

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

**BRUNA VICENTE**

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE REPOLHO  
CULTIVADO EM SUCESSÃO À PLANTAS DE COBERTURA EM SISTEMA  
PLANTIO DIRETO**

**CERRO LARGO**

**2022**

**BRUNA VICENTE**

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE REPOLHO  
CULTIVADO EM SUCESSÃO À PLANTAS DE COBERTURA EM SISTEMA  
PLANTIO DIRETO**

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

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 08/03/2022

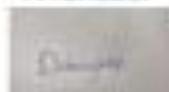
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr.º Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS  
Orientador



Prof. Dr.º Renan Costa Beber Vieira  
Avaliador



Prof. (a). Dr.ª Débora Leitzke Betemps  
Avaliadora

Vicente, Bruna

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE REPOLHO (BRASSICA OLERACEAE) CULTIVADO EM SUCESSÃO À PLANTAS DE COBERTURA EM SISTEMA PLANTIO DIRETO / Bruna Vicente. -- 2022.

39 f.:il.

Orientador: Professor Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

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

1. Manejo de Solo. 2. Atributos Físicos do Solo. 3. Sistema Plantio Direto de Hortaliças. I. Kaiser, Douglas Rodrigo, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Expresso aqui meu agradecimento a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para o andamento desse trabalho, desde a capina dos tratamentos, plantio, coletas de solo e de plantas, tal como atividades em laboratório: orientador, colegas de graduação, funcionários da UFFS Campus Cerro Largo e a minha família.

Ao meu orientador Prof. Dr Douglas Rodrigo Kaiser que com sabedoria e paciência me orientou durante a graduação em projeto de Iniciação Científica e no trabalho de conclusão, me proporcionando conselhos e orientações para que fosse possível crescer não apenas como profissional mas como pessoa.

Aos membros da banca Prof. Dr Renan Costa Beber e a Prof. Dra. Débora Betemps pela leitura cuidadosa e pelas importantes críticas construtivas.

A todos os professores da UFFS – Campus Cerro Largo pelos ensinamentos passados durante a graduação.

E principalmente agradecer à minha família pelo suporte e compreensão durante o período de graduação, e que contribuíram para cada passo na minha trajetória acadêmica me apoiando em todas as suas etapas.

## RESUMO

O Plantio Direto como sistema de manejo para hortaliças é uma ferramenta importante na transição para um sistema de produção sustentável, na conservação dos solos e recuperação das áreas degradadas. Desta forma, adaptado para o plantio de hortaliças, o Sistema Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) tem como objetivo promover a saúde da planta e melhorar os atributos biológicos, químicos e físicos do solo, consequentemente resultando em um aumento da produtividade das culturas agrícolas. O principal objetivo deste trabalho é conhecer os efeitos de diferentes espécies de plantas de cobertura nos atributos físicos do solo e na produção de *Brassica oleracea* (Repolho). O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, e é composto por vinte unidades experimentais de 8 m<sup>2</sup>. O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos adotados foram: área cultivada com Feijão de Porco (FP), Crotalaria juncea (CJ), Capim Sudão (CP), Milheto (MI) e uma área em pousio (SC). As plantas foram semeadas e ao final do ciclo foram roçadas e a biomassa das mesmas foi disposta sob a superfície do solo, para posterior plantio das mudas de repolho. O ciclo da cultura do repolho durou 135 dias, e após o final dele, foram coletadas amostras de solo para análise de Densidade do Solo, Porosidade total, Microporosidade e Macroporosidade. Os parâmetros culturais avaliados foram Massa Fresca de Cabeça (MFC), Diâmetro de Cabeça (DC) e Produtividade média. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e a comparação das médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. A densidade e a porosidade total diferiram significativamente na camada 5-10cm, com maiores valores para o tratamento FP e menores valores para SC. Micro e macroporosidade não diferiram significativamente entre os tratamentos, apontando que para esse parâmetro os tratamentos foram semelhantes. A produtividade do repolho foi maior no tratamento FJ demonstrando as melhores condições de produtividade na utilização da espécie de feijão de porco em sistema de rotação no cultivo de hortaliças.

Palavras-chave: Manejo do Solo. Física do Solo. Hortaliças.

## ABSTRACT

No-tillage as a management system for vegetables is an important tool in the transition to a sustainable production system, in soil conservation and recovery of degraded areas. In this way, adapted for the planting of vegetables, the Direct Planting System of Vegetables (SPDH) aims to promote plant health and improve the biological, chemical and physical attributes of the soil, consequently resulting in an increase in the productivity of agricultural crops. The main objective of this work is to know the effects of different species of cover crops on the physical attributes of the soil and on the production of *Brassica oleracea* (Cabbage). The experiment was conducted in the experimental area of the Federal University of Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, and consists of twenty experimental units of 8 m<sup>2</sup>. The experimental design adopted was randomized blocks, with five treatments and four replications. The treatments adopted were: area cultivated with *Canavalia ensiformis* (FP), *Crotalaria juncea* (CJ), *Sorghum sudanense* (CP), *Pennisetum glaucum* (MI) and a fallow area (SC). The plants were sown and at the end of the cycle they were mowed and their biomass was placed under the soil surface for later planting of cabbage seedlings. The cabbage crop cycle lasted 135 days, and after the end of it, soil samples were collected for analysis of Soil Density, Total Porosity, Microporosity and Macroporosity. The cultural parameters evaluated were Fresh Head Mass (MFC), Head Diameter (DC) and Average Productivity. The data obtained were submitted to analysis of variance and the comparison of means by the Tukey test at 5% probability. Density and total porosity differed significantly in the 5-10cm layer, with higher values for the FP treatment and lower values for SC. Micro and macroporosity did not differ significantly between treatments, indicating that for this parameter the treatments were similar. Cabbage yield was higher in the FJ treatment, demonstrating the best yield conditions in the use of the pig bean species in rotation system in the cultivation of vegetables.

**Keywords: Soil Management. Soil Physics. Vegetables.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Arranjo das unidades experimentais conforme delineamento utilizado .....	22
<b>Figura 2:</b> Semeadura dos tratamentos em sulcos.....	23
<b>Figura 3:</b> Estádios Fenológicos e ciclo da cultura do repolho. Cerro Largo, 2021 .....	24
<b>Figura 4:</b> Plantas de cobertura em pleno florescimento aos 86 DAS. A: Capim Sudão. B: Crotalária. C: Milheto e D: Feijão de Porco .....	25
<b>Figura 5:</b> Coleta de solo em anéis de aço inox com estrutura preservada. Cerro Largo, 2021	26
<b>Figura 6:</b> Processamento da análise cultural. A: Determinação da Massa fresca de cabeça. B: Medição do diâmetro de cabeça. ....	27
<b>Figura 7:</b> Gráfico da produtividade do Repolho. FP: Feijão de Porco; CJ: Crotalária; MI: Milheto, CP: Capim Sudão e SC: Sem cobertura.....	32

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Análise química do solo na profundidade de 0,20m. _____	22
<b>Tabela 2:</b> Produção de biomassa das plantas de cobertura em Mg por hectare aos 86 DAS em pleno florescimento. _____	28
<b>Tabela 3:</b> Valores de Densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), Microporosidade (Mi), Macroporosidade (Ma) e Grau de compactação (GC) na camada 0-20cm. _____	30
<b>Tabela 4:</b> Massa fresca de cabeça, diâmetro de cabeça e produtividade da cultura do repolho nos diferentes tratamentos. _____	31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C	Carbono
C/N	Relação entre Carbono e Nitrogênio
DAS	Dias após a semeadura
MS	Massa Seca
N	Nitrogênio
SPDH	Sistema Plantio de Hortaliças
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul
MFA	Massa Fresca de Cabeça
Ds	Densidade do Solo
Pt	Porosidade total
Mi	Microporosidade
Ma	Macroporosidade
Dc	Diâmetro de cabeça
Mg	Mega gramas
cm	Centímetros
cm <sup>3</sup>	Centímetros cúbicos
t	Toneladas
ha	Hectares

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>12</b>
2.1	SISTEMA DE PLANTIO DIRETO .....	12
2.2	SISTEMA PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS.....	14
2.3	PLANTAS DE COBERTURA.....	15
<b>2.3.1</b>	<b>Capim Sudão.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Milheto.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Crotalária .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Feijão de porco .....</b>	<b>18</b>
2.4	REPOLHO ( <i>BRASSICA OLERACEAE</i> ) .....	19
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO E HISTÓRICO DA ÁREA .....	21
3.2	IMPLANTAÇÃO E DELINEAMENTO DO EXPERIMENTO .....	22
3.3	AMOSTRAGEM E ANÁLISES REALIZADAS .....	25
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças é uma atividade agrícola em expansão no Brasil, tendo enorme importância social e econômica principalmente para a agricultura familiar. A produção olerícola no país é diversificada e segmentada e dentre as maiores hortaliças produzidas estão o tomate, cebola, batata, melancia e as brassicas (repolho, brócolis e couve flor). O repolho ocupa a quinta posição no ranking de produção olerícola, produzindo em média 7.123 toneladas por ano, onde se destacam os estados do Sul e Sudeste, sendo uma das culturas mais consumida pelos brasileiros (IBGE, 2017).

O cultivo de hortaliças tem um caráter de exploração intensivo do solo, em que o solo é revolvido com grades, arados e principalmente encateiradoras de enxadas rotativas, acelerando a degradação do solo e intensificando os impactos ambientais. Dessa forma, a utilização de sistemas convencionais tem se tornado insustentável por diminuírem a quantidade de matéria orgânica, causarem a perda de nutrientes através da erosão e lixiviação, acentuarem os problemas de compactação e afetarem a estrutura do solo através da desestabilização dos agregados. Para que seja possível viabilizar a sustentabilidade da produção, a agricultura conservacionista vem sendo difundida entre os técnicos e produtores, esta que prioriza a mínima mobilização do solo e a cobertura permanente do mesmo.

As práticas conservacionistas do solo, como o plantio direto, desaceleram a degradação do solo e propiciam melhores condições de manejo do solo e na produção agrícola. O Sistema Plantio Direto no cultivo de hortaliças começou a ser difundido na década de 1990, no estado de Santa Catarina e tem seu eixo consolidado na promoção da saúde das plantas, adubação verde e manutenção da cobertura permanente do solo em um programa de rotação e diversificação de culturas, potencializando desta forma o sistema produtivo de hortaliças de forma sustentável ao agroecossistemas. Dentre as principais melhorias na cadeia produtiva se destacam a perda de solo por erosão hídrica, favorecimento do incremento da matéria orgânica, o que por sua vez favorece a ação edáfica e o aumento da mineralização e disponibilidade de nutrientes como carbono orgânico, nitrogênio e fósforo.

Entretanto, as culturas de horticultura não proporcionam a quantidade adequada de biomassa, pois o recomendado é a produção de 8 t.ha<sup>-1</sup> de palha sob a superfície do solo para que a cobertura cumpra as funções biológicas, químicas e físicas. Desse modo, é necessário inserir espécies de plantas de cobertura no programa de rotação de cultura, podendo estas estarem inseridas entre os ciclos produtivos e usadas como cobertura morta ou em consórcio,

utilizando o plantio direto no verde. As plantas de cobertura além de cobrir o solo, cumprem a função de estruturação do solo através das raízes, ciclagem de nutrientes, retenção de água no solo e diminuição de perdas de solo por erosão e lixiviação.

As espécies para a adubação verde que são utilizadas podem ser de diferentes famílias botânicas, sendo elas principalmente do grupo das gramíneas e leguminosa. As gramíneas se caracterizam pelo alto aporte de Fitomassa produzida, sua alta relação C/N que proporciona que o solo fique coberto mais tempo. Diferente das gramíneas, as leguminosas sofrem rápida degradação pela baixa relação C/N, propiciando uma rápida e alta mineralização de Nitrogênio no solo. A utilização dessas espécies tem o potencial de recuperar solos degradados e aumentar a produção agrícola.

Isto posto, o objetivo deste trabalho é analisar o impacto de diferentes espécies de plantas de cobertura na produtividade do Repolho e a resposta dos atributos físicos do solo conduzidos sob plantio direto de hortaliças em uma Latossolo Vermelho na região das Missões do Rio Grande do Sul.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

O solo na agricultura serve de substrato para o crescimento de plantas, sendo um meio poroso e trifásico, composto por corpos naturais e dinâmicos formados a partir de diversas transformações complexas de rochas e minerais e suas interações com o ecossistema, sendo assim, um recurso natural que leva milhões de anos para ser formado (BRADY; WEIL, 2013; LEPSCH, 2010).

Entretanto, a acelerada intensificação da agricultura aliada a necessidade de aumento de demanda de alimentos e ao manejo incorreto do solo vem se agravando a degradação do mesmo. Desta forma, se torna necessário a utilização de sistemas conservacionistas em substituição à agricultura convencional, esta última que é agricultura baseada no preparo primário e secundário do solo com arados de disco, grades e encateiradoras de enxada rotativa (ROSSET *et al*, 2014). Estas práticas estão atreladas a perda de fertilidade natural e erosão hídricas, a compactação dos horizontes subsuperficiais, estes por consequência, acarretam na diminuição da produtividade das culturas (STONE; SILVEIRA, 2001), assim se destaca a importância da utilização do manejo sustentável do sistema.

O sistema de plantio direto se enquadra como cultivo conservacionista e se caracteriza pelo revolvimento do solo apenas na linha de semeadura e a manutenção permanente da cobertura, e atualmente ocupa mais de 22 milhões de hectares, principalmente em área que estão implantadas com culturas de grãos, como a soja, trigo e milho. O aumento de áreas cultivadas com sistema plantio direto se deu devido aos benefícios que este traz para a agricultura, tal como o aumento do teor de matéria orgânica no solo, ciclagem e disponibilidade de nutrientes para as plantas, aumento de retenção de água no solo, melhoria nas propriedades físico-químicas do solo e controle de plantas invasoras (GOMES; CHRISTOFFOLETI, 2008).

O plantio direto foi introduzido no Brasil nos anos de 1970, iniciando no Sul do país com o cultivo da soja como uma forma de controle da erosão do solo. Contudo, até 1990 a sua utilização fora pouco expressiva, e só a partir desta década que começou a ser difundido entre os agricultores do Sudeste e do Cerrado brasileiro. Além dos benefícios intrínsecos ao plantio direto, a adoção deste sistema pelos técnicos e produtores está relacionada ao menor custo de

produção quando comparado ao sistema convencional e a facilidade de operação (LOPES et al, 2003).

De forma que se atinja a conservação física e química do solo, os requisitos e fundamentos desse sistema devem ser seguidos de forma correta. Dentre estes fundamentos está o revolvimento mínimo do solo, realizado apenas na linha de semeadura reduzindo assim a desagregação do solo e mantendo a cobertura, dessa maneira evitando a erosão hídrica do solo (PASSOS; ALVARENGA; SANTOS, 2018). A rotação de culturas que é definida através de um programa em ordem cronológica de espécies, que favorece o controle de pragas agrícolas minimizando custos de produção, além da diversidade de morfologia de raízes, responsáveis pela formação da estrutura do solo e reciclagem de nutrientes (SALTON; HERNANI; FONTES, 1998).

Um dos preceitos mais importantes do plantio direto é a manutenção permanente da cobertura do solo, e esta pode ser cobertura viva como os adubos verdes ou obtida através de restos culturais após o ciclo da cultura (AKER *et al*, 2016). A palhada sob a superfície do solo desempenha diversas funções no plantio direto e tem efeito direto na diminuição da energia cinética da chuva e reduzindo a erosão hídrica. A palhada também atua como regulador da temperatura, evaporação e infiltração de água no solo, reduzindo a amplitude térmica e aumentando o armazenamento de água, favorecendo assim o crescimento e desenvolvimento das culturas. A fim de efetividade do efeito benéfico dos restos culturais sob a cobertura do solo é necessária a uniformidade da palhada aliada a uma quantidade superior à 8 t.ha<sup>-1</sup> (HECLER; SALTON, 2002; CRUSCIOL *et al*, 2008; ALVARENGA *et al*, 2001).

Por consequência, a manutenção da palha permanentemente aumenta os teores da matéria orgânica do solo, estabilizando os níveis de carbono e o balanço entre entrada e saída de nutrientes do solo. A decomposição da biomassa das plantas propicia a redistribuição do carbono orgânico em diversas frações da matéria orgânica, alterando também as relações carbono e nitrogênio (SÁ *et al*, 2003).

Isto posto, Silva (2009) aponta mudanças ambientais positivas com a adoção do plantio direto, visto que há diminuição na utilização de agroquímicos e nos níveis de contaminação da água, equilíbrio da biodiversidade da flora e fauna do solo, redução das emissões de gases do efeito estufa pelo potencial de sequestrar o carbono da atmosfera e o manter em ciclos biogeoquímicos do solo e a conservação da estrutura física do solo.

## 2.2 SISTEMA PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS

Como uma das alternativas para o controle da degradação dos solos no cultivo de hortaliças, o sistema plantio direto foi proposto em 1990 como um sistema conservacionista do solo que tem como premissas a rotação de culturas, adubação verde e diminuição da utilização de agroquímicos (MAFRA *et al*, 2019). Os primeiros experimentos envolvendo o sistema plantio direto de hortaliças (SPDH) ocorreu em Santa Catarina com o cultivo de cebola, devido a importância dessa cultura para o Estado e o agravamento das condições de solo das regiões produtoras (TIVELLI; PURQUERIO; KANO, 2010).

Madeira *et al* (2019) define o Sistema Plantio Direto de Hortaliças em:

“Um sistema que consiste no plantio pautado em três premissas básicas: a efetiva rotação de culturas com a inserção de plantas de cobertura produtoras de resíduos vegetais ou biomassa verde para a formação de palhada; permanente proteção do solo, com cobertura morta ou viva (SPDH no verde); revolvimento localizado do solo, restrito às linhas ou covas do plantio.” (MADEIRA *et al*, 2019, p. 5).

Desta forma, quando comparado ao sistema convencional de produção o SPDH têm se mostrado vantagens econômicas e contribui para a melhoria do manejo dos solos e na qualidade físicas, químicas e biológicas (CASTRO; MADEIRA; LIMA). Contudo, a transição entre esses sistemas deve ser adequada ao local, respeitando as condições climáticas, condições de relevo e propriedades do solo e disponibilidade de recursos, para que ocorra a integração adequada das unidades de produção (MAFRA *et al*, 2019). Na implantação deste sistema deve-se considerar que hortaliças não produzem quantidades elevadas de resíduos vegetais, sendo necessário desta forma a inserção de plantas de cobertura em consórcio ou sucessão (LIMA; MADEIRA, 2013).

Dentre os principais benefícios deste sistema está a diminuição de impactos ambientais como a redução da utilização de agroquímicos e fertilizantes químicos contaminação das águas, além da diminuição de perda de solo e nutrientes pelo processo de erosão hídrica, visto que a cobertura do solo reduz o impacto das gotas de chuva sob o solo. Além disto, como vantagem têm-se o aumento da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, dado pelo aumento do aporte de biomassa e cobertura permanente do solo, o que reflete em um aumento da fertilidade natural dos solos (LIMA *et al*, 2017).

Assim como o sistema plantio direto na produção de grãos, o SPDH tem grande potencial de sequestro de carbono, aumentando desta forma o estoque desse nutriente no solo e

diminuindo os gases do efeito estufa. O aumento do estoque de carbono do solo fomenta o aumento de microrganismos benéficos e que atuam na mineralização de alguns nutrientes como nitrogênio e fósforo aumentando a disponibilidade destes nutrientes para as culturas (LIMA; MADEIRA, 2013).

### 2.3 PLANTAS DE COBERTURA

Das premissas do plantio direto a cobertura permanente do solo é uma das mais importantes, tanto cobertura de plantas vivas ou restos culturais. Dentre os benefícios de um programa de sucessão de culturas que compreende espécies com intensa produção de biomassa, estão as melhorias na qualidade física do solo, aumentando as taxas de matéria orgânica, formação de bioporos e estabilização dos agregados e evitando os processos erosivos (ANDRADE; STONE; SILVEIRA, 2009).

Dentre os efeitos positivos da adubação verde está o favorecimento dos microrganismos do solo, como as bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, estes que em simbiose com espécies da família Fabaceae conseguem realizar a fixação de nitrogênio, aumentando os níveis desse macronutriente no solo, e aumentando a mineralização do mesmo para a próxima cultura. Ademais, a ciclagem de nutrientes, principalmente Carbono e Nitrogênio mineralizados servem de substratos para outros fungos e bactérias benéficos do solo, otimizando desta forma a qualidade do solo e sua capacidade produtiva (ESPÍNDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 1997).

A qualidade da palhada é dependente da rotação de culturas que é adotado, do tipo de planta e do manejo. As espécies vegetais que servem para cobertura do solo dependem de característica morfológicas e fisiológicas, como a capacidade de realizar simbiose, tipo e crescimento de raiz e produção de massa seca. Deve ser levado em conta época de plantio, a próxima cultura comercial e disponibilidade de sementes (MARTINS DA SILVA *et al*, 2009; ALVARENGA, 2001).

Dentre as plantas de cobertura utilizadas, aquelas das famílias *Fabaceae* e *Poaceae* são mais difundidas entre os técnicos e produtores. O primeiro grupo, também chamadas de leguminosas, realizam simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, aumentando os teores deste nutriente no solo para a cultura sucessora. Contudo, as espécies dessa família em geral apresentam baixa relação C/N e degradação rápida da palha, diminuindo assim o tempo de cobertura do solo (PEREIRA *et al*, 2017). As gramíneas, em contraponto apresentam alta

relação entre carbono e nitrogênio, desta forma os seus restos culturais permanecem por mais tempo na superfície do solo (Teixeira *et al*, 2012).

Exposto todos os benefícios de plantas de cobertura, Sagrilo *et al* (2009) apontam que as plantas de cobertura auxiliam na recuperação de solos compactados e em processo de degradação, já que favorecem o incremento de matéria orgânica e o aumento de aporte de nutrientes e condicionam o solo à uma melhoria física, química e biológica.

### 2.3.1 Capim Sudão

A espécie forrageira *Sorghum sudanense* (Piper) Stapft, conhecida popularmente por Capim Sudão, pertence à família das gramíneas e possui centro de origem no norte da África e foi introduzida na América 1909. É uma espécie adaptadas em a altas temperaturas e com grande adaptação ao clima seco, com boa germinação e capacidade de rebrota. Além disso, o capim sudão pode chegar a 3 m de altura fornecendo grande quantidade de matéria seca para o solo (CASTRO *et al*, 2018; SANTOS, 2018; MAY *et al*, 2011).

O capim sudão é uma planta anual cultivada no verão e é utilizado principalmente na alimentação animal, e está sendo difundido como planta de cobertura. A época de semeadura ocorre de outubro a dezembro, e sua semeadura pode ser em linha ou a lanço. Essa espécie apresenta alta capacidade de produção de fitomassa dado o comprimento de suas folhas e sua altura, e sua alta relação C/N garante cobertura do solo por um maior período de tempo quando comparado as Leguminosas (PEREIRA *et al*, 2017).

Dentre as cultivares de capim sudão está a BRS Estribo, criada pela Embrapa e se tornando a principal cultivar plantada no Brasil. É uma cultivar com finalidade forrageira e com alto potencial produtivo de matéria verde e por isso se torna ideal para a adubação verde. Essa cultivar tem um ciclo mais longo que o capim sudão comum e alta capacidade de perfilhamento e adaptada a diferentes tipos de solo (BENDER; TRENTIN, 2020). Esta cultivar estende a época de plantio perdurado de outubro até fevereiro, sendo também responsivo ao fotoperíodo de modo que o florescimento melhor se dá no mês de janeiro. Para a densidade de semeadura recomenda-se 25 kg.ha<sup>-1</sup> em linha, em uma profundida de plantio de no máximo dois cm (SILVEIRA *et al*, 2015).

### 2.3.2 Milheto

O milheto (*Pennisetum glaucum* L.) (Figura 2) teve origem na África Ocidental, sua perpetuação e seleção genética na Índia e África Oriental. Foi introduzida na Europa em meados do século XVIII através de sementes enviadas da Índia, onde passou por um processo de modificação genética e seleção natural. Apenas por volta de 1930 foi encontrado relatos dessa cultura no Sul do Brasil, onde era utilizada como pastagem e revestimento do solo (RESENDE, 2019).

É uma planta anual, de porte herbáceo e pertencente à família das gramíneas e tem como finalidade a alimentação animal em forma de forragem ou como adubo verde para cobertura do solo. É uma cultura adaptada ao déficit hídrico, temperaturas altas e solos pouco férteis. Seu ciclo dura em torno de 150 dias, a sua altura pode chegar a 3 metros. Após a colheita o milheto pode produzir até 60 t.ha<sup>-1</sup> de massa verde para silagem e 15 t.ha<sup>-1</sup> de massa seca para cobertura no solo (PEREIRA FILHO, 2003; SALTON; HERNANI, 1994).

Além da alta quantidade de palhada fornecida pelo milheto, a alta relação C/N e fornece uma palhada mais duradoura quando comparada com outras culturas (TEIXEIRA *et al*, 2011). Ainda, o seu sistema radicular profundo possibilita a ciclagem dos nutrientes e aumenta a sua disponibilidade, atuando também como agente cimentante e melhorando a estrutura do solo, na formação de bioporos e melhoria de armazenamento de água (MARCANTE; CAMACHO; PAREDES, 2011).

### 2.3.3 Crotalária

A *Crotalária juncea* usualmente chamada apenas de Crotalária, tem como centro de origem a Índia, e é adaptada a regiões tropicais e subtropicais, tolerando temperaturas altas e solos com baixa fertilidade. É uma planta da família *Fabaceae*, arbustiva e que pode chegar até 3 metros de altura (FORMENTINI, 2008). A sua principal utilização é em programas de rotação de culturas no plantio direto, por ser uma espécie com rápido crescimento, efeito alopatóico sob diversas espécies de pragas agrícolas e ao grande potencial de produção de biomassa e a fixação

biológica de Nitrogênio se torna uma opção ideal na adubação verde (PEREIRA *et al*, 2005).

Essa espécie é uma das Leguminosas que mais se destaca na utilização de cobertura do solo, dado a seu grande potencial de produção de biomassa, Calegari (2016) diz que a produtividade de massa seca da Crotalária pode variar de 10 a 15 t.ha<sup>1</sup>. Além da alta quantidade de palhada produzida, a palhada tem grande quantidade de Nitrogênio, pois pode fixar até 450 kg.ha<sup>-1</sup> anualmente, com uma relação C/N em torno de 19 (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014), sendo assim esse Nitrogênio é rapidamente incorporado ao solo e disponibilizado para a cultura sucessora. Ademais, dada a velocidade de crescimento e porte alto com capacidade de sombreamento é uma espécie que tem vantagem competitiva às plantas daninhas (ANUNCIACÃO, 2010).

O manejo dessa espécie está intrínseco as condições climáticas da região, tal como temperatura, fotoperíodo e disponibilidade hídrica. A semeadura da *Crotalaria juncea* se dá no período de outubro a janeiro, podendo ser a lanço ou em linhas com espaçamento de 0,5m. O seu ciclo pode perdurar até 150 dias, contudo recomenda-se realizar a roçagem entre 90 a 100 dias, em pleno florescimento, pois nesse período há maior aproveitamento da biomassa (PEREIRA *et al*, 2005).

Outra característica importante da Crotalária é o sistema radicular que pode chegar a uma profundidade de até 4,5 metros, sendo importante na formação de bioporos e incrementos de nutrientes, principalmente o nitrogênio, já que as suas raízes fazem simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*. As suas raízes exsudam substâncias que trazem benefícios para a cultura sucessora, como efeitos alelopáticos em plantas invasoras (DOURADO; SILVA; BOLONHEZI, 2001).

#### **2.3.4 Feijão de porco**

O feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) é também popularmente conhecido por feijão bravo, e é uma leguminosa utilizada no Sul e Sudoeste brasileiro como planta de cobertura do solo, sendo em consórcio ou em rotação de cultura. Tem como centro de origem a América Central, sendo assim, é adaptada a altas temperaturas e resistente a seca. É uma planta da família das Leguminosas, herbácea e de porte ereto. O seu crescimento inicial é lento, e porte pode chegar a 120 centímetros (LOPES, 1998; WUTKE; CALEGARI; WILDNER; 2014).

A produtividade de biomassa do feijão de porco depende de diversos fatores, como o tipo de solo, data de semeadura e condição climática. Em Latossolos a produtividade do feijão de porco pode chegar a produzir 13,5 t.ha<sup>-1</sup> de massa seca (RODRIGUES *et al*, 2004) e 2,7 t.ha<sup>-1</sup> em solos arenosos (LOPES, 1998). Ainda, os valores de Nitrogênio fixado pela simbiose realizada com as bactérias do gênero *Rhizobium* são em torno de 57 a 190 kg.ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, dependendo das condições de solo e da profundidade das raízes (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

#### 2.4 REPOLHO (*BRASSICA OLERACEAE*)

O repolho (*Brassica oleracea* var. *Capitata*) é uma hortaliça pertencente à família Brassicaceae, e tem centro de origem na Europa Ocidental perto do mar mediterrâneo, originada da espécie silvestre *Brassica oleracea* var. *Silvestris*. O repolho, assim como as plantas constituintes dessa família, são adaptadas ao clima temperado, e podem ser cultivadas o ano todo (FILGUEIRA, 2013). É uma cultura que se distingue pela quantidade de vitaminas C, B1 e B2, tal como a quantidade de sais minerais como cálcio e fósforo (RODRIGUES DA SILVA, 2013).

Essa é uma planta herbácea, com grande quantidade de folhas arredondadas, onde ocorre a formação de uma superposição de folhas, formando uma cabeça. A formação de cabeça se dá pelo interrompimento do crescimento meristema terminal e sessamento do crescimento das folhas internas. O caule é curto, direto e não tem ramificações, e seu sistema radicular é profundo podendo alcançar 1,5 metros (FILGUEIRA, 2013; LENHARDT; CASSOL; GABRIEL, 2017).

Referente ao seu manejo, é uma cultura que se desenvolve de forma ideal em um pH entre 5,5 a 6,8 e em solos de textura média com boa retenção de água. É uma planta que exigente em água e deve-se manter um teor de umidade alta e constante durante o seu ciclo. Assim como apresenta exigência nutricional de Nitrogênio e Fósforo, principalmente no momento de formação de cabeças e produtividade (FILGUEIRA, 2013).

A cadeia produtiva das brassicas tem se destacado e crescido no Brasil, no país o repolho é a *Brassica* com maior importância comercial e é cultivada em mais de 30 mil hectares, predominantemente no Sul e Sudeste brasileiro. A produção desta cultura vem ocupando espaço

pelo volume de produção e pela importância socioeconômica para produtores advindos da agricultura familiar (LENHARDT; CASSOL; GABRIEL, 2017).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO E HISTÓRICO DA ÁREA

O estudo foi na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Cerro Largo (Rio Grande do Sul, Brasil), a qual se encontra a 28° 9' 2'' Sul e 54° 44' 19'' Oeste. O clima da região em que o experimento se encontra é segundo a classificação climática de Köppen Cfa (subtropical úmido), possuindo temperaturas médias mais altas que 18°C nos meses mais quentes, e temperaturas médias entre 3°C à 18° C nos meses mais frios, com pluviosidade média anual de 1600 mm, podendo apresentar variações na primavera e verão.

O tipo de solo em que o experimento está instalado é classificado segundo STRECK *et al* (2018) como Latossolo Vermelho pertencente a Unidade de Mapeamento de Santo Ângelo e conta com textura argilosa, com 583,2 g.kg<sup>-1</sup> de argila; 92,7 g.kg<sup>-1</sup> e 324,02 g.kg<sup>-1</sup> de silte na camada 0-30m.

O experimento foi instalado no local em fevereiro de 2021, em que foi realizada a limpeza da área e a demarcação dos tratamentos e unidades experimentais. Entre os meses de dezembro de 2018 até fevereiro de 2019 estava sendo cultivado na área diferentes espécies de plantas de cobertura. As plantas cultivadas eram: Crotalária, Capim Sudão, Mucuna Cinza, Feijão Guandu e Milheto, e estavam dispostas em blocos ao acaso cada uma com quatro repetições. Ao final do ciclo das culturas foi implantado na área a aveia como planta de cobertura no inverno e em sucessão o milho como cobertura de verão. A área esteve em pousio de janeiro de 2020 até fevereiro de 2021, quando o experimento foi implantado. As análises químicas foram realizadas em 2018 (Tabela 1) e no mesmo ano foi realizada calagem para elevar o pH à 6,0.

**Tabela 1:** Análise química do solo na profundidade de 0,20m, Área Experimental, Cerro Largo, 2018.

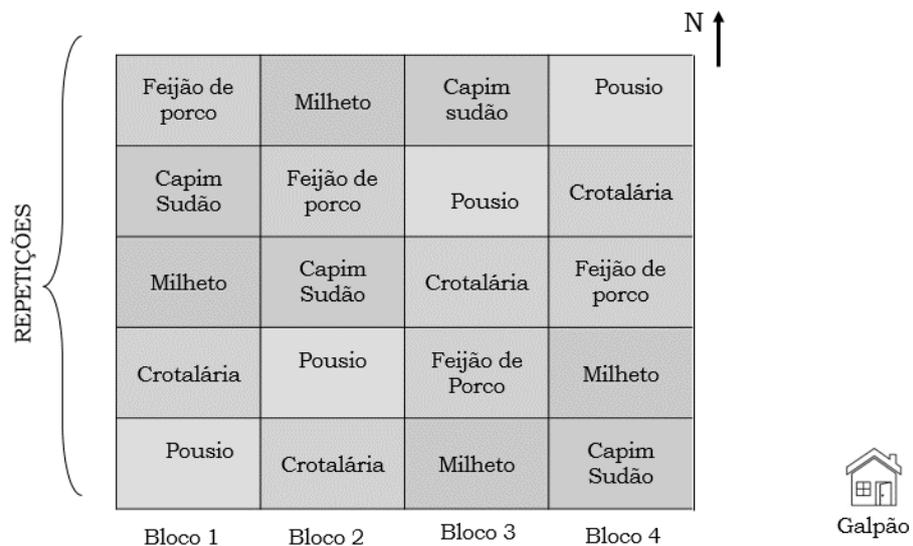
LAUDO ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO								
Argila	Classe Textural	pH H <sub>2</sub> O	Índice SMP	Matéria Orgânica	P	K	Al	Al + H <sup>+</sup>
(%)		1:1		(%)	mg/dm <sup>3</sup>		cmol.dm <sup>-3</sup>	
54	2	6,0	6,2	2,5	7,6	276	0	3,5

Fonte: Laboratório de análise química e fertilidade da UFSM. Adaptada pela autora.

### 3.2 IMPLANTAÇÃO E DELINEAMENTO DO EXPERIMENTO

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com quatro blocos e cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais (Figura 1). Cada uma das unidades tinha como dimensão 2m de largura e 4m de comprimento, com área de 8m<sup>2</sup>. Dessa forma, a área utilizada pelos tratamentos era de 160m<sup>2</sup>. As unidades experimentais se distanciavam uma da outra com 1m para transitar na realização do manejo.

**Figura 1:** Arranjo das unidades experimentais conforme delineamento utilizado



Fonte: Elaborado pela autora

Cada tratamento era composto por uma espécie de planta de cobertura de verão, sendo eles: área cultivada com Crotalária Juncea (CJ), Capim Sudão (CP), Milheto (MI), Feijão de Porco (FP) e um tratamento sem planta de cobertura (SC). A preparação da área iniciou dia 21 de janeiro de 2021 com capina da área em que se optou por campina manual para evitar o revolvimento do solo. As plantas invasoras incidentes na época foram o nabo forrageiro (*Brassica rapa*) e capim Maçambara (*Sorghum halepense*). Após a retirada das plantas daninhas, o experimento foi demarcado e sorteado aleatoriamente os tratamentos. A implantação do experimento ocorreu dia 17 de fevereiro de 2021 com a semeadura das plantas de cobertura. Entretanto, devido ao calor intenso e a escassez de chuva não ocorreu a germinação de forma homogênea.

Desta forma, dia 8 de março de 2021 os tratamentos foram ressemeados (Figura 5). As sementes foram dispostas em sulcos, nas seguintes quantidades: 288 gramas de Crotalária, 960

**Figura 2:** Semeadura dos tratamentos em sulcos.



gramas de feijão de porco, 240 gramas de capim sudão e 770 gramas de milheto distribuídas nos quatro tratamentos. A densidade de semeadura por hectare utilizada para o cálculo da

Fonte: Acervo pessoal

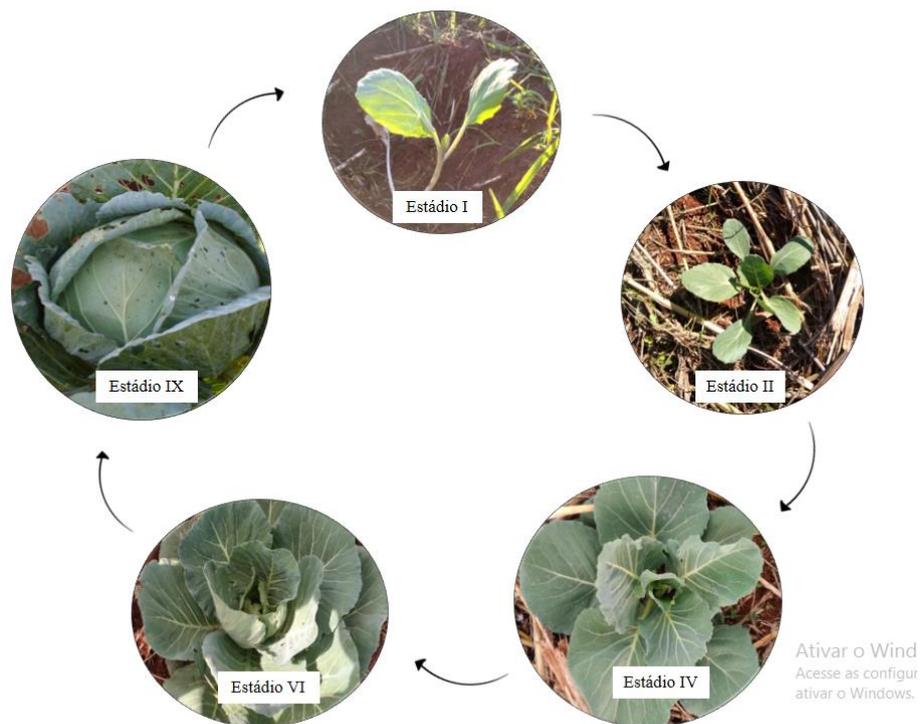
quantidade de sementes foi de  $30\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de Crotalária,  $100\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de feijão de porco,  $25\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de capim sudão e  $80\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de milheto. Para que a germinação ocorra e compensar as perdas na semeadura foi utilizada três vezes mais a quantidade de semente calculada, para compensar as perdas de sementes por agentes externos, como pássaros e pragas.

Durante o período de germinação e emergência ocorreu o molhamento do solo cinco vezes por semana. Além disso, foram realizadas capinas manuais para o controle de plantas invasoras, principalmente Corda de Viola (*Ipomea spp.*), Capim Maçambara, Azevém e Nabo. A principal praga encontrada durante o ciclo do repolho.

As mudas de repolho foram plantadas nos dias 30 de junho de 2021, em sulcos de 4cm. Junto com o plantio das mudas foi realizada a adubação nitrogenada, fosfatada e potássica, conforme análise química do solo e recomendado pelo Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. As mudas foram obtidas de viveiro certificado em estágio de desenvolvimento I. A variedade utilizada foi Atlanta, com espaçamento 0,6m entre planta e 0,5m entre linha, totalizando desta forma 32 plantas por unidade experimental e ao total 640 mudas.

O ciclo da cultura do repolho se encerrou no dia 12 de novembro, totalizando assim 135 dias, em que a cultura estava no estágio de desenvolvimento IX, como mostrado na Figura 5. Foram coletadas três plantas de cada parcela de forma aleatória, totalizando assim 60 plantas amostras e submetidas a análises.

**Figura 3:** Estádios Fenológicos e ciclo da cultura do repolho. Cerro Largo, 2021

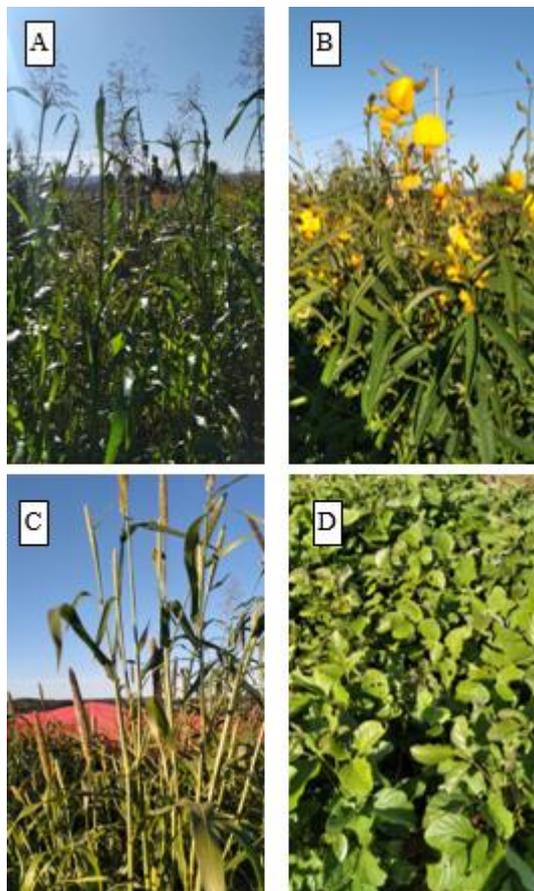


Fonte: Acervo pessoal

### 3.3 AMOSTRAGEM E ANÁLISES REALIZADAS

As plantas foram coletadas para análise de massa seca dia 26 de maio (86 DAS), estando todas no estágio de pleno florescimento (Figura 4). A determinação da massa seca (MS) foi realizada por amostragem, esta que ocorreu forma aleatória com quadrados de metais com área conhecida de 0,25 m<sup>2</sup>. O corte foi realizado rente ao solo, sendo apenas a parte aérea da planta analisada. Após a coleta das plantas para determinação da MS, as amostras foram pesadas e submetidas à estufa de ar forçado à 60°C durante 72 horas. Após a retirada das plantas da estufa, foi realizado o procedimento de pesagem das amostras secas, para posterior cálculo de MS. Após a coleta das amostras, as plantas de cobertura foram roçadas e dispostas sobre o solo, para o plantio das mudas de repolho.

**Figura 4:** Plantas de cobertura em pleno florescimento aos 86 DAS. A: Capim Sudão. B: Crotalária. C: Milheto e D: Feijão de Porco



Fonte: Acervo Pessoal

As coletas de solo para análises físicas do solo foram realizadas no dia 27 de outubro de 2021 seguindo a metodologia descrita por TEIXEIRA *et al* (2017). Os parâmetros analisados foram Densidade do Solo (Ds), Porosidade Total (Pt), Microporosidade (Mi), Macroporosidade (Ma) e Grau de compactação (GC). Para a coleta foram utilizados anéis de aço inox com volume conhecido para manter a estrutura do solo preservada, conforme indicado na Figura 5.

**Figura 5:** Coleta de solo em anéis de aço inox com estrutura preservada. Cerro Largo, 2021



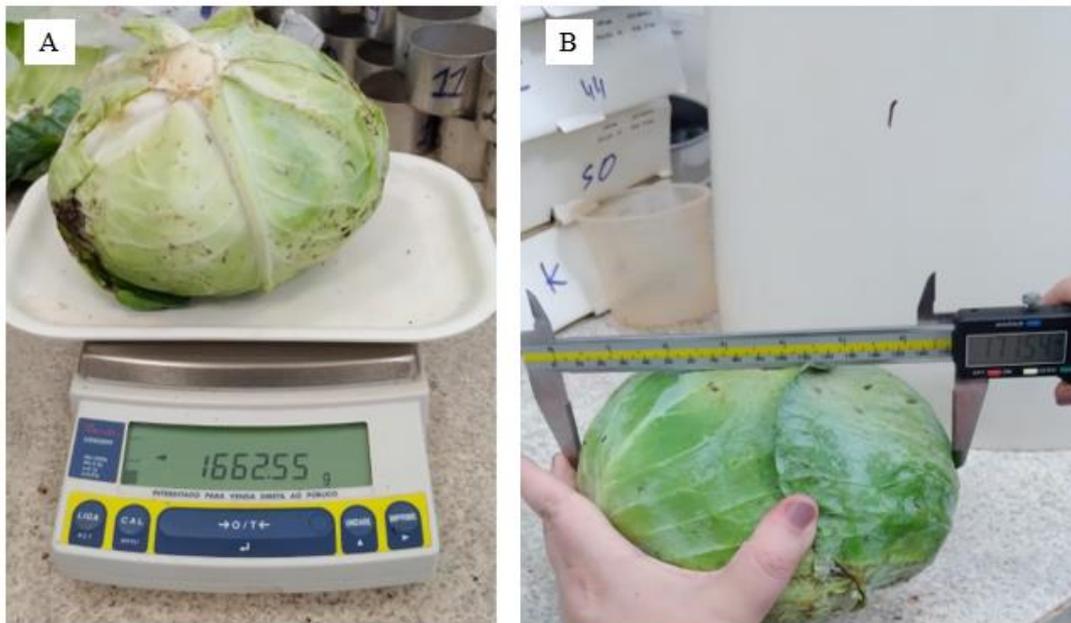
Fonte: Acervo Pessoal

As coletas foram realizadas nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 centímetros e as amostras foram processadas em laboratório, onde passaram pelo preparo e pesagem do solo na umidade do ponto de coleta. Após realização desse procedimento, as amostras foram submetidas a saturação do solo com lâmina de água por 24 horas. As amostras saturadas foram pesadas em balança de precisão para determinação da porosidade total do solo. Depois de pesadas as amostras foram para mesa de tensão à uma tensão de 6kPa onde permaneceram por 48 horas para obtenção dos dados de Microporosidade do solo. Por fim, os anéis com solo foram colocados em estufa de ar forçado a 105 °C até atingirem peso constante. A densidade do solo foi obtida através da relação do solo seco com o volume conhecido do anel. A porosidade do

solo foi estimada utilizando a densidade de partícula para a área de  $2,8 \text{ g.cm}^{-3}$  (dados não publicados). Para obter o Grau de Compactação utilizou os valores de  $D_s$  e a densidade máxima que o solo pode atingir de  $1,53 \text{ g.cm}^{-3}$ .

Após a colheita das cabeças de repolho elas foram submetidas a pesagem da massa fresca de cabeça (MFC) e medição de diâmetro de cabeça (DC) como mostrado na Figura 6. A pesagem das cabeças se deu em balança de precisão após a limpeza das mesmas, já para a determinação do diâmetro foi utilizado paquímetro digital em laboratório.

**Figura 6:** Processamento da análise cultural. A: Determinação da Massa fresca de cabeça. B: Medição do diâmetro de cabeça.



Fonte: Acervo Pessoal

Com os dados obtidos através do processamento das amostras foi obtido a Massa Fresca de cabeça (MFC) e o diâmetro de cabeça (DC). Com os valores de MFC foi estimado a produtividade média em  $\text{Mg.ha}^{-1}$ .

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em que as médias foram comparadas entre si com teste Tukey a 5% de significância, por meio do programa estatístico SAS.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras das plantas de cobertura foram coletadas quando as espécies atingiram o pleno florescimento para estimativa de produção de massa seca por hectare. Dentre os tratamentos a maior produção de Fitomassa se deu no Capim Sudão, seguido pelo Milheto, apontando que a produção foi superior às espécies de leguminosas, como demonstrado na Tabela 2. Desta forma, os dados encontrados confirmam estudos de Silva *et al* (2010) que demonstram que as gramíneas fornecem maior quantidade de biomassa quando comparadas com as leguminosas, e é essencial para o bom funcionamento do SPDH que hajam espécies altamente produtoras de matéria seca para a mobilização de nutrientes para o solo

A crotalaria teve baixa produção, atingindo 7,38 Mg.ha<sup>-1</sup> de massa seca, não alcançando o mínimo recomendado por Alvarenga *et al* (2001) de 8 t.ha<sup>-1</sup>. A baixa produtividade pode ser explicada pela baixa precipitação e períodos de baixas temperaturas, pelo fato de ser uma cultura adaptado a clima quente e úmido.

**Tabela 2:** Produção de Massa Seca das plantas de cobertura em Mg por hectare aos 86 DAS em pleno florescimento. Cerro Largo, 2021

Espécie	Produção de Massa Seca (Mg.ha <sup>-1</sup> )
Capim Sudão ( <i>Sorghum sudanense</i> )	14,57
Milheto ( <i>Pennisetum glaucum</i> )	12,08
Feijão de porco ( <i>Canavalia ensiformis</i> )	11,47
Crotalaria ( <i>Crotalaria juncea</i> )	7,38

Fonte: Elaborado pela a autora

Analisando os diferentes tratamentos nas camadas de 0-20 (Tabela 3) cm solo constatou-se que não houve diferença significativa no parâmetro densidade do solo para a camada 0-5cm. Ramos et al (2015) define um valor limitante de Ds para o crescimento de raízes e compactação do solo de 1,30 Mg.cm<sup>-3</sup>, diante disso, todos os tratamentos com aporte de fitomassa apresentaram valores superiores ao limite crítico, demonstrando a eficiência das plantas de cobertura na camada superficial do solo.

Na camada 5-10 cm os valores de densidade do solo no tratamento FP se distinguiu significativamente do tratamento SC, e os tratamentos CJ, MI E CP não diferiram entre si. Os

tratamentos que apresentaram maiores Ds foram aqueles cultivados com leguminosas, seguidos pelos tratamentos com espécies gramíneas e por fim o tratamento sem cobertura do solo. A densidade do solo tende a aumentar na camada subsuperficial (5-10cm) em sistema plantio direto como evidência Silva *et al* (2006) e Carvalho *et al* (2020), dado que esses autores também observaram um aumento de densidade em diferentes espécies de plantas de cobertura na camada 5-10cm.

A Microporosidade não demonstrou diferença significativa, desse modo, os tratamentos afetaram de forma similar esse parâmetro. A macroporosidade não diferiu significativamente em nenhuma das camadas, dado que para esse parâmetro é necessário mais anos de estudo para que haja diferença entre os tratamentos. Todos os tratamentos apresentaram valores de Ma maiores que  $0,10 \text{ m}^{-3} \cdot \text{m}^{-3}$ , considerado por Susuki *et al* (2007) o valor crítico para o crescimento de raízes.

O grau de compactação apresentou diferenças significativas na camada 5-10cm, e não diferiu significativamente nas camadas 0-5 e 10-20cm. Para a cada subsuperficial verificou-se que o GC foi maior no tratamento FP diferindo de CP e SC. Susuki *et al* (2007) estabelece um intervalo ótimo de GC em Latossolo Vermelho de 75 a 89%, dessa forma, nenhum dos tratamentos apresentou alta compactação do solo.

Conforme os dados obtidos, constata-se que para a camada subsuperficial do solo o manejo com plantas de cobertura se mostra melhor que o manejo sem cobertura, tal como maiores valores de porosidade do solo e grau de compactação. Assim, observou-se que as raízes das plantas de cobertura têm relação direta com propriedades físicas do solo, como observado também por Redin *et al* (2016).

**Tabela 3:** Valores de Densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), Microporosidade (Mi), Macroporosidade (Ma) e Grau de compactação (GC) na camada 0-20cm, Cerro Largo, 2021

Camada	FP	CJ	MI	CP	SC	DMS	CV (%)
<b>Densidade do Solo g.cm<sup>-3</sup></b>							
<b>0-5</b>	1,12 <i>a</i>	1,11 <i>a</i>	1,12 <i>a</i>	1,09 <i>a</i>	1,33 <i>a</i>	0,18	7,38
<b>5-10</b>	1,21 <i>a</i>	1,15 <i>ab</i>	1,04 <i>ab</i>	1,09 <i>ab</i>	1,07 <i>b</i>	0,12	4,93
<b>10-20</b>	1,27 <i>a</i>	1,23 <i>a</i>	1,20 <i>a</i>	1,23 <i>a</i>	1,27 <i>a</i>	0,12	4,44
<b>Porosidade Total m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup></b>							
<b>0-5</b>	0,60 <i>a</i>	0,60 <i>a</i>	0,60 <i>a</i>	0,61 <i>a</i>	0,59 <i>a</i>	0,69	5,05
<b>5-10</b>	0,57 <i>b</i>	0,59 <i>ab</i>	0,59 <i>ab</i>	0,61 <i>ab</i>	0,62 <i>a</i>	0,04	3,55
<b>10-20</b>	0,55 <i>a</i>	0,56 <i>a</i>	0,57 <i>a</i>	0,56 <i>a</i>	0,55 <i>a</i>	0,04	3,42
<b>Microporosidade m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup></b>							
<b>0-5</b>	0,35 <i>a</i>	0,40 <i>a</i>	0,32 <i>a</i>	0,36 <i>a</i>	0,42 <i>a</i>	0,12	14,70
<b>5-10</b>	0,34 <i>a</i>	0,37 <i>a</i>	0,36 <i>a</i>	0,35 <i>a</i>	0,35 <i>a</i>	0,07	9,44
<b>10-20</b>	0,38 <i>a</i>	0,36 <i>a</i>	0,38 <i>a</i>	0,41 <i>a</i>	0,39 <i>a</i>	0,09	11,89
<b>Macroporosidade m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup></b>							
<b>0-5</b>	0,26 <i>a</i>	0,20 <i>a</i>	0,28 <i>a</i>	0,25 <i>a</i>	0,18 <i>a</i>	0,15	28,14
<b>5-10</b>	0,26 <i>a</i>	0,22 <i>a</i>	0,23 <i>a</i>	0,26 <i>a</i>	0,27 <i>a</i>	0,08	17,04
<b>10-20</b>	0,17 <i>a</i>	0,20 <i>a</i>	0,19 <i>a</i>	0,15 <i>a</i>	0,16 <i>a</i>	0,11	29,09
<b>Grau de Compactação (%)</b>							
<b>0-5</b>	73,00 <i>a</i>	72,50 <i>a</i>	72,70 <i>a</i>	71,20 <i>a</i>	74,30 <i>a</i>	1,121	7,36
<b>5-10</b>	79,20 <i>a</i>	75,00 <i>ab</i>	74,50 <i>ab</i>	71,20 <i>b</i>	70,20 <i>b</i>	0,078	4,87
<b>10-20</b>	83,00 <i>a</i>	80,50 <i>a</i>	78,50 <i>a</i>	80,25 <i>a</i>	83,00 <i>a</i>	0,079	4,51

\*Médias seguidas de mesmas letras nas linhas se comparam e não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), assim como médias seguidas por letras diferentes diferem entre si. FP: Feijão de porco; CJ: Crotalaria; MI: Milheto; CP: Capim Sudão; SC: sem cobertura. DMS: Diferença Mínima Significativa. CV: Coeficiente de variação. Fonte: elaborada pela autora.

Quanto a MFC (Tabela 4) houve diferença significativa entre os tratamentos, em que se destaca o FP que produziu cabeças com massa de 1,579 kg. O tratamento SC produziu cabeças de 0,633 kg se assemelhando estatisticamente aos demais tratamentos. A diferença de MFC entre os tratamentos FP e SC evidenciam a eficácia das plantas de cobertura leguminosas. Para o diâmetro de cabeça, o tratamento FP diferiu significativamente dos outros tratamentos apresentando DC superior. O tratamento CJ diferiu significativamente de SC e não diferiu de MI e CP. Os resultados demonstram a diferença de produtividade quando conduzidos com plantas de cobertura da família Fabaceae, devido a capacidade das espécies pertencentes a esse grupo disponibilizarem nitrogênio para o solo através da FBN (GIACOMINI *et al*, 2003).

A produtividade teve melhor resposta no tratamento FP que produziu 52,55 Mg.ha<sup>-1</sup> (Figura 11), apresentando valores significativamente maiores quando comparado aos outros

tratamentos. A alta produção de fitomassa dessa espécie aliado a fixação de N foi o fator que influenciou na maior produtividade, TEIXEIRA *et al* (2005) estabelece um valor médio de Nitrogênio na palhada de feijão de porco de 2,67  $\text{dag.kg}^{-1}$ . O menor valor obtido para o parâmetro produtividade foi de 21,12  $\text{Mg.ha}^{-1}$  no tratamento SC, conforme obtido por Almeida (2021).

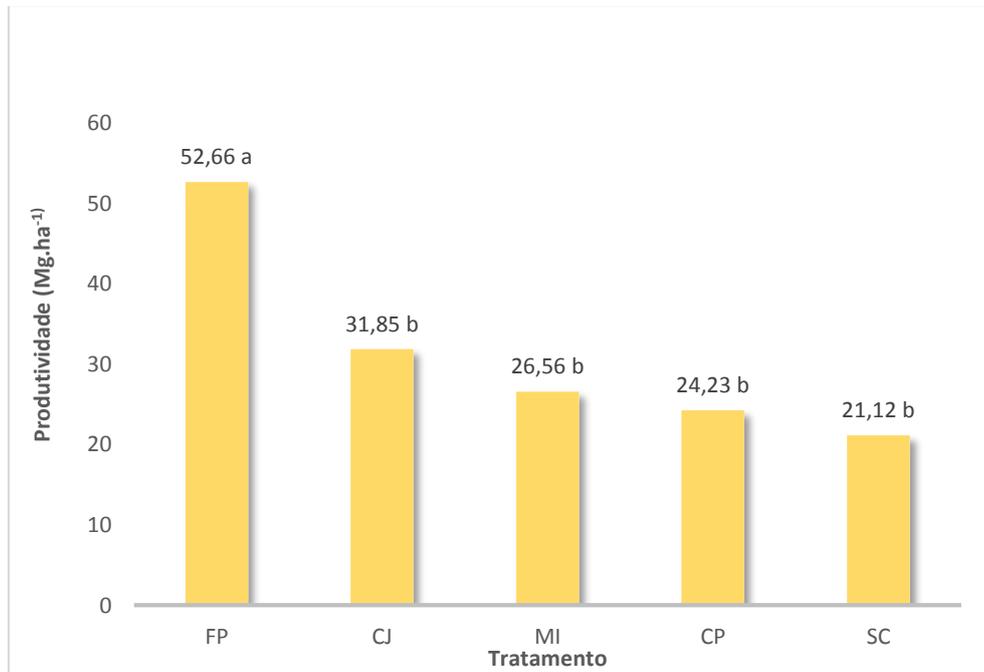
Os outros tratamentos cultivados com plantas de cobertura tiveram produção mais elevada se comparado ao tratamento SC, o que demonstra a viabilidade da implantação do SPDH e do retorno econômico para os produtores na utilização de adubação verde. Os dados de produtividade corroboram com dados obtidos por PERIN *et al.* (2015), e está relacionado a melhor retenção de água em solo cultivado com cobertura na superfície e absorção de nutrientes advindos da mineralização da palhada.

**Tabela 4:** Massa fresca de cabeça, diâmetro de cabeça do repolho cultivada nos diferentes tratamentos, Cerro Largo, 2022

<b>Tratamento</b>	<b>Massa Fresca de Cabeça (kg)</b>	<b>Diâmetro de Cabeça (cm)</b>
Feijão de Porco	1,579 a	17,11 a
<i>Crotalária</i>	0,955 b	14,87 b
Milheto	0,796 b	13,86 bc
Capim Sudão	0,727 b	13,27 bc
Sem Cobertura	0,633 b	12,68 c
<b>DMS</b>	0,348	32,83
<b>CV</b>	2,05	12,34

\*Médias seguidas de mesmas letras na linha se comparam e não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), assim como médias seguidas por letras diferentes diferem entre si. FP: Feijão de porco; CJ: Crotalária; MI: Milheto; CP: Capim Sudão; SC: sem cobertura. DMS: Diferença Mínima Significativa. CV: Coeficiente de variação. MFC: Massa Fresca de Cabeça; DC: Diâmetro de cabeça. Fonte: Elaborado pela autora.

**Figura 7:** Gráfico da produtividade do Repolho. FP: Feijão de Porco; CJ: Crotalaria; MI: Milheto, CP: Capim Sudão e SC: Sem cobertura.



Fonte: Elaborado pela autora

É importante ressaltar que os dados apresentados foram obtidos no processo inicial de adoção do Sistema Plantio Direto de Hortaliças e a recuperação de solos degradados e melhoria das condições físicas dele é um processo gradual e contínuo. Desta forma, destaca-se a importância do manejo correto do SPDH e da manutenção para que sejam alcançados a melhor qualidade de produção.

## 5 CONCLUSÕES

A densidade do solo, porosidade total e grau de compactação tiveram diferenças estatísticas na camada 5-10cm, que o tratamento com feijão de porco teve a maior densidade do solo e menor porosidade total, no entanto todos os valores ficaram abaixo do limite crítico de  $D_s$  de  $1,3 \text{ g.cm}^{-3}$ . Para os valores de Grau de Compactação os tratamentos sem cobertura e cultivados com gramíneas ficaram abaixo do limite crítico para crescimento de raízes de 75 a 89%.

Quanto a Massa Fresca de Cabeça e Diâmetro de Cabeça apresentaram valores mais elevados para o tratamento cultivado com Feijão de Porco e menores valores no tratamento Sem Cobertura. A produtividade da cultura do repolho foi significativamente maior em Feijão de Porco quando comparados aos outros tratamentos, demonstrando a importância da rotação de culturas com leguminosas com alto potencial de produção de biomassa.

## REFERÊNCIAS

- AKER, A.M.; PASSOS, A.M.A.; MARCOLAN, A.L.; SANTOS, F.C.; CIPRIANI, H.N.; VARGAS, L.A. Plantas de cobertura sobre atributos agronômicos do milho na região sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Rondônia, v.15, n.3, p.531-542, 2016.
- ALMEIDA, L.P. **Atributos químicos, físicos e biológicos do solo na implantação do sistema plantio direto de hortaliças em duas localidades do sudoeste paranaense**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de pós graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica do Paraná, Pato Branco, 2021.
- ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Revista Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, 2001.
- ANDRADE, R.D.; STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.4, p. 411-418, 2009.
- ANUNCIACÃO, G.C.F. **Influência da adubação verde na fertilidade do solo cultivado com *Coffea arabica* L. com enfoque em macronutrientes**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia em Cafeicultura) – Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais. Muzambinho, 2010.
- BENDER, J.V.A; TRENTIN, G. Velocidade de crescimento do capim-sudão BRS Estribo Como adubação verde em diferentes manejos de altura. In: 16ª Mostra de Iniciação Científica CONGREGA, 2020, Urcamp, **Anais da 16ª Mostra CONGREGA**, 2020.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedade dos solos**. 3 ed. São Paulo: Bookman, 2013.
- CALEGARI, A. **Plantas de cobertura: manual técnico**. Londrina: IAPAR, 2016.
- CASTRO, I.T.P.; SANTOS, H.R.O.; FIGUEIREDO, M.P.; RAMOS, B.L.P.; GIGANTE, L.M. Características agronômicas de diferentes híbridos de sorgo com capim sudão para produção de feno. In: 3º Congresso nacional das Ciências Agrárias, 2018, Viçosa, **Anais 3ª congresso do PDVAGRO**, 2018.
- CARVALHO, C.A.; FERREIRA, R.LF.; ANDRADE, R.A.; BRITO, R.S.; PEREIRA, T.C.R.; LIMA, T.J.L. Atributos físicos do solo cultivados com plantas de cobertura. **Revista Scientia Naturalis**, v.2, n.1, p.38-41, 2020.
- CRUSCIOL, C.A.C.; MORO E.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Revista Bragantina**, Campinas, v.67. n.2, p.481-489, 2008.

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: **CNPT-EMBRAPA, FUNDACEPFECOTRIGO**, Fundação ABC. Plantio Direto no Brasil. Passo Fundo, 1993. p.19-27.

DOURADO, M.C.; SILVA, T.R.B.; BOLONHEZI, A.C. Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada, **Revista Scientia Agricola**, v. 58, n.2, p.287-293, 2001.

ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, **Documentos 42**, 1997, 20p.

FORMENTINI, E.A. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. Vitória: INCAPER, 2008. p. 27

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R.S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em 17 misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira De Ciência do Solo**, v.27, n. 2, 2003.

GOMES JR, F.G.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Revista Planta Daninha**, Viçosa, v.26, n.4, p.789 – 798, 2008.

HECLER, J.C.; SALTON, J.C. **Palha: Fundamento do Sistema Plantio Direto**. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados – MS, 2002, p. 29

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sidra. Censo Agropecuário 2017. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/>> Acesso em: jan, 2022

LENHARDT, E.R; CASSOL, S.P.; GABRIEL, V.J. Caracterização dos estádios fenológicos e a exigência de adubação do repolho. In: Simpósio em Agronomia e Tecnologia de Alimentos, 4, 2017, **Anais AGROTEC**, 2017.

LEPSCH, I.F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LIMA, C.E.P.; MADEIRA, N.R.; SILVA, J.; FONTENELLE, M.R.; MELO, C.E.P.; GUEDES, I.M.R. Benefícios de adoção do Sistema plantio direto de hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliça, **Documentos 156**, 2017.

LOPES, A.D.; WIETHÖLTER, S.; GUILHEME, L.R.G.; SILVA, C.A. **Sistema Plantio Direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**, ADAS, 2003.

LOPES, O.M.N. **Feijão de porco: leguminosa para adubação verde e cobertura de solo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1998, p. 4

MADEIRA, N.R.; LIMA, C.E.P.; MELO, R.A.C.; FONTENELLE, M.R.; SILVA, J.; MICHEREF FILHO, M.; GUEDES, I.M.R. Cultivo do tomateiro em sistema de plantio direto de hortaliça (SPDH). Brasília: Embrapa Hortaliça, **Circular técnica 168**, 2018, p.30

- MAFRA, A.L.; COMIN, J.J.; LANA, M.A.; BITTENCOURT, H.H.; LOVATO, P.E. & WILDNER, L.P. Iniciando o sistema de plantio direto de hortaliças: adequações do solo e prática de cultivo. In: FAYAD, J. et al. **Sistema de Plantio Direto de Hortaliças**. São Paulo: Expressão Popular, 2019.p.215-226
- MARCANTE, N.C.; CAMACHO, M.A.; PAREDES, F.P.J. Teores de nutrientes no Milheto como cobertura de solo. **Revista Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n. 2, p. 196-204, 2011.
- MARTINS DA SILVA, M.; ALVE, M.C.; PÁDUA SOUSA, A.; CARVALHO, F.F. Plantas de cobertura e sistemas de preparo: impactos na qualidade física de um solo de Cerrado. **Revista Ceres**, Viçosa, v.56, n.1, p.103-111, 2009.
- MAY, A.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; RODRIGUES, J.A.S.; LANDAU, E.C.; PARRELA, R.A.C.; MASSAFERA, R. **Cultivares de sorgo para o mercado brasileiro na safra 2011/2012**. Embrapa Milho e Sorgo: Sete Lagoas, 2011, p. 30.
- MELO, R.A.C.; MADEIRA, N.R.; LIMA, C.E.P. Produção de brássicas em Sistema Plantio Direto. Brasília: Embrapa Hortaliças, **Circular técnica 151**, 2016, p.16
- PASSOS, A.M.A; ALVARENGA, R.C.; SANTOS, F.C. Sistema Plantio Direto. In: NOBRE, M.M; OLIVEIRA, I.R. **Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação**. Embrapa Milho e Sorgo, Brasília – DF, 2018. p.62-105
- PEREIRA FILHO, I.A.; FERREIRA, A.S.; COELHO, A.M.; CASELA, C.R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J.A.S.; CRUZ, J.C.; WAQUIL, J.M. Manejo e cultura do Milheto. Sete Lagoas: Embrapa, **Circular Técnica 29**, 2003. p 17.
- PEREIRA, A.J.; GUERRA, J.G.M.; MOREIRA, V.F.; TEIXEIRA, M.G.; URQUIAGA, S.; POLIDORO, J.C.; ESPINDOLA, J.A.A. Desempenho agrônômico de *Crotalaria juncea* em diferentes Arranjos populacionais e épocas do ano. Seropédica: Embrapa. **Comunicado Técnico 82**, 2006.
- PEREIRA, A.P.; SCHOFFEL, A.; KOEFENDER, J. CAMERA, J.N.; GOLLE, D.P.; HORN, R.C. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. **Revista Ciências Agrárias**, v.40, n. 4, p. 799-807, 2017.
- RAMOS, F.T.; RAMOS, D.T.; ROQUE, M.W & MAIA, J.C.S. **Agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo avaliados por meio de método seco e úmido**. Revista Enciclopédia Biosfera, v.10, p.2935-2950, 2014
- REDIN, M.; GIACOMINI, S.J.; FERREIRA, P.A.A.; ECKHARDT, D.P. Plantas de Cobertura de Solo e Agricultura Sustentável: espécies, matéria seca e ciclagem de carbono e nitrogênio. In: TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais do Sul do Brasil: práticas e alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Editora UFRGS, Porto Alegre, 2016. 187p.
- RODRIGUES DA SILVA, C.A. **Efeito do cultivo consorciado na produtividade do Repolho, viabilidade econômica do sistema e manejo de pragas**, 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de pós-graduação em agronomia da Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

RODRIGUES, J.E.L.P.; ALVES, R.N.B.; LOPES, O.M.N.; TEIXEIRA, R.N.G.; ROSA, E.S. A importância do feijão de porco (*Canavalia ensiformis* DC) como cultura intercalar em rotação com milho e feijão caupi em cultivo de coqueirais no município de Ponta-de-Pedras/Marajó-PA. Belém: Embrapa, **comunicado técnico 96**, 2005, p.4

ROSSET, J.S.; COELHO, G.F.; GRECO, M.; STREY, L.; GONÇALVES JUNIOR, A.C. Agricultura convencional *versus* sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação de qualidade e perspectivas. **Revista Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.13, n.2, p. 80-94, 2014.

ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e práticas**, Vol. 1, Brasília: Embrapa, 2014.

SÁ, J.C.M.; CERRI C.C.; VENZKE-FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C.; FEIGI, B.E.; FELLER, C. Palha: a base da sustentação do plantio direto. **Revista Plantio Direto**, 2003.

SAGRILO, E.; LEITE, L.F.C.; GALVÃO, S.R.S.; LIMA, E.F. Manejo Agroecológico do solo: os benefícios da Adubação Verde. Teresina: Embrapa Meio Norte, **Documentos 193**, 2009.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C. Cultivos de primavera: alternativa para produção de palha no Mato Grosso do Sul. In: Reunião Brasileira De Manejo E Conservação Do Solo E Da Água, 10, 1994, Florianópolis. **Anais 10º SBCS**, 1994.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z.; **Sistema plantio direto, o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados - MS, 1998, p. 248

SANTOS, H.R.O. **Característica agronômicas e nutricionais de híbrido de sorgo com capim sudão (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) para a produção de feno**, 2018. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de pós-graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2018.

SILVA, A.A.; GALON, L. FERREIRA, F.A.; TIRONI, S.P.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.D.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E.L. Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n.4, p.496-506, 2009.

SILVA, D.A.; SOUZA, L.C.F.; VITORINO, A.C.T.; GONÇALVES, M.C. **Aporte de Fitomassa pelas sucessões de culturas e sua influência em atributos físicos do solo no sistema plantio direto**. Revista Brahantia, v.70, n.1, p. 147-156, 2011.

SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; ROSA, J. D.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **Revista de Ciência do Solo**, v. 30, p. 329-337, 2006

SILVEIRA, M.C.T.; SANT'ANNA, D.M.; MONTARDO, D.P.; TRENTIN, G. Aspectos Relativos à Implantação e Manejo de Capim-Sudão BRS Estribo. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, **Comunicado Técnico 89**, 2015. p.11

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.23, p. 395-401, 2001.

SUZUKI, L.E.A.S; REICHERT, J.M; REINERT, D.J & RODRIGUES, C.L.L. **Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo.** Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, n.8, p. 1159-1167, 2007

TEIXEIRA, M.B.; LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; PIMENTEL, C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Revista IDESIA**, Chile, v.30, n.1, p. 55-64, 2012.

TEIXEIRA, M.B.; LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; PIMENTEL, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de Milheto e Sorgo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.34, p. 867-876, 2011.