dois dias após precipitação de 15mm, sendo que, no momento desta precipitação o solo ainda se encontrava úmido em decorrência das precipitações que ocorreram na semana anterior as quais totalizaram aproximadamente 50 mm. Na segunda coleta a umidade gravimétrica do solo foi de 0,194 g/g na camada de 0 a 40 cm.

Figura 4 – Avaliação da resistência do solo a penetração mecânica com o uso de um penetrômetro eletrônico na Estação Agronômica da Agronomia, Uergs-Cachoeira do Sul.



Fonte: Autora, 2021

4.1.3 COMPONENTES DO RENDIMENTO DA SOJA

Para verificar os efeitos dos tratamentos sobre a cultura da soja foram avaliados: a altura das plantas, os componentes de rendimento (número de plantas por metro linear, número de vagens por planta, peso de mil grãos) e a produtividade de grãos. Para avaliação da altura das plantas e dos componentes de rendimento foram selecionadas aleatoriamente três plantas por parcela. Para estimativa do rendimento de grãos, foram colhidas manualmente todas as linhas da parcela e pesados posteriormente.

4.1.4 ANÁLISE ESTATÍSTICAS DOS DADOS

Os resultados obtidos foram submetidos aos testes de Lilliefords para verificação da normalidade e de Cochran para homogeneidade de variâncias. Posteriormente foi realizada a análise de variância e o teste de hipóteses. Quando o teste F for significativo, os resultados foram comparados pelo teste de Tukey ($p < 5\%$). Todas as avaliações foram realizadas no software estatístico SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2011).

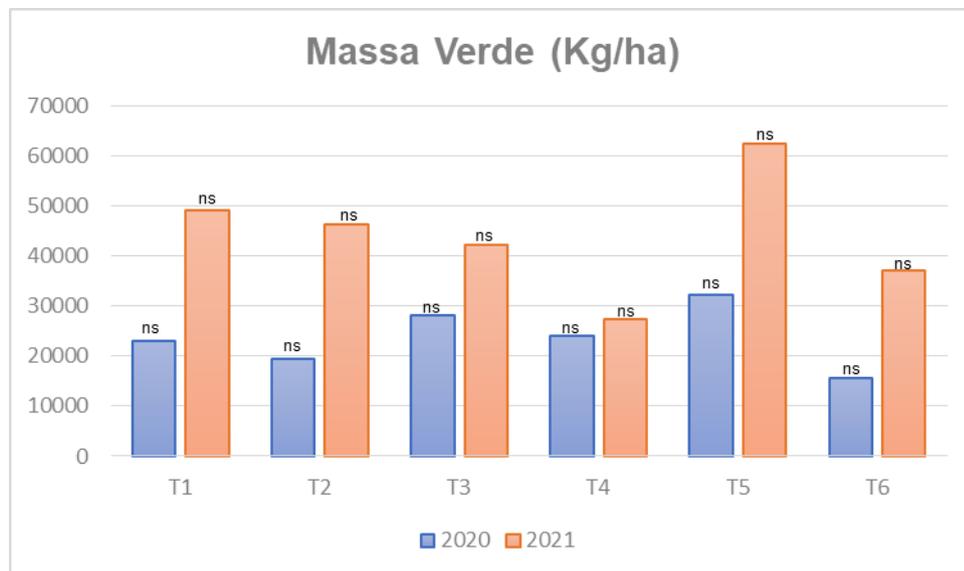
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A execução do presente trabalho permitiu gerar novos conhecimentos sobre o aporte de fitomassa no solo com o intuito de mitigar a degradação do solo e auxiliar na melhoria da qualidade física do mesmo, bem como o aumento na produção de grãos nas culturas subsequentes, com destaque para a soja. Nesse sentido, os resultados serão apresentados a seguir.

5.1 MASSA VERDE E MASSA SECA

A produção de massa seca e massa verde dos tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, (Gráficos 1 e 2). Souza e Guimarães (2013) observaram que não houve diferenças significativas na produção de massa verde e seca entre os cultivos de plantas de cobertura de inverno estudados, porém todos apresentam rendimentos de massa seca, suficientes para proporcionar boa taxa de cobertura de solo. No entanto, Doneda *et al.*, (2012), indica que o consórcio entre leguminosas com gramíneas resulta em maior produção de fitomassa e menor velocidade de decomposição dos resíduos culturais em relação ao cultivo destas em culturas puras. Segundo ZIECH *et al.*, (2015), as variações no rendimento de fitomassa para as espécies de cobertura são comuns, uma vez que essa característica é dependente das condições climáticas, edáficas e fitossanitárias. Além disso, Ziech *et al.*, (2015) também afirma que a consorciação de espécies vegetais, em comparação aos cultivos isolados, propicia a formação de uma cobertura do solo mais próxima do ideal, quanto à quantidade e à qualidade dos resíduos, o que traz benefícios às culturas em sucessão e ao SPD. O uso de consórcios permite incorporar, ao sistema, os benefícios isolados das culturas que o compõem e que deve ser estimulado em SPD.

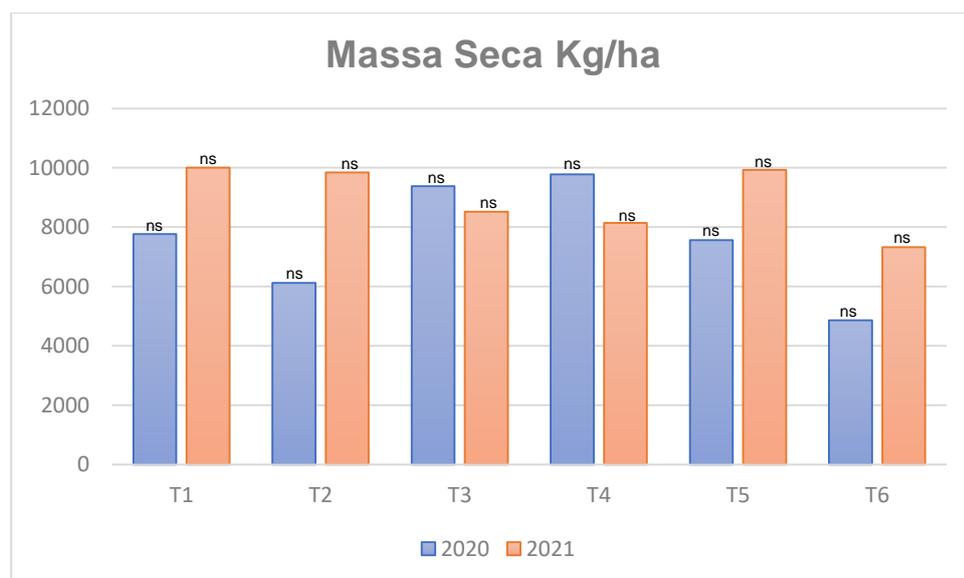
Gráfico 1 – Massa verde (kg/ha) das culturas de cobertura cultivadas nas safras de inverno de 2020 e 2021, na Estação Agronômica da Agronomia, Uergs-Cachoeira do Sul.



ns Diferenças não significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

Fonte: Autora, 2023

Gráfico 2 – Massa seca (kg/ha) das culturas de cobertura de inverno 2020 e 2021.



ns Diferenças não significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

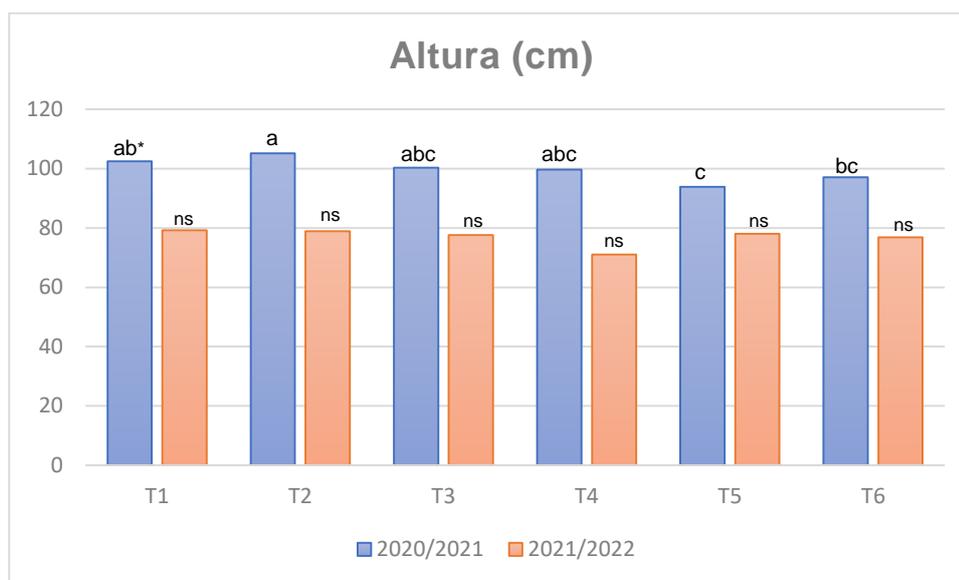
Fonte: Autora, 2023

A avaliação da produção de massa seca e massa verde das culturas de cobertura de verão não pode ser realizada, pois em decorrência da estiagem o estabelecimento das culturas de cobertura de verão, utilizadas em sobressemadura, foi fortemente prejudicado, o que ocasionou baixo estande de plantas e também produção de fitomassa

5.2 COMPONENTES DE RENDIMENTO DA CULTURA DA SOJA

Durante a safra de verão 2020/2021 e 2021/2022, foram avaliados os componentes do rendimento e o rendimento da cultura da soja, sendo assim, são apresentados nos gráficos 3 a 8 os resultados obtidos.

Gráfico 3 - Altura (cm) das plantas da cultura da soja 2020/2021 e 2021/2022



* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%

ns Diferenças não significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

Fonte: Autora, 2023

Ao avaliar a altura das plantas da cultura da soja durante a safra 2021/2022, constatou-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos. No entanto, segundo Rocha (2009), a altura de plantas de soja é considerada um importante parâmetro uma vez que tem relação com a produção, controle de plantas daninhas, acamamento e eficiência na colheita mecânica. Weber (2017) afirma que estatura ideal seria de 105 cm para que se obtenha um bom potencial produtivo, sendo

assim, na safra de 2020/2021 onde a cultura não foi afetada pela estiagem, as plantas obtiveram valores próximos ao recomendado.

Gráfico 4 - Número de plantas por metro linea da cultura da soja 2020/2021 e 2021/2022.

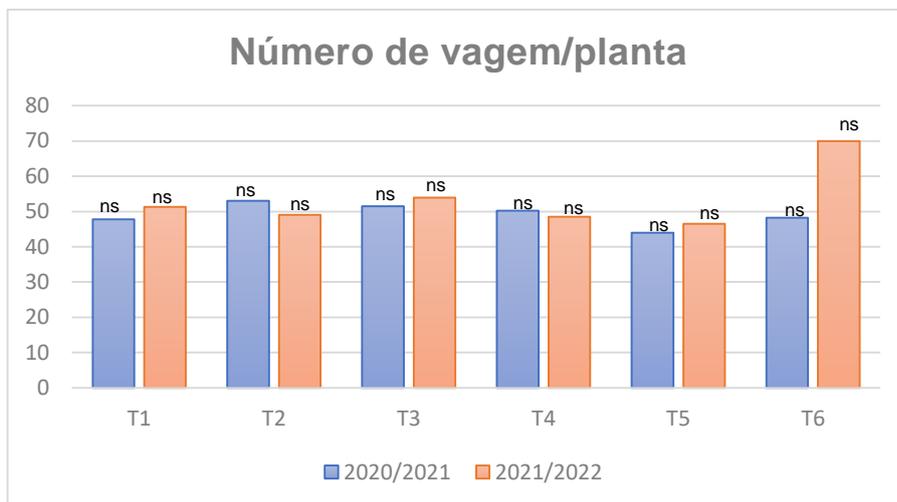


Gráfico 5 - número de vagens por planta da cultura da soja 2020/2021 e 2021/2022.

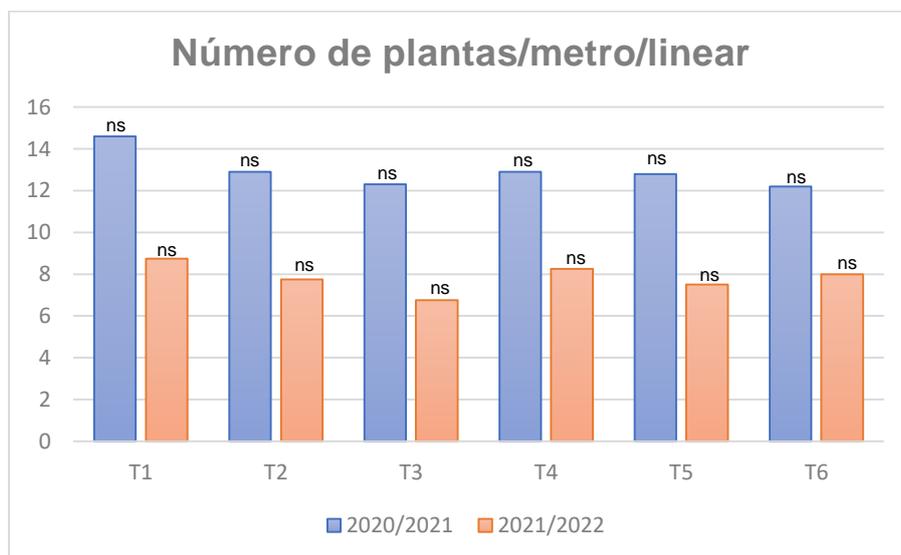
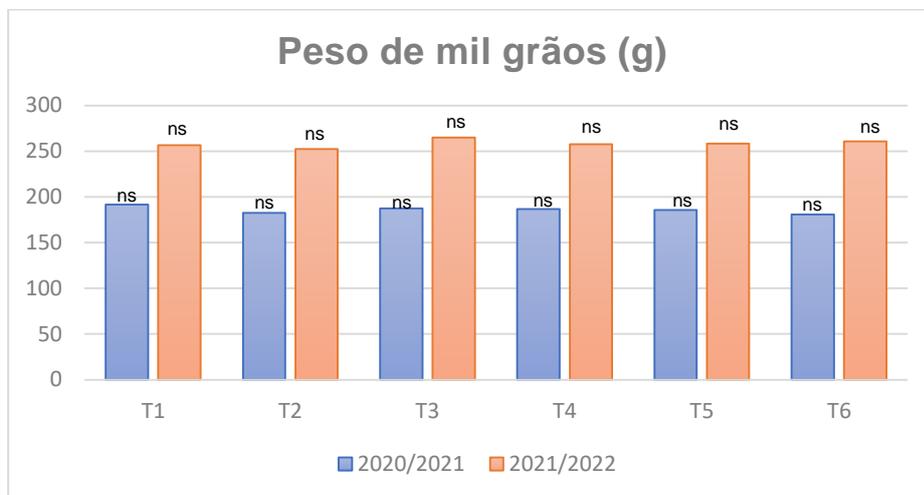


Gráfico 6 - peso de mil grãos da cultura da soja 2020/2021 e 2021/2022.

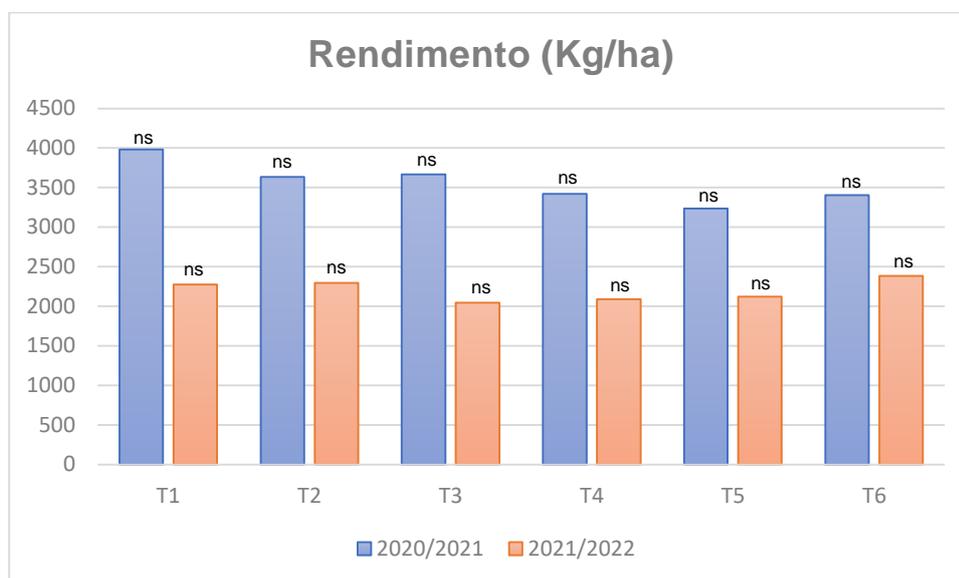


ns Diferenças não significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

Fonte: Autora, 2023

Os dados referentes ao número de plantas por metro linear, número de grãos por planta e o peso de mil grãos mostram que não houve diferenças significativas entre os tratamentos. HENZ e ROSA (2017) demonstram que as espécies de cobertura não interferem na maioria das variáveis analisadas na soja, com exceção à altura de plantas.

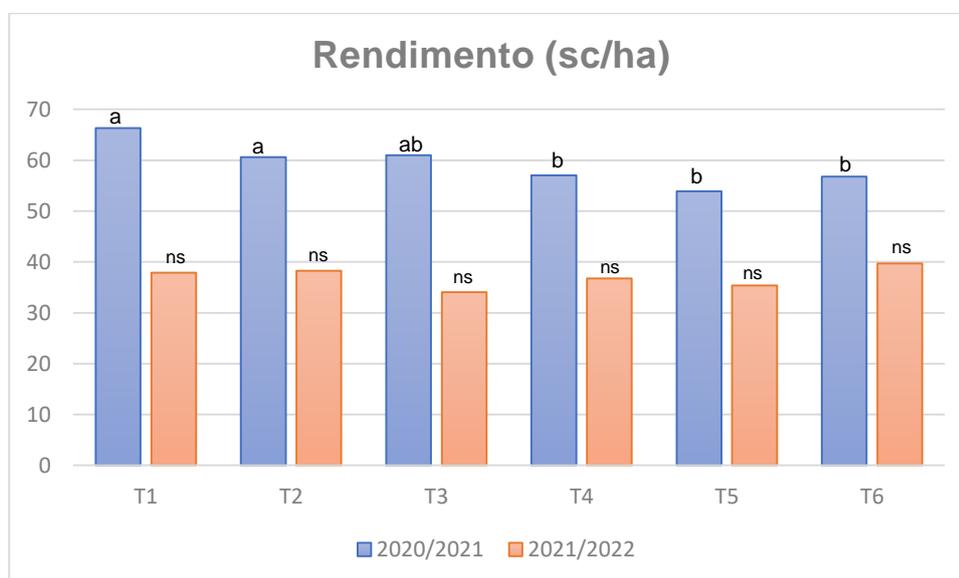
Gráfico 7 – Rendimento (Kg ha⁻¹) da cultura da soja, safra 2020/2021 e 2021/2022.



ns Diferenças não significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

Fonte: Autora, 2023

Gráfico 8 – Rendimento (sc ha⁻¹) da cultura da soja, safra 2020/2021 e 2021/2022.



* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%

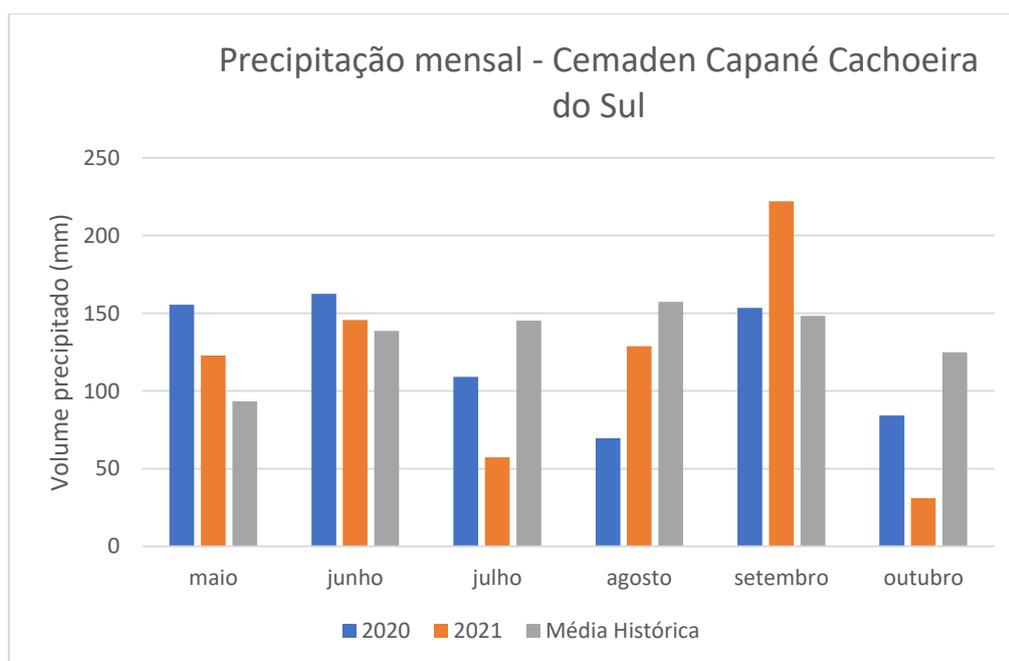
ns Diferenças não significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

Fonte: Autora, 2023

A maior produtividade de soja na safra 2020/2021 pode ser observada no T1, onde utilizou-se o consórcio de aveia e azevém, obtendo uma média de 66,3 sacas por hectare, Silva *et al* (2021) explica que a utilização da aveia promove melhorias nas condições físico-químicas do solo por emitir grandes densidades de raízes e elevada produção de matéria seca, bem como contribuí no controle biológico de espécies invasoras e auxilia na quebra do ciclo de pragas e doenças. A longo prazo a aveia e o azevém apresentam a maior taxa de cobertura do solo e uma boa persistência de palhada.

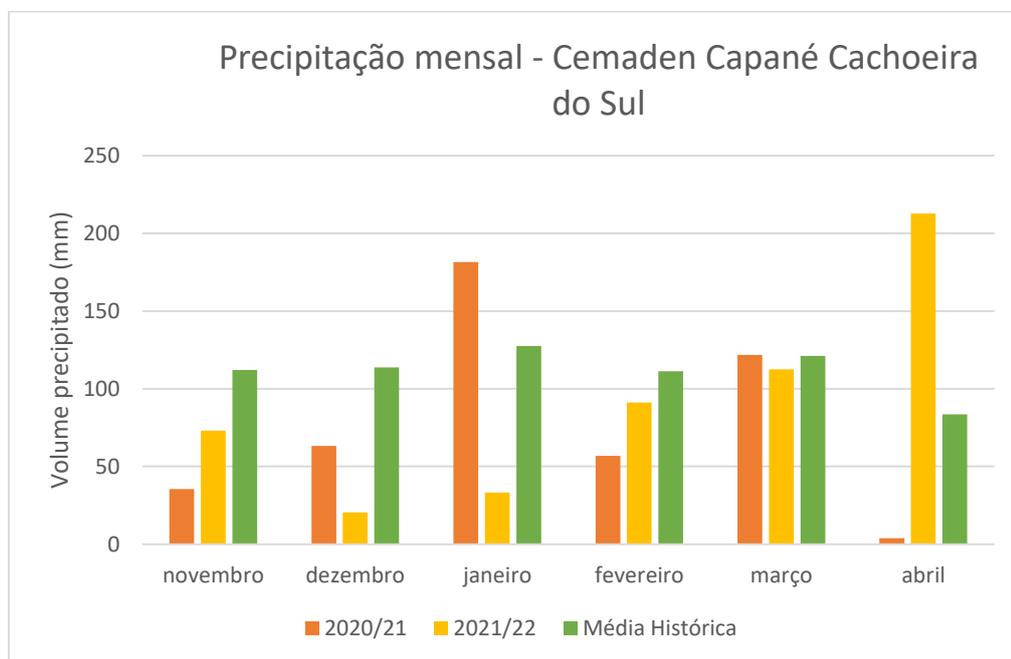
No ano seguinte, safra 2021/2022 não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos. Estes resultados podem estar associados ao cenário vivenciado nesta safra no estado do Rio Grande do Sul em que, a partir de novembro, houve forte influência do fenômeno La niña. Assim, foi verificada severa diminuição da quantidade de precipitações para o estado. Nos gráficos 7 e 8 estão representados os valores de precipitações que ocorrerem durante o período do estudo comparados com sua média histórica.

Gráfico 9 – Precipitação Mensal – Cemaden Capané Cachoeira do Sul, inverno de 2020 e 2021.



Fonte: Cemaden, 2023

Gráfico 10 – Precipitação mensal – Cemaden Capané Cachoeira do Sul, verão de 2020/2021 e 2021/2022.

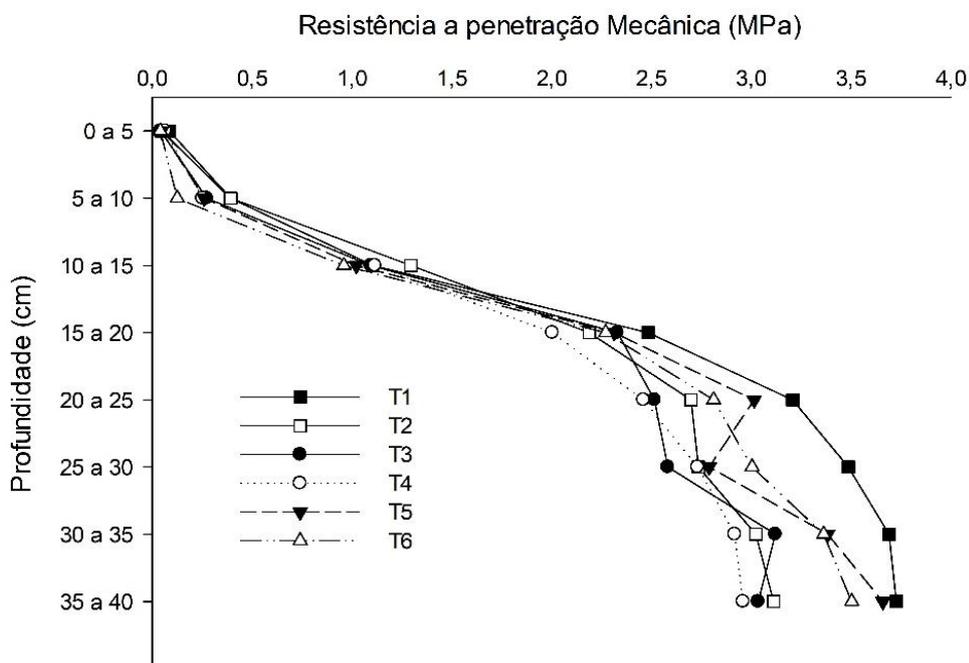


Fonte: Cemaden, 2023

5.3 RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO SOLO

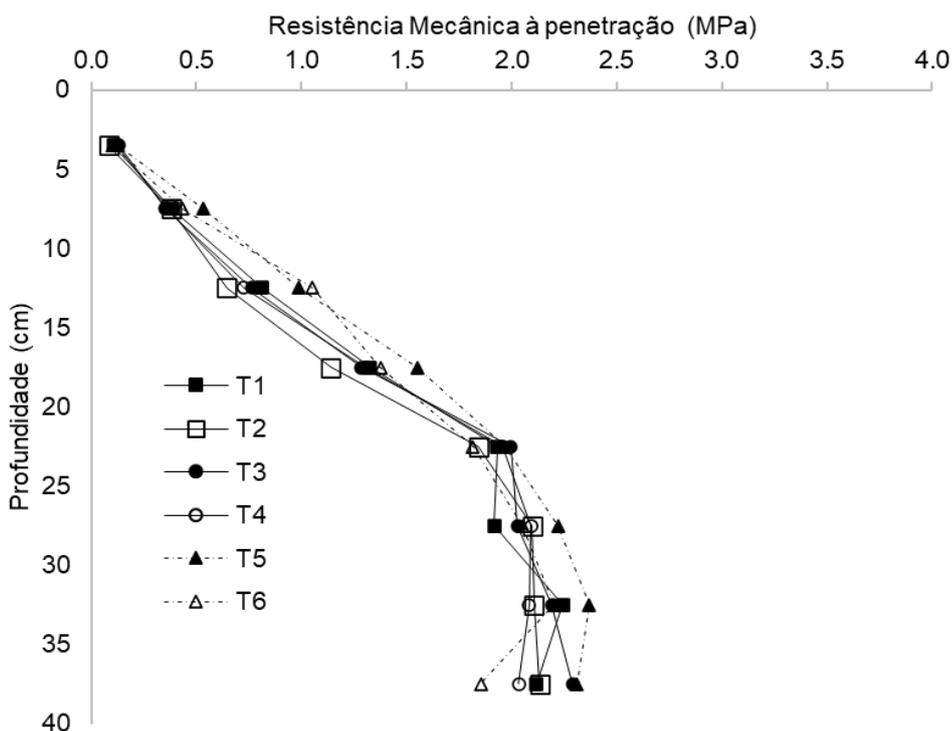
A Resistência do solo à Penetração mecânica (RP) é um importante atributo indicador da qualidade física do solo que apresenta relação direta com a densidade do solo. Em solos sob o sistema plantio direto, os valores apresentam grande variação temporal, estando associada à mudança do teor de água para cada condição de densidade do solo ou estado de compactação. Os resultados da avaliação de RP na Linha de semadura na safra 2020/2021 e 2021/2022 estão apresentados nos Gráficos 9 e 10.

Gráfico 11 - Resistência a penetração mecânica (MPa) na linha de semeadura da soja safra 2020/2021.



Fonte: Autora, 2023

Gráfico 12 - Resistência a penetração mecânica (MPa) na linha de semeadura da soja safra 2021/2022.



Fonte: Autora, 2023

Ao analisar a RP na safra 2020/2021, podemos observar que os tratamentos que apresentaram menores valores nas camadas mais superficiais, foram o T5 e T6. Sendo que o T5 utilizou, no inverno de 2020, um mix de plantas cobertura com sementes de gramíneas e leguminosas conjuntamente, trazendo o benefício dos dois grupos de plantas, visando a melhoria da qualidade física, química e biológica do solo (SILVA *et al.*, 2021). As gramíneas possuem a capacidade de produzirem maiores volumes de biomassa, se decompõem lentamente e são resistentes ao estresse hídrico, seu sistema radicular possui um alto potencial de desenvolvimento superficial, favorecendo a atividade de microrganismos do solo e conseqüentemente melhorando as características físicas, químicas e biológicas do solo. Já as leguminosas possuem alta capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e boa produção de palhada, o que favorece as culturas subsequentes (SILVA *et al.*, 2021). As raízes do nabo forrageiro exercem efeitos físicos importantes no solo, é considerado um subsolador natural proporcionando a descompactação através do aumento dos macroporos e conseqüentemente melhorando a retenção de umidade (LIMA, 2014).

Segundo Linck (2019), a resistência à penetração do solo é um indicativo para o desenvolvimento adequado do sistema radicular, no entanto o valor a partir do qual a resistência dificulta o crescimento radicular depende da cultura em questão. Os valores acima de 2 MPa são indicados como críticos de resistência do solo ao crescimento das raízes podendo essa faixa ser de 2 a 5 MPa (REINERT, 2008). Sendo assim, ao observar os dados deste estudo percebe-se que no ano agrícola 2020/2021 os valores encontrados superaram os 2 MPa em todos os tratamentos na camada situada abaixo dos 15 cm de profundidade, indicando assim que o sistema radicular da soja pode ter enfrentado elevada resistência para o seu aprofundamento no solo.

Enquanto isso, durante a safra de 2021/2022 valores próximos a 2,0 MPa foram observados apenas abaixo de 25 cm de profundidade, sendo que estes não ultrapassaram os 2,5 MPa em nenhum tratamento avaliado. Esses resultados são atribuídos a dois fatores que, provavelmente, atuaram de maneira combinada. Um deles refere-se ao maior tempo de adoção do sistema de rotação de culturas com introdução de plantas de cobertura tanto no verão (2ª safra) quanto no inverno. Associado a isso, ao observar a precipitação que ocorreu no mês de abril de 2022,

quando realizou-se a coleta de dados, percebemos que a mesma esteve acima da média histórica, deixando o solo úmido. Uma vez que será na profundidade mais superficial do solo que ocorrerá a maior variação da umidade. Desse modo, ambos fatores, melhoria da qualidade do solo e umidade, podem ter contribuído para redução dos valores de resistência a penetração no segundo ano do estudo.

Nesse sentido, quando a umidade do solo é muito alta, decorrente de elevadas precipitações anteriores ao momento da coleta da RP, acaba favorecendo a quantificação de menores valores desta variável. Ao passo que, quando a umidade do solo é muito baixa, os valores de RP serão mais altos. Tal fato vai de encontro ao que foi afirmado por Silveira *et al.*, (2010), onde foi destacado que as pequenas alterações no conteúdo de água determinam grandes variações na grandeza dependente, ou seja, na RP. Com isso, a utilização do penetrômetro digital, e de mapas temáticos para o monitoramento da RP, são ferramentas importantes para a elaboração de estratégias de manejo conservacionistas do solo, desde que aliadas à sistemas de manejo que respeitem as premissas do SPD adotadas na área.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de um mix de plantas de cobertura de inverno, com aveia, nabo e trevo apresentou um maior acúmulo de massa verde, denotando potencial de utilização em áreas manejadas sob sistema plantio direto.

Quando utilizado aveia e azevém consorciados, como plantas de cobertura no inverno, obteve-se maior produtividade na cultura da soja cultivada em sucessão.

A avaliação das plantas de cobertura sobressemeadas no verão, não pode ser realizada, pois em decorrência das condições climáticas e o longo período de déficit hídrico em ambos anos agrícolas, a implantação das culturas foi realizada muito tarde, não havendo desenvolvimento satisfatório.

Para os valores de resistência à penetração, obteve-se melhores valores na safra de 2021/2022, mostrando que o uso de plantas de cobertura auxilia na descompactação do solo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, K. M.; PEREIRA, G. M.; SILVA, J. P. S.; SILVA, J. P. S.; SANTOS, L. M. M; SANTOS, N. C. F. Avaliação estrutural do solo no projeto de desenvolvimento sustentável porto seguro, Marabá – PA. **Revista Encontros Regionais de Agroecologia do Nordeste**, Volume 2, N 1, 2018.
- ANDRADE, J.G. **Perdas de água por evaporação de um solo cultivado com milho nos sistemas de plantio direto e convencional**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- ANSCHAU, K. A.; SEIDEL, E. P.; MOTTIN, M. C.; LERNER, K. L.; FRANZISKOWSKI, M. A.; ROCHA, D. H. **Propriedades físicas do solo, características agrônômicas e produtividade da soja em sucessão a plantas de cobertura**. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 3, jul./set., p. 293-299, 2018.
- BARBIERI, M.; *et al.* Ensaio sobre a bioatividade do solo sob plantio direto em sucessão e rotação de culturas de inverno e verão. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 42, n.1, pp.121-130.
- BENTO, G. P.; BASTIANI, M. L. R. Plantas de Cobertura do Solo na Inserção de Fitomassa e Supressão de Plantas Espontâneas em Sistema de Manejo Agroecológico. **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 - Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, no 2, 2020.
- CAETANO, J. H.; *et al.* **Produtividade da Soja em Sucessão a Plantas de Cobertura**. Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo. Xanxerê, 2018.
- COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A.; **Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas**. Enciclopédia biosfera, centro científico conhecer - goiânia, v.9, n.17; p. 2011843 3. 2013.
- DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI, D. A., SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36(Rev. Bras. Ciênc. Solo, 2012 36(6)), 1714–1723. 2012
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000600005>. Acesso em 16 de março de 2023.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- GARCIA, C. M. P.; *et al.* Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. **Bragantia**. v.3, n.2, pp.143-152. 2014.

GENNARO, L. A.; *et al.* Estrutura do solo sob feijão irrigado e diferentes manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 2, p. 608-614, 2015.

GONÇALVES, G.S. **Mapeamento da compactação do solo em sistema de plantio direto na região da estrada de ferro**. P.29. Trabalho de conclusão de curso (TCC) - Curso de Agronomia, Unievangélica, Centro Universitário de Anápolis, 2019.

GUARÇONI, A.; FAVARATO, L. F.; STIPP, S. R.; CASARIN, V. Manejo da fertilidade do solo para uma produção agropecuária mais sustentável. **Incapem em Revista**, Vitória, v. 10, p. 22-42, jan./dez. 2019.

GURGEL, A. L. C.; *et al.* Compactação do solo: efeitos na nutrição mineral e produtividade de plantas forrageiras. **Revista Científica Rural**, Bagé-RS, volume 22 , nº1, ano 2020.

HENZ, F. M.; ROSA, H. A. Produtividade da soja após cultivo de plantas de cobertura de inverno. **Revista cultivando o saber**, 2017. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/842/769>. Acesso em: 14 de março de 2023.

LEAL, M. L. A.; *et al.* Efeito dos sistemas de manejo e do uso do solo na população de microrganismos do solo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, e21910917966, 2021.

LIMA, L. B. Efeito das plantas de cobertura em Sistema de Plantio Direto. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer. Goiânia, GO, 2018.

MANSANO, P. H. P. **Plantas de cobertura e sua influência na compactação do solo**. Anápolis,GO, 2020.

OURIQUE, R. S.; *et al.* **Plantas de cobertura e sua eficiência na resposta da produtividade da soja**. Salão do conhecimento. Ijuí, RS. 28 de outubro de 2022.

PENA, L. K. **Fitossociologia de plantas daninhas, plantas de cobertura e sistemas de preparo em latossolo vermelho cultivado com soja**. Rio Paranaíba- Minas Gerais 2020.

PFULLER, E. E.; *et al.* Aspectos fenológicos e produtividade de espécies de verão para cobertura de solo em Vacaria, RS. **Investigación Agraria Journal**. vol.21, n.1, pp.23-30. 2019.

RAMOS, M. R.; DEDECEK, R. A.; SILVA, T. R. da; FREIRE, T. M. Atributos físicos do solo no horizonte superficial em diferentes usos. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v. 3, n. 1, 2017.

REIS, L. S.; *et al.* Compactação do Solo: Uma visão Agronômica e Ambiental. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, e40011528487, 2022.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32(5), 1805–1816. 2008.

ROCHA, R. S. **Avaliação de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Piauí, Piauí, 2009

SANTOS, J. C. S. **Utilização de Plantas de Cobertura na Adubação Verde e na Formação de Cobertura Morta na Fruticultura Irrigada do Sub-médio São Francisco**. Monografia (Pós-graduação em Agroecologia) – IF Sudeste M.G, Rio Pomba. MG, 2011.

SANTOS, F.S. *et al.* A utilização de plantas de cobertura na recuperação de solos compactados. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.3, n.3, p. 82-91, 2014.

SILVA, M. A.; NASCENTE, A. S.; FRASCA, L. L. M.; REZENDE, C. C.; FERREIRA, E. A. S.; FILIPPI, M. C.; LANNA, A. C.; FERREIRA, E. P. B.; LACERDA, M.C. **Coberturas isoladas e mistas para melhorar a qualidade do solo e cultivos comerciais no Cerrado**. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, [S.I.], 2021.

SILVA, M. A.; *et al.* Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas comerciais no Cerrado. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, e11101220008, 2021

SILVEIRA, D. C.; *et al.* Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 34, n. 3, p. 659-667, 2010.

SOUZA, M.; *et al.* Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**, v. 43, n. 1, p. 21-27, 2013.

SOUZA, L. S.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde na física do solo**. 1ª ed. Brasília: Embrapa, 337-369. 2014.

SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P. Rendimento de massa de adubos verdes e o impacto na fertilidade do solo em sucessão de cultivos orgânicos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6 , p. 1796-1805, Nov./Dec. 2013. Disponível em: file:///C:/Users/Cliente/Downloads/admin,+6-Agra_21931.pdf. Acesso em: 25 de Março de 2023.

TARTARI, D.T.; NUNES, M.C.M.; SANTOS, F.A.S.; FARIA JUNIOR, C.A.; SERAFIM, M.E. Perda de solo e água por erosão hídrica em Argissolo sob diferentes densidades de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Agroecologia**, n.3, v.7, p.85-93, 2012. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/12720/8816>.

TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e água e em pequenas empresas rurais no sul do Brasil.** Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Porto Alegre: UFRGS. 2016.

VERONESE, M.; *et al.* Plantas de cobertura e calagem na implantação do sistema plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 47, 2012.

WEBER, P. S. **Componentes de rendimento e grupo de maturidade relativa que influenciam o potencial de produtividade em soja.** Santa Maria, RS, 2017.

ZIECH, A. R. D.; *et al.* Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, vol.50, n.5, pp.374-382. 2.