UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

KAIO FERNANDES DOMINGUES

INFLUÊNCIA DE PLANTAS DE COBERTURA NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E HÍDRICAS DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO NA CULTURA DO REPOLHO

CERRO LARGO
2025

KAIO FERNANDES DOMINGUES

INFLUÊNCIA DE PLANTAS DE COBERTURA NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E HÍDRICAS DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO NA CULTURA DO REPOLHO

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

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

CERRO LARGO

2025

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Domingues, Kaio Fernandes
INFLUÊNCIA DE PLANTAS DE COBERTURA NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E HÍDRICAS DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO NA CULTURA DO REPOLHO / Kaio Fernandes Domingues. -- 2025.
45 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2025.

1. Sistema de plantio direto de hortaliças. 2. Propriedades físicas do solo. 3. Propriedades hídricas do solo. 4. Sistema de plantio direto de hortaliças. I. Kaiser, Douglas Rodrigo, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

KAIO FERNANDES DOMINGUES

INFLUÊNCIA DE PLANTAS DE COBERTURA NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E HÍDRICAS DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO NA CULTURA DO REPOLHO

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 02/12/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br
DOUGLAS RODRIGO KAISER
Data: 15/12/2025 10:07:15-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS
Orientador

Documento assinado digitalmente
gov.br
JULIA FOLLMANN DE LIMA
Data: 11/12/2025 15:47:41-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Eng. Agr. Me. Júlia Follmann de Lima – UFSM
Avaliadora

Documento assinado digitalmente
gov.br
JORDANA CAROLINE NAGEL
Data: 12/12/2025 10:16:35-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Jordana Caroline Nagel – UFFS
Avaliadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha família, que sempre foi minha base e meu maior apoio.

Ao meu pai, pelas palavras constantes de incentivo, por sempre me lembrar da importância de estudar, ler e nunca desistir.

À minha mãe, que me anima, me faz rir e me motiva a manter a mente aberta, trazendo calma nos momentos difíceis.

À minha irmã, por me incentivar a me esforçar sempre e a não permitir que nada nem ninguém me afete.

Às minhas tias Cátia e Cláudia, que mesmo de longe, sempre demonstraram apoio e carinho em tudo o que faço.

Agradeço também às minhas amigas Vitória, Luci ,Osnah, Kátia , que estiveram comigo ao longo dessa caminhada, me escutando, aconselhando e oferecendo apoio mesmo diante das minhas reclamações.

Meu agradecimento especial ao Professor Douglas Rodrigo Kaiser, pela principalmente pela paciência, orientação e compreensão ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Mesmo que eu não sendo alguém que costuma fazer muitas perguntas ou falar muito, por preferir buscar respostas por conta própria e perguntar somente quando é necessário, sempre esteve disponível para me ajudar.

RESUMO

A horticultura desempenha um papel central na agricultura familiar brasileira, sendo essencial a adoção de práticas conservacionistas para garantir a sustentabilidade do solo. O Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) surge como uma alternativa eficiente, combinando o mínimo revolvimento, manutenção da cobertura vegetal e rotação de culturas. O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos físicos e hídricos do solo sob SPDH com diferentes espécies de plantas de cobertura e analisar sua influência na produtividade de repolho. O experimento foi conduzido na Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo, sob delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições: feijão-guandu (FG), feijão-de-porco (FP), milheto (MI), capim-sudão (CS) e pousio. Foram analisados a produção de massa seca das coberturas, densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), grau de compactação (GC), temperatura e umidade do solo, além da produtividade da cultura. A produção de massa seca não diferiu estatisticamente entre as coberturas. Nos atributos físicos, a porosidade total e a macroporosidade não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. O feijão-de-porco proporcionou menor densidade e menor grau de compactação na camada de 10-20 cm em relação ao pousio. As plantas de cobertura foram eficientes em manter a temperatura do solo inferior à do pousio, com o milheto proporcionando maior retenção de umidade nos períodos de estiagem. A produtividade do repolho não diferiu estatisticamente entre os tratamentos, fator possivelmente associado às condições de estresse hídrico e biótico durante o ciclo. Conclui-se que o uso de plantas de cobertura, especialmente milheto e feijão-de-porco, contribui para a manutenção da qualidade física e hídrica do solo em SPDH.

Palavras-chave: qualidade estrutural; adubação verde; compactação do solo, umidade do solo; densidade; porosidade

ABSTRACT

Horticulture plays a central role in Brazilian family farming, making the adoption of conservation practices essential to ensure soil sustainability. The No-Tillage System for Vegetables (SPDH) emerges as an efficient alternative, combining minimal soil disturbance, maintenance of plant residue cover, and crop rotation. The objective of this study was to evaluate the physical and hydric attributes of the soil under SPDH with different cover crop species and to analyze their influence on cabbage yield. The experiment was conducted at the Federal University of Fronteira Sul, Cerro Largo campus, using a randomized block design with five treatments and four replications: pigeon pea (FG), jack bean (FP), millet (MI), sudangrass (CS), and fallow. The variables analyzed included cover crop dry matter production, soil bulk density (Ds), total porosity (Pt), macroporosity (Ma), microporosity (Mi), degree of compaction (GC), soil temperature and moisture, as well as crop yield. Dry matter production did not differ statistically among the cover crops. For the physical attributes, total porosity and macroporosity showed no significant differences among treatments. Jack bean resulted in lower soil bulk density and lower degree of compaction in the 10–20 cm layer compared to fallow. The cover crops were effective in maintaining lower soil temperatures than the fallow treatment, with millet providing greater moisture retention during drought periods. Cabbage yield did not differ statistically among treatments, a factor possibly associated with hydric and biotic stress conditions during the crop cycle. It is concluded that the use of cover crops, especially millet and jack bean, contributes to maintaining soil physical and hydric quality under SPDH.

Keywords: no-tillage vegetable production system; green manure; soil compaction; soil moisture.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 6
2 REVISÃO DE LITERATURA 7
2.1 SISTEMA PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS (SPDH) 7
2.2 PLANTAS DE COBERTURA E SUAS CONTRIBUIÇÕES AO SOLO 8
2.2.1 Feijão-de-porco 8
2.2.2 Feijão-guandu anão 9
2.2.3 Milheto 10
2.2.4 Capim-Sudão 11
2.3 REPOLHO (*BRASSICA OLERACEA* VAR. *CAPITATA*) 12
2.4 ATRIBUTOS FÍSICOS E HIDRICOS DO SOLO 13
3 HIPÓTESE 14
4 OBJETIVO GERAL 15
4.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS 15
5 MATERIAL E METODOS 16
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA AREA 16
5.2 DELINEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO 17
5.3 IMPLANTAÇÃO E AMOSTRAGEM DO EXPERIMENTO 18
5.4 MANEJO CULTURAL E CONDUÇÃO DA CULTURA 19
5.5 AVALIAÇÕES 21
5.5.1 Avaliações nas Plantas de Cobertura 21
5.5.2 Avaliações no Solo 21
5.5.3 Avaliações na Cultura do Repolho 23
5.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA 24
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO 25
6.1 PLANTAS DE COBERTURA 25
6.2 ATRIBUTOS FISICOS 25
6.3 ATRIBUTOS HÍDRICOS 29
6.4 PRODUTIVIDADE DO REPOLHO 32
7 CONCLUSÃO 34
REFERÊNCIAS 35

1 INTRODUÇÃO

A horticultura ocupa um papel central na agricultura familiar brasileira, sendo responsável por grande parte do abastecimento alimentar nacional. Segundo o Censo Agropecuário mais recente, a agricultura familiar é a base da produção de alimentos no país, empregando mais de 10 milhões de pessoas e respondendo por uma parcela significativa das culturas temporárias e permanentes (IBGE, 2019). Em um cenário marcado pelo crescimento populacional e pela urbanização intensa, garantir a oferta de alimentos frescos e saudáveis tornou-se um crescente desafio que vai além do simples aumento da produtividade. Sendo assim, é preciso buscar formas sustentáveis que respeitem os limites dos ecossistemas e preservem os seus recursos naturais, especialmente o solo, que é a base de toda produção agrícola.

Nesse contexto, surgem alternativas como o Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH), uma solução eficiente e ambientalmente responsável para pequenos e médios produtores. Esse sistema combina práticas como o mínimo revolvimento do solo, a manutenção constante da cobertura vegetal e a rotação de culturas, promovendo a transição para um modelo de produção mais conservacionista (FAYAD et al., 2019). Além de melhorar a estrutura física do solo, essas práticas aumentam a retenção de água, favorecem a infiltração, reduzem a erosão e contribuem para uma maior atividade biológica, criando assim condições mais favoráveis ao crescimento das plantas.

As plantas de cobertura desempenham um papel fundamental no SPDH, sendo responsáveis por fornecer matéria orgânica ao solo, dar proteção contra a erosão, favorecer a ciclagem de nutrientes e auxiliar no controle natural de plantas daninhas. Espécies como feijão-de-porco (Canavalia ensiformis) e feijão-guandu anão (Cajanus cajan) se destacam pela capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, enquanto o milheto (Pennisetum glaucum) e o capim-sudão (Sorghum sudanense) chamam atenção pelo seu vigor no crescimento, elevada produção de biomassa e pela habilidade de suportar condições adversas de solo e clima (LIMA FILHO et al., 2023). Juntas, estas plantas exercem funções estratégicas para manter a fertilidade, melhorar a estrutura física do solo e criar condições mais favoráveis para o cultivo das hortaliças em sucessão.

Diante disso, este trabalho propõe-se analisar os impactos do SPDH na produção de hortaliças com ênfase na cultura do repolho (Brassica oleracea var. capitata), destacando as contribuições das plantas de cobertura no aprimoramento das condições do solo e no aumento da eficiência produtiva do sistema.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMA PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS (SPDH)

De acordo com Bertol (2019, p. 21) iniciado ao final da década de 1990 em Santa Catarina na região do contestado, o SPDH surgiu como uma resposta metodológica a crise da horticultura convencional, propondo uma reestruturação da forma de produzir, com base agroecológica. Além disso o foco do sistema é reduzir a dependência de insumos químicos por meio de práticas sustentáveis que promovam a saúde das plantas, do solo e da água.

De acordo com Lima e Madeira (2013), o SPDH fundamenta-se na tríade de revolvimento restrito à cova de plantio, manutenção permanente da cobertura do solo e diversificação de espécies via rotação de culturas, visando a produção contínua de palhada. Essas práticas têm como base a conservação do solo, uma melhor estruturação do solo e aumento da matéria orgânica promovendo um ambiente mais favorável ao desenvolvimento das plantas

A adoção do SPDH beneficia a horticultura familiar ao integrar adubação verde e manutenção de palhada, práticas que ampliam a infiltração hídrica, o controle fitossanitário e o incremento de matéria orgânica, favorecendo a atividade biológica e a estruturação do solo (MAFRA *et al.,* 2019, p. 219). Além de mitigar a erosão e a lixiviação, a cobertura morta atua como isolante térmico, protegendo o sistema radicular do repolho contra oscilações extremas de temperatura (MARTINS; PUENTES; MELO, 2023).

O avanço tecnológico voltado ao sistema tem contribuído para a melhoria da qualidade dos alimentos e fortalecido a credibilidade do modelo junto aos consumidores (QUARESMA, 2023; ZANELLA *et al.,* 2022). As vantagens do SPDH, como a redução dos custos de produção, maior resistência a variações climáticas e aumento da produtividade, impulsionam sua adoção progressiva em novas propriedades rurais.

Por fim, a transição para o SPDH exige planejamento rigoroso e acompanhamento técnico, visto que representa uma mudança significativa no manejo produtivo. De acordo com Mafra *et al.* (2019), a implantação do sistema deve considerar a aptidão edafoclimática do local e exige uma análise química do solo criteriosa, realizada por meio de amostragem estratificada nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, visando a recomendação precisa de adubação e calagem.

2.2 PLANTAS DE COBERTURA E SUAS CONTRIBUIÇÕES AO SOLO

As plantas de cobertura desempenham um papel fundamental na sustentabilidade do SPDH, atuando simultaneamente na proteção física e na melhoria química do solo. Fisicamente, o sistema radicular dessas plantas favorece a agregação e a descompactação do solo, o que aumenta a macroporosidade e, consequentemente, a taxa de infiltração de água, reduzindo o escoamento superficial e a erosão (BOER *et al.,* 2011).

Além dos benefícios estruturais, a cobertura vegetal atua na ciclagem de nutrientes e na redução das perdas por lixiviação. A presença de raízes ativas e de biomassa na superfície minimiza a descida de nutrientes móveis no perfil do solo, principalmente o nitrato (NO^{3-}) e o potássio (K^{+}), mantendo-os disponíveis na camada arável para a cultura sucessora (LIMA FILHO *et al.,* 2023).

A escolha da espécie define a estratégia de manejo: as leguminosas, como o feijão-de-porco, destacam-se pela fixação biológica de nitrogênio e baixa relação C/N, o que acelera a mineralização e a oferta de nutrientes (TEIXEIRA *et al.,* 2009). Já as gramíneas, com sistema radicular fasciculado e alta relação C/N, produzem grande volume de fitomassa de decomposição lenta, essencial para a manutenção da umidade e proteção do solo por períodos prolongados (ALVARENGA *et al.,* 2001).

2.2.1 Feijão-de-porco

Segundo Wildner (2023), o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) é uma leguminosa amplamente utilizada como planta de cobertura, destacando-se por seu sistema radicular pivotante e ramificado que pode alcançar até 150 cm de profundidade. Essa característica confere à espécie alta rusticidade e eficiência em romper camadas compactadas do solo, atuando como um descompactador biológico. Além disso, a espécie apresenta boa adaptação a solos ácidos e com déficit hídrico, sendo indicada para o período de primavera/verão.

Em termos de aporte de biomassa, a espécie pode produzir entre 5 e 7 Mg ha^{-1} de massa seca e fixar biologicamente de 50 a 130 kg ha^{-1} de nitrogênio, com uma relação C/N entre 10 e 16 (WILDNER, 2023). Rayol e Alvino-Rayol (2012) observaram produtividades de 4,8 Mg ha^{-1} de massa seca aos três meses após o plantio, ressaltando o potencial da cultura na reposição de nutrientes e na melhoria das características físicas e químicas do solo.

O arranjo espacial das plantas também influencia o aporte nutricional. Barros, Gomide e Carvalho (2013) verificaram que o espaçamento de 50 cm proporcionou maior acúmulo de nitrogênio (204,58 kg ha^{-1}) e de outros macronutrientes (Ca, S, B e Fe) em comparação ao

espaçamento de 25 cm. Estudos de Almeida e Camara (2011) corroboram que o cultivo de feijão-de-porco, seja solteiro ou consorciado, resulta em expressiva produção de fitomassa e cobertura do solo, garantindo a ciclagem de nutrientes para as culturas subsequentes.

Figura 1 – Feijão-de-porco em pleno florescimento, na área experimental da UFFS – *campus* Cerro largo, 2025.



Fonte: Foto elaborada pelo autor (2025).

2.2.2 Feijão-guandu anão

O feijão-guandu (*Cajanus cajan*) é uma leguminosa estratégica para o SPDH devido à sua elevada produção de biomassa e capacidade de fixação biológica de nitrogênio. Segundo Wildner *et al.,* (2023), a espécie apresenta um sistema radicular pivotante e vigoroso, capaz de penetrar até 300 cm de profundidade. Essa característica permite o rompimento de camadas compactadas do solo e a ciclagem de nutrientes lixiviados para camadas profundas, tornando-os disponíveis novamente na superfície após a decomposição da palhada.

A espécie destaca-se pela rusticidade, tolerando solos ácidos e de baixa fertilidade, além de apresentar resistência ao déficit hídrico. Em termos produtivos, Wildner *et al.,* (2023) indicam que o feijão-guandu pode aportar de 6 a 10 Mg ha^{-1} de massa seca ao sistema, acumulando entre 200 e 220 kg ha^{-1} de nitrogênio, com uma relação C/N variando de 15 a 22.

Estudos de Rayol e Alvino-Rayol (2012) demonstraram o alto potencial produtivo da cultura, observando rendimentos de 11,5 Mg ha^{-1} de massa seca aos três meses de cultivo. Essa alta produção de fitomassa favorece a cobertura do solo e o controle de plantas espontâneas. Além disso, a simbiose com bactérias do gênero Bradyrhizobium é altamente eficiente, podendo suprir a quase totalidade da demanda de nitrogênio da planta (RUFINI *et al.,* 2014). Esse processo biológico pode aportar ao sistema entre 50 e 130 kg ha^{-1} de nitrogênio, equivalendo a

uma adubação mineral significativa e reduzindo custos e impactos ambientais (WILDNER, 2023).

Figura 2 - Feijão-guandu em pleno florescimento, na área experimental da UFFS – *campus* Cerro largo, 2025.



Fonte: Foto elaborada pelo autor (2025).

2.2.3 Milheto

O milheto (*Pennisetum glaucum*) é uma gramínea anual de verão amplamente utilizada no sistema de plantio direto, especialmente em regiões tropicais e subtropicais. Conforme destaca Lima (2023), a espécie é reconhecida mundialmente por sua rusticidade e rápido crescimento, desenvolvendo-se bem mesmo em áreas de baixa fertilidade e sob condições de estresse hídrico.

Segundo Wildner et al. (2023), a planta apresenta ciclo de 130 a 140 dias e um sistema radicular fasciculado vigoroso, que pode alcançar até 360 cm de profundidade. Essa característica radicular é fundamental para a descompactação biológica do solo e para a reciclagem de nutrientes lixiviados para camadas mais profundas.

Em termos de cobertura, o milheto pode aportar de 5 a 15 Mg ha^{-1} de massa seca ao sistema. Sua relação C/N, considerada alta (entre 30 e 43), favorece uma decomposição mais lenta da fitomassa (WILDNER *et al.,* 2023). Essa persistência da palhada é estratégica para o SPDH, pois protege o solo contra a radiação solar direta e mantém a umidade por mais tempo para a cultura sucessora. Além disso, Neto *et al.,* (2006) reforçam que a inclusão do milheto na rotação de culturas promove melhorias significativas nas propriedades físico-químicas do solo.

Figura 3- Milheto em pleno florescimento, na área experimental da UFFS – *campus* Cerro largo, 2025.



Fonte: Foto elaborada pelo autor (2025).

2.2.4 Capim-Sudão

O capim-sudão (*Sorghum sudanense*) é uma gramínea anual de verão reconhecida por sua alta capacidade de perfilhamento e resistência ao estresse hídrico. Segundo Lima (2023), a espécie apresenta morfologia vigorosa, com colmos finos e folhas longas, podendo atingir até 3 m de altura, o que garante excelente cobertura da superfície do solo.

De acordo com Wildner *et al*., (2023), seu ciclo vegetativo é anual, sendo recomendado o plantio na primavera/verão. A espécie é tolerante a solos de baixa fertilidade e pode produzir entre 8 e 15 Mg ha^{-1} de massa seca. Devido à sua maior relação C/N em comparação às leguminosas, a palhada do capim-sudão permanece por mais tempo sobre o solo, contribuindo para a regulação da temperatura e a manutenção da umidade durante os períodos mais quentes.

Além do aporte de biomassa, Pereira *et al*., (2017) destacam que o capim-sudão favorece a incorporação de carbono orgânico no solo. Seu sistema radicular fasciculado e agressivo atua na estruturação da camada superficial, promovendo a formação de agregados e macroporos, o que melhora a infiltração de água e a aeração, atributos essenciais para o desenvolvimento do sistema radicular do repolho em sucessão.

Figura 4 - Capim-Sudão em pleno florescimento, na área experimental da UFFS – *campus* Cerro largo, 2025.



Fonte: Foto elaborada pelo autor (2025).

2.3 REPOLHO (*Brassica oleracea* var. *capitata*)

De acordo com Freschi, Faez e Souza (2024), o repolho é uma hortaliça de destaque na olericultura brasileira, com mais de 467 mil toneladas produzidas em 2022, concentradas principalmente nas regiões Sul e Sudeste. Trata-se de uma planta herbácea cultivada como anual, que forma cabeças compactadas e possui raiz pivotante capaz de alcançar até 1,5 m de profundidade — embora a maior parte do sistema radicular se concentre nos primeiros 40 a 50 cm —, o que favorece a exploração de água e nutrientes. A espécie adapta-se melhor a temperaturas entre 15 °C e 21 °C, em solos de textura média com pH entre 5,5 e 6,5, manifestando alta exigência hídrica, com evapotranspiração de cerca de 410 mm por ciclo e Kc entre 1,02 e 1,05 (ARAÚJO *et al.,* 2019).

Em pesquisas anteriores na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – campus Cerro Largo, o repolho cultivado sob Sistema Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) com feijão-de-porco demonstrou alta produtividade. Lima (2023) observou uma média de 141,35 Mg ha^{-1}, valor significativamente superior ao pousio. Similarmente, Vicente (2022) verificou que a produtividade foi maior em áreas com feijão-de-porco (52,55 Mg ha^{-1}) em comparação ao pousio (21,12 Mg ha^{-1}). Embora esses estudos tenham avaliado apenas o rendimento, a literatura indica que tal desempenho está associado à melhoria na matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes promovida pelas leguminosas (MAFRA et al., 2019).

Sendo assim, a integração do SPDH com plantas de cobertura, como feijão-de-porco e milheto, favorece a ciclagem de nutrientes (LIMA FILHO *et al.*, 2023), incrementa a matéria orgânica e melhora os atributos físicos do solo, como a agregação e a infiltração de água

(MARTINS; PUENTES; MELO, 2023). Com manejo adequado de irrigação (Kc ≈ 1,0), correção de solo e cobertura vegetal, o repolho apresenta alta produtividade e viabilidade econômica, especialmente para pequenos produtores.

2.4 ATRIBUTOS FÍSICOS E HIDRICOS DO SOLO

A qualidade física e hídrica do solo é fundamental para o desenvolvimento adequado de culturas agrícolas, especialmente em sistemas conservacionistas como o Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH). Entre os atributos físicos, destacam-se a densidade do solo, a porosidade total, a resistência à penetração, a agregação e a estabilidade dos agregados (VOGELMANN; BRAIDA; DRESCHER, 2023). Já entre os hídricos, são determinantes a capacidade de retenção de água, a infiltração e a condutividade hidráulica (KAISER; SILVA, 2023).

O uso de plantas de cobertura no SPDH promove melhorias significativas nesses atributos, uma vez que a cobertura vegetal contribui para a proteção da superfície, a incorporação de matéria orgânica e o estímulo à atividade biológica (PAULETTI, 2012). A decomposição da biomassa das coberturas favorece a estruturação do solo, resultando no aumento da macroporosidade e na redução da compactação (ROSSETTI *et al.*, 2012). Essas alterações estruturais facilitam a infiltração de água e aumentam o seu armazenamento no perfil do solo (PEREIRA, 2023). Além dos benefícios estruturais, a cobertura vegetal desempenha papel relevante na dinâmica térmica. Segundo Gubiani e Reinert (2023), a camada de resíduos sobre a superfície atua como uma barreira física que intercepta a radiação solar e reduz as trocas de calor entre o solo e a atmosfera. Esse efeito isolante ameniza os extremos de temperatura, diminuindo a evaporação da água e contribuindo para o uso mais eficiente da umidade disponível (PEREIRA, 2023).

A manutenção da umidade e a temperatura amena proporcionadas pela palhada favorecem o desenvolvimento uniforme das hortaliças e reduzem a necessidade de irrigação. Fisicamente, o solo ganha porosidade e estrutura, o que reduz a resistência ao crescimento radicular e mitiga drasticamente os processos erosivos (VOGELMANN; BRAIDA; DRESCHER, 2023).

Desse modo, o monitoramento dos atributos físicos e hídricos em áreas sob SPDH com diferentes coberturas vegetais é fundamental para avaliar a sustentabilidade do sistema, o potencial produtivo do repolho e identificar quais espécies promovem maior conservação do solo.

3 HIPÓTESE

A utilização de plantas de cobertura, especialmente leguminosas e gramíneas em consórcio ou sucessão, promove melhorias nos atributos físicos e hídricos do solo, resultando em maior produtividade da cultura do repolho em comparação ao solo mantido em pousio.

4 OBJETIVO GERAL

Avaliar efeitos do plantio direto com diferentes coberturas vegetais nas propriedades físicas e hídricas do solo e no desenvolvimento da cultura do repolho.

4.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1) Quantificar massa seca produzida pelas diferentes espécies de plantas de cobertura utilizadas no plantio.
2) analisar os efeitos das coberturas vegetais sobre as propriedades físicas do solo, densidade, porosidade e agregação.
3) Avaliar o impacto das coberturas nas propriedades hídricas do solo, e a temperatura do solo.

5 MATERIAL E METODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA AREA

O estudo foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus Cerro Largo, RS, localizada nas coordenadas geográficas 28º 09’ 02’’ S e 54º 44’ 19’’ O, com altitude aproximada de 210 m. O clima da região é classificado como Subtropical Úmido (Cfa), segundo a classificação de Köppen (ALVARES *et al*., 2013), caracterizado por chuvas bem distribuídas ao longo do ano e verões quentes. A temperatura média anual é de 20 °C e a precipitação média anual varia de 1.800 a 2.100 mm (WREGE *et al.*, 2012)

Figura 5 - Localização do experimento, na área experimental da universidade federal da fronteira sul *campus* Cerro Largo, 2025.



Fonte: Google Earth (2025).

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho, pertencente à unidade de mapeamento de Santo Ângelo. A caracterização granulométrica da camada de 0–30 cm indicou textura argilosa, com teores de 583,2 g kg^{-1} de argila, 324,0 g kg^{-1} de silte e 92,7 g kg^{-1} de areia (SANTOS et al., 2018; STRECK et al., 2018).

Quanto ao histórico, a área experimental vem sendo conduzida sob Sistema Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) em ciclos anteriores (VICENTE, 2022; LIMA, 2023). Para o presente estudo, realizou-se a rotação das parcelas experimentais priorizando a alternância de famílias botânicas: nas unidades onde anteriormente foram cultivadas leguminosas, implantaram-se gramíneas, e vice-versa. Essa prática visou a homogeneização da área, a quebra do ciclo de pragas e doenças e o aproveitamento do efeito residual das culturas antecessoras no sistema.

A análise química do solo de 2022, realizada antes da instalação do experimento na camada de 0–20 cm, apresentou as características detalhadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados da análise química do solo da área experimental na camada de 0–20 cm antes da instalação do experimento.

Prof. (cm)	pH (H2O)	P (mg/dm^3)	Ca	Mg	K	Al	H+Al	CTC efet.	CTC pH7	V	m	MO	S	CU	ZN	B
			(cmolc dm^3)							%			(mg/dm^3)			
0-20	6,0	7,6	6,3	3,0	0,7	0	3,5	10,0	13,5	74,1	0	2,5	3,4	13,3	3,5	0,5

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

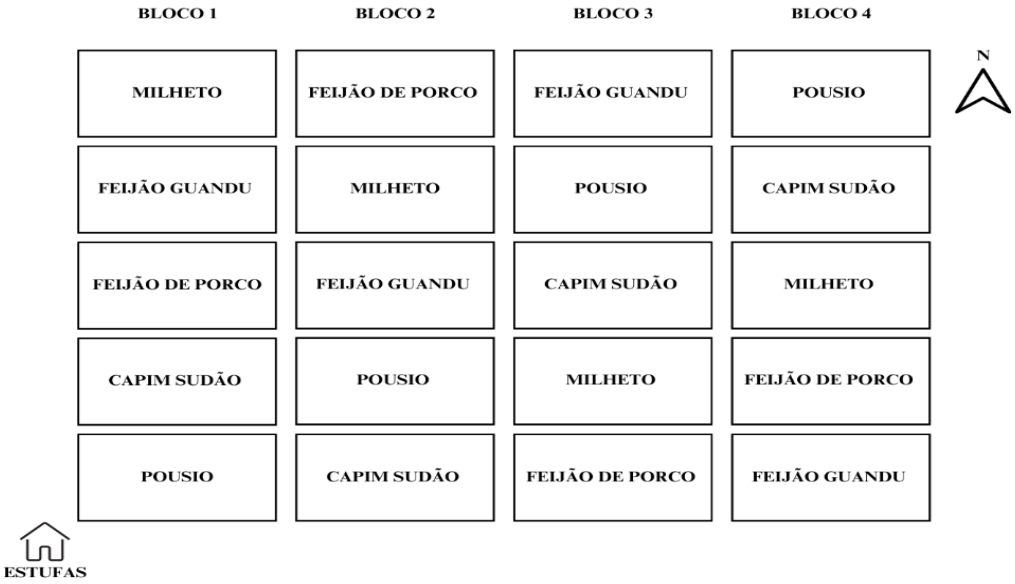
5.2 DELINEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Os tratamentos corresponderam às plantas de cobertura antecessoras ao cultivo do repolho: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), feijão-guandu (*Cajanus cajan*), capim-sudão (*Sorghum sudanense*), milheto (*Pennisetum glaucum*) e a testemunha (pousio).

Cada unidade experimental possuiu dimensões de 2,0 m de largura por 4,0 m de comprimento (8,0 m^2), com espaçamento de 1,0 m entre parcelas destinado à circulação e ao manejo (Figura 6). A semeadura das plantas de cobertura foi realizada em sulcos espaçados de 0,30 m.

A densidade de semeadura foi ajustada para o dobro da recomendação técnica de Calegari (2016), visando compensar potenciais perdas iniciais por fatores externos, como ataque de macrofauna, e garantir o rápido fechamento do solo. As densidades utilizadas foram: 280 kg ha^{-1} para feijão-de-porco, 80 kg ha^{-1} para feijão-guandu, 50 kg ha^{-1} para capim-sudão e 30 kg ha^{-1} para milheto.

Figura 6- Croqui da área e localização das plantas de coberturas, na área experimental da universidade federal da fronteira sul *campus* Cerro Largo, 2025.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

5.3 IMPLANTAÇÃO E AMOSTRAGEM DO EXPERIMENTO

O preparo inicial da área foi realizado no dia 11 de dezembro de 2024. O procedimento consistiu na capina manual com enxada e na retirada dos resíduos do experimento anterior (restos de capim-sudão e rebrota de repolho) para deixar as parcelas limpas e uniformes.

A semeadura das plantas de cobertura ocorreu no dia 12 de dezembro de 2024.As sementes foram distribuídas manualmente em sulcos com espaçamento de 30 cm entre linhas. A quantidade de sementes colocada por metro linear foi calculada para atingir as densidades recomendadas (conforme descrito no item 4.2), garantindo a precisão necessária sem o uso de desbaste posterior.

Também foram implantadas linhas de proteção com feijão-guandu e feijão-de-porco ao redor do bloco experimental. O objetivo foi impedir a entrada de plantas daninhas e mitigar o efeito de bordadura, mantendo cada unidade experimental o mais homogênea possível.

A irrigação das parcelas foi realizada diariamente, utilizando-se um regador manual com capacidade de 20 litros. Cada parcela de $8m^2$ recebeu 40 litros de água por dia, o que corresponde a uma lâmina de 5 mm. Essa aplicação foi dividida em dois molhamentos (manhã e tarde) para melhorar a infiltração e diminuir a evaporação. A água utilizada veio de um reservatório de 2.000 litros. Esse manejo garantiu a uniformidade hídrica entre os tratamentos.

Em relação ao controle de pragas, houve um ataque severo de formigas cortadeiras, o que causou falha total no estande do capim-sudão no Bloco 1. Foram realizadas quatro

tentativas de ressemeadura, mas sem sucesso. Para resolver a falta de cobertura no solo e não prejudicar o experimento seguinte (repolho), a biomassa dessa parcela foi compensada retirando-se uma pequena parte do material vegetal produzido nas outras parcelas da mesma cultura (Capim-sudão), distribuindo-o sobre a área falha para criar uma camada de palhada uniforme.

A coleta das plantas de cobertura foi realizada no dia 27 de março de 2025, retirando-se 1,0 metro linear de cada parcela. O material foi levado para a estufa a 65 °C por 72 horas para a determinação da Massa Seca (MS).

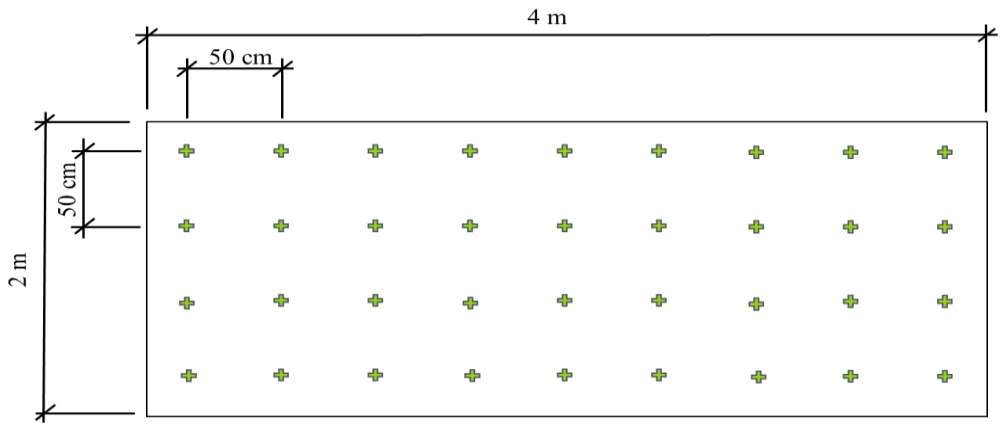
5.4 MANEJO CULTURAL E CONDUÇÃO DA CULTURA

Para o preparo da área, no dia 8 de maio de 2025, foi realizada a dessecação das plantas de cobertura utilizando herbicida à base de glifosato, visando evitar a rebrota e formar a palhada sobre o solo.

O transplante das mudas de repolho, cultivar híbrido Anzu (Sakata), ocorreu no dia 12 de julho de 2025. Esta cultivar caracteriza-se por produzir cabeças compactas de formato semiarredondado, com peso médio comercial de 2,5 kg e ciclo total de aproximadamente 100 a 110 dias. Destaca-se pela rusticidade, apresentando alta tolerância ao rachamento (cracking) e resistência à podridão negra (*Xanthomonas campestris*), o que confere segurança ao cultivo em condições de oscilação térmica (SAKATA SEED SUDAMERICA, 2025).

Foram transplantadas 720 mudas, adquiridas de viveiro certificado, apresentando entre 3 e 4 folhas definitivas e sistema radicular bem formado. O arranjo espacial adotado foi de 0,5 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. Cada unidade experimental foi composta por 36 plantas (Figura 7).

Figura 7 - Croqui dos espaçamentos entre plantas e linhas do repolho.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

As fontes de fertilizantes utilizadas no experimento foram: Ureia (45% N) como fonte de nitrogênio, Superfosfato Triplo (46% P_2O_5) como fonte de fósforo e Cloreto de Potássio (60% K_2O) como fonte de potássio.

A adubação de base (Figura 8) foi realizada diretamente na cova de plantio, fornecendo todo o fósforo e parte do nitrogênio, seguindo as recomendações da análise química do solo e do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016). As adubações de cobertura (nitrogênio e potássio) foram parceladas conforme a necessidade da cultura, conforme detalhado na Tabela 1.

Figura 8 - Adubação do repolho, na área experimental da UFFS – *campus* Cerro largo, 2025.



Fonte: Foto elaborada pelo autor (2025).

Tabela 2- Adubação nitrogenada, fosfatada e potássica aplicada em dias após o plantio (DAP) para a cultura do repolho.

Época de Adubação (DAP)	**Nitrogênio (N)**		**Fósforo (P2O5)**		**Potássio(K20**	
	Kg.ha^{-1}	**g/cova**	**Kg.ha^{-1}**	**g/cova**	**Kg.ha^{-1}**	**g/cova**
Plantio	44	2,2	278	14	-	-
15	48	5,3	-	-	31	1,60
30	96	10,7	-	-	46	2,3
50	-	-	-	-	77	3,9
Formação da Cabeça	96	10,7	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

5.5 AVALIAÇÕES

5.5.1 Avaliações nas Plantas de Cobertura

A determinação da Massa Seca (MS) da parte aérea das plantas de cobertura foi realizada no estádio de pleno florescimento. A amostragem consistiu na coleta de 1,0 m linear na área útil de cada parcela, cortando-se as plantas rente ao solo.

As amostras de tecido vegetal foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para o Laboratório de Física do Solo (ou o nome correto do laboratório 3) da UFFS. O material foi seco em estufa de circulação forçada a 65 °C por 72 horas até atingir massa constante, sendo posteriormente pesado em balança de precisão, conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – Pesagem da massa seca no laboratório da UFFS – campus Cerro Largo, 2025.



Fonte: Foto elaborada pelo autor (2025).

5.5.2 Avaliações no Solo

Para compreender o efeito das diferentes coberturas vegetais sobre os atributos físicos e hídricos do solo, foram avaliados os seguintes parâmetros, conforme Vicente (2022) e Lima (2023) fizeram:

Para os atributos físicos no dia 29 de agosto de 2025 (48 DAP) foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada, utilizando anéis metálicos de volume conhecido, durante o ciclo da cultura do repolho. As coletas de solo foram realizadas nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, totalizando 40 amostras de solo. O procedimento de coleta, pesagem e saturação das amostras pode ser visualizado na Figura 10.

Figura 10 – Coleta, pesagem e molhamento das amostras, na área experimental da UFFS – *campus* Cerro largo, 2025.



Fonte: Foto elaborada pelo autor (2025).

As análises de Densidade do Solo (Ds), Porosidade Total (PT), Microporosidade (Mi) e Macroporosidade (Ma) foram realizadas pelo método do anel volumétrico e da mesa de tensão (a uma tensão de 6 kPa para Microporosidade). O Grau de Compactação (GC) foi calculado a partir da Ds e da densidade máxima que o solo pode atingir. - N305

A temperatura do solo foi monitorada nas camadas de 5 cm e 10 cm de profundidade em todas as parcelas. As leituras foram realizadas duas vezes por semana (quartas e sextas-feiras), sempre às 16h00, utilizando termômetro digital (modelo N305), conforme demonstrado na Figura 11.

Figura 11 - Medidor portátil de temperatura utilizado na área experimental da UFFS – campus Cerro Largo, 2025.



Fonte: Foto elaborada pelo autor (2025).

Para a medição da umidade volumétrica do solo, também foram realizadas nos mesmos dias e horários feitos na temperatura, utilizando Refletômetro no Domínio do Tempo (TDR) com sondas instaladas a 20 cm de profundidade em todas as parcelas (Figura 12).

Figura 12 - Refletômetro no Domínio do Tempo (TDR) na área experimental da UFFS – campus Cerro Largo, 2025.



Fonte: Foto elaborada pelo autor (2025).

5.5.3 Avaliações na Cultura do Repolho

A colheita foi realizada no dia 03 de novembro de 2025, aos 114 DAP, onde foram coletadas três cabeças de repolho por unidade experimental (desconsiderando a bordadura), Vicente (2022) e Lima (2023). Posteriormente, foi realizada a limpeza e a pesagem das cabeças em balança semianalítica, para a determinação da Massa Fresca da Cabeça (MFC). A produtividade foi estimada em Megagramas por hectare ($Mg.ha^{-1}$) a partir dos valores médios pelas MFC.

Figura 13 – Coleta e pesagem da massa fresca na cabeça de repolho na área experimental da UFFS – *campus* Cerro Largo, 2025.



Fonte: Foto elaborada pelo autor (2025).

5.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e os dados foram analisados com auxílio do software SAS.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 PLANTAS DE COBERTURA

A produção de massa seca (MS) da parte aérea das plantas de cobertura, avaliada no estádio de pleno florescimento, está apresentada na Tabela 2.

Embora o feijão-de-porco tenha apresentado, em valores absolutos, a maior produção de biomassa (10,79 Mg ha^{-1}) e o feijão-guandu a menor (6,91 Mg ha^{-1}), a análise estatística indicou que não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$).

Tabela 3 – Produção de massa seca das plantas de cobertura.

Tratamento	Massa Seca (Mg.ha^{-1})
FP	10,79a*
MI	8,33a
CS	7,65a
FG	6,91a
CV%	33,65

CS: Capim sudão; MI: Milheto; FP: Feijão-de-porco; FG: Feijão-guandu.
* Médias foram submetidas ao teste de Tukey ao nível 5% de significância, todas as letras seguidas das mesmas letras não demonstraram diferença significativa entre si.
Fonte: elaborada pelo autor (2025).

A ausência de diferença estatística e os valores obtidos podem estar relacionados às condições climáticas ocorridas durante o ciclo experimental. Observou-se a ocorrência de um período de estiagem acentuada entre os 10 e 55 dias após a emergência (DAP), coincidindo com a fase vegetativa inicial das culturas, o que possivelmente afetou o desenvolvimento das plantas e contribuiu para os resultados obtidos.

6.2 ATRIBUTOS FISICOS

Os atributos físicos do solo avaliados (Densidade, Porosidade e Grau de Compactação) apresentaram comportamentos distintos conforme a profundidade analisada, conforme detalhado na Tabela 4.

Na camada 0 a 10 cm (superficial), na Ds, Pt, Ma e GC não houve diferença significativa entre os tratamentos. Esse comportamento é comum em sistemas com curto tempo de implementação das plantas de cobertura, conforme relatado por Pessotto *et al*. (2017), observam que a ausência de alterações físicas expressivas quando o período de cobertura é reduzido.

Entretanto, para a Microporosidade (Mi), o Capim-sudão (CS) e Milheto (MI) apresentaram as maiores médias diferindo do pousio, que teve a menor média. Já o Feijão-de-porco (FP) e o Feijão-guandu (FG) tiveram valores intermediário, não se diferindo estatisticamente dos demais. A resultados semelhantes foram descritos por Rossetti *et al.* (2012), que destaca que plantas de cobertura aumentam a retenção de água e poros pequenos favorecendo a microporosidade no solo

Na camada 10 a 20 cm (camada subsuperficial), o Mi e a Ma não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Por outro lado o Ds, Pt e o GC demonstraram diferença significativa entre os tratamentos, indicando o efeito dos tratamentos sobre a estrutura do solo nessa profundidade. Valicheski *et al.,* (2012), observou que esse tipo de resposta, é mais evidente em camadas mais profundas principalmente em solos compactados.

Assim, o feijão-de-porco, proporcionou as melhores condições físicas na camada 10 a 20 cm, apresentando a menor densidade (1,20 g cm^{-3}) e o menor grau de compactação com (81,65%), diferenciando-se do pousio. Esse resultado ele pode ser atribuído ao vigoroso sistema radicular pivotante dessa leguminosa, que atua como um "arado biológico", descrito por Mottin (2009) ao destacar a capacidade da raiz das leguminosas de descompactar camadas subsuperficiais.

Já os tratamentos com capim Sudão, milheto e feijão-guandu apresentaram comportamento intermediário na camada de 10 a 20 cm. Embora o capim sudão, milheto apresentem intensa presença de raízes fasciculadas não foram tão eficientes quanto ao feijão-de-porco, possivelmente porque a maior concentração de raízes está situada na camada superficial.

Por fim o pousio apresentou os piores indicadores físicos nessa profundidade a maior densidade do solo e o maior grau de compactação. Indicando que o solo que tenha ausência sistema radicular ativo para a formação de agregados e bioporos resultando em menor espaço poroso e mais adensado.

Tabela 4 – Valores médios de densidade e porosidade do solo, nas camadas (0-10 e 10 a 20), sob diferentes plantas de cobertura na área experimental da UFFS – *campus* Cerro largo, 2025.

Camada	Tratamentos					CV
(cm)	PO	CS	MI	FP	FG	(%)
Densidade do solo (g cm^{-3})						
0-10	1,18a*	1,14a	1,09a	1,03a	1,09a	7,36
10-20	1,32a	1,24ab	1,23ab	1,20b	1,24ab	4,64
Porosidade total (cm^3 cm^{-3})						
0-10	0,59a	0,60a	0,63a	0,65a	0,62a	4,58
10-20	0,545b	0,58ab	0,58ab	0,59a	0,57ab	3,25
Microporosidade (cm^3cm^{-3})						
0-10	0,35b	0,39a	0,41a	0,37ab	0,38ab	4,8
10-20	0,40a	0,39a	0,38a	0,38a	0,39a	14,08
Macroporosidade (cm^3cm^{-3})						
0-10	0,24a	0,22a	0,22a	0,27a	0,24a	16.13
10-20	0,15a	0,19a	0,20a	0,22a	0,15a	32,58
Grau de compactação (%)						
0-10	81,25a	77,75a	72,83a	70,28a	81,25a	7,37
10-20	90,55a	84,75ab	84,25ab	81,65b	84,8ab	4,62

CS: Capim sudão; MI: Milheto; FP: Feijão-de-porco; FG: Feijão-guandu.
* Médias foram submetidas ao teste de Tukey ao nível 5% de significância, todas as letras seguidas das mesmas letras não demonstraram diferença significativa entre si.
Fonte: elaborada pelo autor (2025).

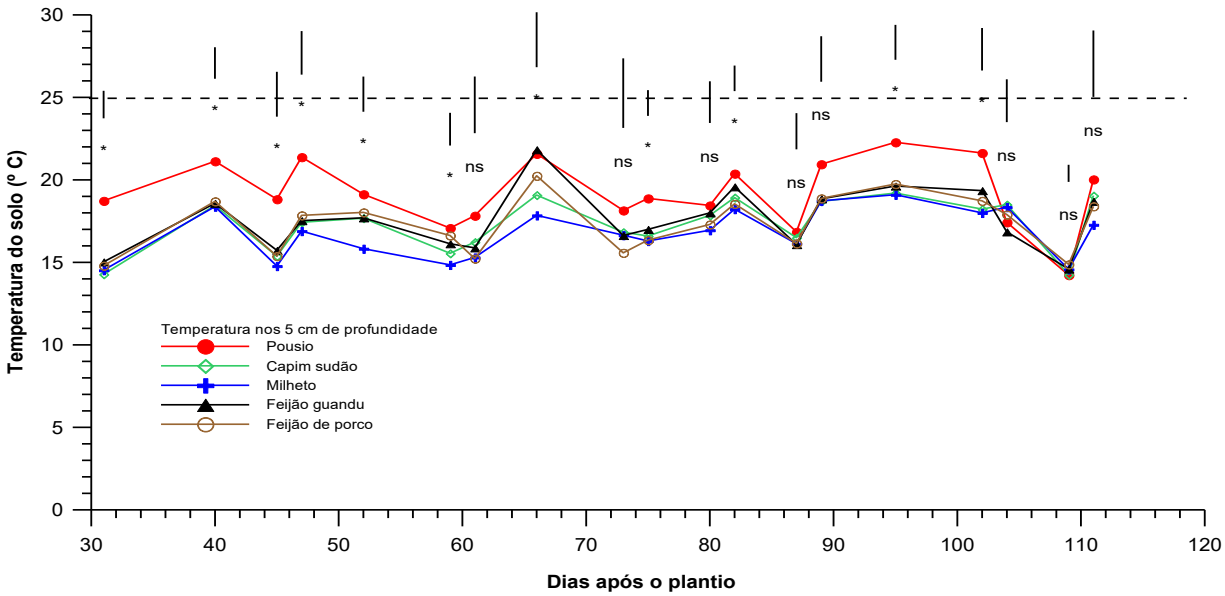
Conforme observado na figura 15, o monitoramento da temperatura do solo ele foi realizado no período entre 31 e 111 dias após o plantio (DAP). Embora essa avaliação não possua a fase inicial da cultura, os dados obtidos a partir 31 DAP mostram que o efeito isolante da cobertura vegetal foi eficiente e persistiu durante o ciclo, corrobora o que Stone e Moreira (2000) sobre a capacidade cobertura morta em atuar como isolante térmico.

O pousio apresentou temperaturas significativamente superiores (18,73ºC), aos demais tratamentos com cobertura como capim sudão (14,28 °C) e o milheto (14,53 °C). Tendo então uma diferença de aproximadamente 4,4 °C evidenciando que, na ausência de cobertura, o solo permanece exposto às maiores flutuações térmicas por um período prolongado, não se restringindo apenas aos primeiros dias após plantio. Este comportamento está de acordo com Vieira *et al.,* (2020), que observaram que o solo descoberto apresenta as maiores amplitudes térmicas diárias, enquanto a presença de palhada atua como isolante, mantendo a temperatura mais estável.

Visualmente, na curva do pousio manteve as maiores médias apresentando os maiores picos de aquecimento. Já as plantas de cobertura demonstraram uma estabilidade térmica com

curvas agrupadas e temperaturas mais baixas principalmente o milheto, capim sudão e o feijão-de-porco entre 70 e 90 DAP, confirmando a importância da biomassa na intercepção da radiação solar (Salton; Tomazi, 2014)

Figura 14 – Valores médios da temperatura do solo 5 cm de profundidade durante o ciclo repolho, em função das plantas de cobertura, na área experimental da UFFS – campus Cerro Largo, 2025.



* Médias foram submetidas ao teste de Tukey ao nível 5% de significância; “ns” indica ausência de diferença estatística entre as médias naquela data de avaliação.

Fonte: elaborada pelo autor (2025)

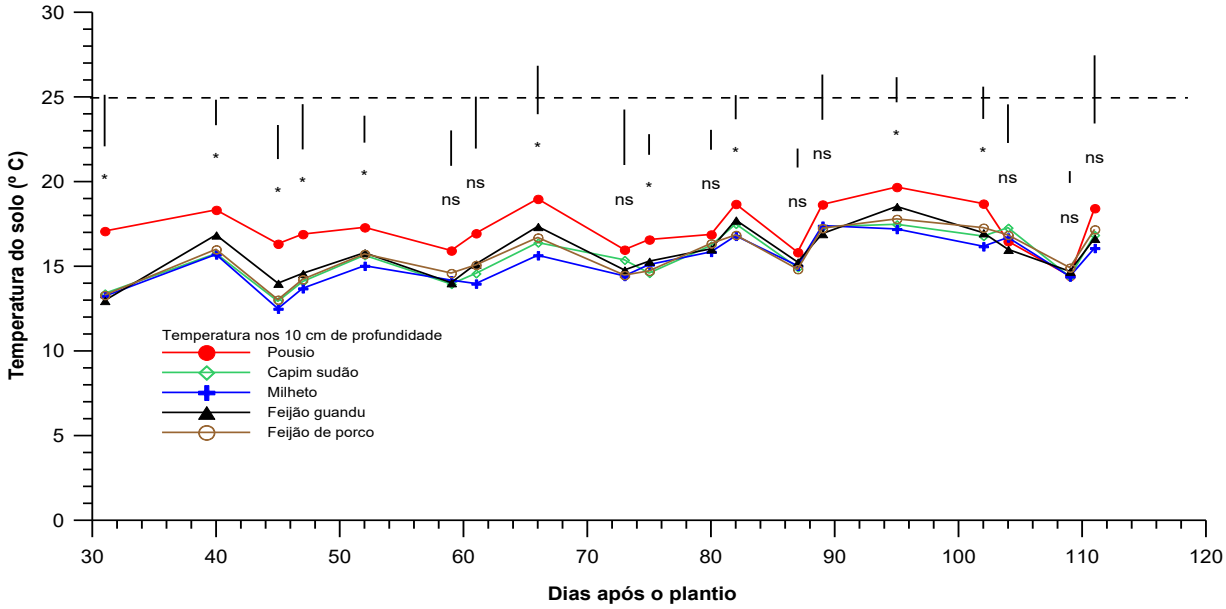
Na figura 16 podemos ver que o pousio (linha vermelha) manteve as temperaturas mais quentes. Esses dados na profundidade de 10 cm reforça os resultados obtidos na camada superficial (5cm), demonstrando que o efeito isolante das plantas de cobertura se estende para as camadas ao longo perfil do solo conforme observado por Webler *et al.* (2016), que constataram que a cobertura morta atua como uma barreira física, amortecendo as oscilações térmicas não apenas na superfície, mas também em profundidade.

O tratamento o pousio (17,08ºC) apresentou a maiores médias térmicas ao longo do ciclo, diferindo-se estatisticamente de todos os tratamentos, com destaque o Feijão-guandu (12,98ºC) e o milheto (13,23ºC). Uma diferença de aproximadamente 4ºC nesta profundidade, indicando que o solo sem cobertura, o calor excessivo se estende para as camadas mais profundas do solo. Este resultado corrobora Furlani *et al.,* (2008), que relatam que solos descobertos atingem temperaturas significativamente superiores aos cobertos com palhada, afetando o perfil do solo.

Sendo assim, no período entre os 30 DAP e 60 DAP, os tratamentos com cobertura mantiveram temperatura abaixo de 15ºC ideal para o desenvolvimento do repolho,

principalmente por seu sistema radicular se concentra-se nessas camadas e a cultura (clima ameno) é sensível a temperaturas elevadas, podendo ser prejudicada pelo estresse térmico (Silva *et al.,* 2020.. Além disso, observa-se que, durante todo o ciclo, as temperaturas do solo nos tratamentos com cobertura mantiveram-se em temperatura inferiores à temperatura média do ar (representada pela linha tracejada, ~25ºC), mostrando que a biomassa impediu a troca direta de calor entre a atmosfera e o solo, mantendo o ambiente radicular mais fresco que o ambiente externo (microclima), um benefício clássico do Sistema Plantio Direto destacado por Salton e Tomazi (2014).

Figura 15 – Valores médios da temperatura do solo 10 cm de profundidade durante o ciclo repolho, em função das plantas de cobertura, na área experimental da UFFS – campus Cerro Largo, 2025.



* Médias foram submetidas ao teste de Tukey ao nível 5% de significância; “ns” indica ausência de diferença estatística entre as médias naquela data de avaliação.

Fonte: elaborada pelo autor (2025)

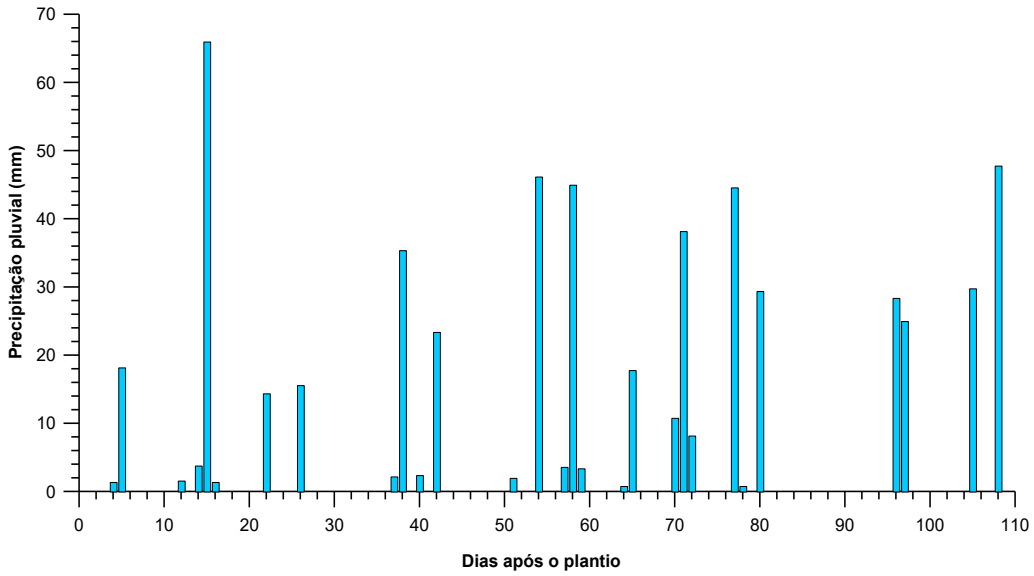
6.3 ATRIBUTOS HÍDRICOS

Conforme observado na figura 17, as chuvas ocorreram de forma irregular, intercalando eventos de alta precipitação (aos 15, 54,78, 108 DAP), com volumes superiores a 40 mm, com períodos de estiagem ou baixa pluviosidade. Destacando-se o intervalo entre os dias 42 e 53 DAP, onde a precipitação foi mais escassa, impondo uma condição adverso de fundamental para avaliar a eficiência real das plantas de cobertura quanto a conservação da umidade do solo. Segundo Panachuki *et al.,* (2011), nestes períodos críticos de estiagem em que a cobertura

vegetal desempenha seu papel mais importante, reduzindo a taxa de evaporação e mantendo a água disponível no perfil do solo por mais tempo.

Além disso, a ocorrência de chuvas correlaciona-se diretamente com as datas em que não houve diferença significativa (ns) para a temperatura do solo (figura 4 e 5), uma vez que a chuva acaba nivelando a temperatura fazendo com que o solo com ou sem cobertura fique com a mesma temperatura. Conforme Sena *et al.,* (2019), o aumento da água nos poros do solo funciona como um tampão térmico que nivela a temperatura do solo, fazendo com que haja uma redução na amplitude térmica diária e fazendo com que o solo, com ou sem cobertura, apresente comportamentos térmicos semelhantes nos dias subsequentes à precipitação.

Figura 16 – Precipitação média durante o ciclo do repolho, da UFFS – campus Cerro Largo, 2025.



Fonte: elaborada pelo autor (2025)

Como observado na figura 18, o monitoramento da umidade volumétrica do solo foi entre os dias 37 e 111 DAP. Podemos observar que, em todos os tratamentos, os níveis de umidade mantiveram-se acima do ponto de murcha permanente (PMP=0,2 cm^3cm^{-3}), mantendo a umidade mínima para o desenvolvimento da cultura, conforme os princípios de água disponível no solo descritos por Reichardt e Timm (2012).

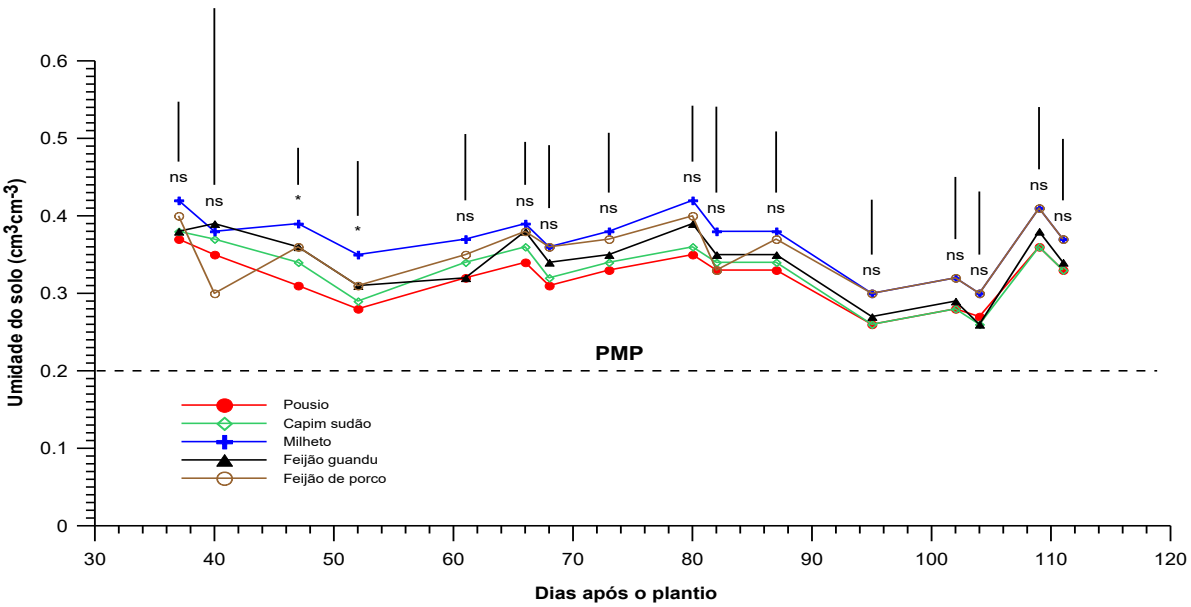
Mesmo iniciando a avaliação aos 37 DAP, podemos ver uma clara diferença entre os tratamentos. O milheto destacou-se por manter os maiores médias de água no solo ao longo do ciclo, acima de 0,35 cm^3cm^{-3} entre os 37 e 80 DAP. Após esse período, houve uma redução, porém manteve-se junto com o feijão-de-porco depois dos 80 DAP. Esse resultado podemos comparar com dados físicos discutidos na (Tabela 3), onde milheto proporcionou maior

microporosidade, isso proporcionando um melhor armazenamento de água. De acordo com Pacheco *et al.,* (2011), o aumento dos microporos é fundamental para a retenção de água por capilaridade

Por outro lado, o pousio apresentou o menore volume de umidade durante a maior parte do ciclo. Isso demonstra que a ausência de cobertura vegetal na superfície do solo à radiação solar direta e a temperaturas mais elevadas como visto na (figura 4), resultando no aumento da taxa de evaporação e reduzindo a reserva de água disponível no solo. Segundo Torres *et al.,* (2017) efeito do solo exposto, confirma que a falta de palhada acelera a perda de água para a atmosfera.

Houve diferença estatística significativa entre os dias 47 e 52 DAP, breve momento de crítico de secagem do solo. Isso nos mostra a eficiência das plantas de cobertura especialmente o milheto, que durante esse período de estiagem atuou como barreira física retardando a perda de água para a atmosfera e protegendo a cultura contra o déficit hídrico, ou seja, como a maior disponibilidade hídrica no tratamento com milheto resultou em uma interação positiva entre a melhoria física do solo (aumento de microporos) e o microclima favorável (menores temperatura), criando um ambiente tamponado contra o estresse hídrico, conforme observado também por Costa *et al.,* (2014) em sistemas conservacionistas..

Figura 17 – Umidade volumétrica do solo ao longo do ciclo do repolho, na área experimental da UFFS – campus Cerro Largo, 2025.



* Médias foram submetidas ao teste de Tukey ao nível 5% de significância; “ns” indica ausência de diferença estatística entre as médias naquela data de avaliação.

Fonte: elaborada pelo autor (2025)

6.4 PRODUTIVIDADE DO REPOLHO

A avaliação da massa fresca de cabeça (MFC) e a produtividade da cultura, apresentadas na Tabela 5, demonstraram que não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Numericamente, observou-se que o milheto proporcionou as cabeças com maior massa média (2,12 kg), superando o pousio (1,75 kg). Estes valores estão em conformidade com o potencial produtivo da cultura em sistemas conservacionistas, assemelhando-se aos resultados de Vargas *et al.* (2011), que obtiveram cabeças entre 1,9 e 2,3 kg em sistema de plantio direto.

Em relação à produtividade por área, o feijão-de-porco destacou-se com a maior média (70,97 Mg ha^{-1}), enquanto o feijão-guandu apresentou o menor desempenho (59,07 Mg ha^{-1}). O desempenho superior do feijão-de-porco como planta antecessora corrobora Fontanétti et al. (2006), que atribuem esse efeito à rápida liberação de nutrientes pela leguminosa, devido à sua menor relação C/N em comparação às gramíneas.

Tabela 5 - Valores médios de massa fresca de cabeça (MFC) e produtividade da cultura do repolho submetida a diferentes plantas de cobertura, Cerro Largo, 2025.

Tratamentos	**MFC (kg)**	**Produtividade (Mg.ha^{-1})**
CS	1,82 a*	66,73 a
FP	1,96 a	70,97 a
FG	1,87 a	59,07 a
MI	2,12 a	66,87 a
PO	1,75 a	66,84 a
CV (%)	**11,9**	**20,24**

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Ao comparar os resultados com trabalhos anteriores realizados na mesma área experimental, nota-se que a massa média das cabeças (1,75 a 2,12 kg) foi inferior à obtida por Lima (2023), que alcançou médias de 3,53 kg. Essa diferença deve-se a um conjunto de fatores genéticos, climáticos e fitossanitários.

Primeiramente, houve a influência da característica genética da cultivar. Enquanto Lima (2023) utilizou o híbrido Fuyutoyo (de grande porte, com cabeças de 3,0 kg), neste estudo utilizou-se o híbrido Anzu (Sakata), cujo peso médio comercial característico é naturalmente menor, em torno de 2,5 kg.

Além da genética, um fator determinante para o desempenho abaixo do potencial produtivo foi a época de transplante tardia (em julho). Esse deslocamento do calendário fez com que a fase crítica de formação e enchimento das cabeças coincidisse com o aumento das temperaturas e do fotoperíodo (primavera). O calor excessivo no final do ciclo acelera a maturação e limita a compactação das folhas internas, resultando em cabeças menos densas e com menor massa final (FILGUEIRA, 2008).

Somado a isso, o desempenho foi impactado pela incidência severa da traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) durante a fase de formação da cabeça. Embora tenha sido realizado o controle químico com Decis 24 EC e Tracer SC, a pressão da praga ocasionou desfolha parcial, reduzindo a área fotossintética. Segundo Thuler (2006) e Czepak et al. (2005), esta é a principal praga limitante das brássicas, capaz de comprometer o enchimento da cabeça.

Por fim, a irregularidade hídrica observada no ciclo (conforme discutido no item 5.3) também contribuiu para limitar a expansão celular e o acúmulo de biomassa final, impedindo que a cultura atingisse seu teto produtivo.

7 CONCLUSÃO

A produção de massa seca das plantas de cobertura não diferiu estatisticamente entre as espécies avaliadas, sendo limitada pela estiagem inicial. As coberturas influenciaram positivamente os atributos físicos do solo, com destaque para o milheto e o capim-sudão na microporosidade (0–10 cm) e para o feijão-de-porco na redução da densidade (1,20 g cm^{-3}) e do grau de compactação (10–20 cm).

As coberturas foram eficientes na regulação do microclima, reduzindo a temperatura do solo em até 4,4 °C em relação ao pousio e contribuindo para maior estabilidade térmica; o milheto também manteve maior umidade do solo. A massa fresca e a produtividade do repolho não apresentaram diferenças estatísticas, comportamento atribuído ao conjunto de fatores estressantes ocorridos no ciclo: incidência severa de Plutella xylostella e a época de transplante tardia.

Ainda assim, conclui-se que o SPDH, especialmente sobre feijão-de-porco, mostrou-se uma alternativa viável para a melhoria da qualidade física do solo, sem prejuízo ao rendimento da cultura em comparação ao pousio.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A.; GUBIANI, P. I. (Org.). **Física do solo**. 1. ed. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2023.

ALMEIDA, M. M. T.; CAMARA, F. T. Biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura do solo, em cultivo solteiro e consorciado. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 5, n. 2, p. 106-112, 2011. Disponível em: https://revista.ufrr.br/agroambiente/article/view/492. Acesso em: 09 dez. 2025.

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil. Acesso em: 09 dez. 2025.

ALVARENGA, R. C. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/45499527.pdf. Acesso em: 3 maio 2025.

ARAÚJO, Mário Sérgio Paiva de *et al.* Evapotranspiração e coeficientes da cultura do repolho em sistema orgânico. **Irriga**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 98-108, 2019. Disponível em: http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2019v24n1p98-108. Acesso em: 3 jun. 2025.

BARROS, D. L. D.; GOMIDE, P. H. O.; CARVALHO, G. J. D. Plantas de cobertura e seus efeitos na cultura em sucessão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 2, p. 308-318, 2013. Disponível em: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-914392. Acesso em: 4 maio 2025. [5]

BERTOL, Ildegardis. Apresentação. In: FAYAD, Jamil Abdala (org.). **Sistema de plantio direto de hortaliças**: método de transição para um novo modo de produção. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2019. p. 21.

BOER, C. A. *et al.* Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/K3BFqHMNz9FvByG6d3Zy8pc/abstract/?lang=pt. Acesso em: 20 abr. 2025.

BORGES, T. S. **Plantas de cobertura e seus efeitos em atributos físicos e químicos do solo**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agronômica) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2025. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/entities/publication/a0a52fdd-cb04-4dba-9b0a-b2a0e1e4e307. Acesso em: 3 jun. 2025.

CALEGARI, A. *et al.* Escolha e manejo de plantas de cobertura. In: LIMA FILHO, O. F. de. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**: fundamentos e prática. Brasília: Embrapa, 2016.

CAVALCANTE, Valéria S. *et al.* Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 5, p.

521-528, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/pGhK3mhztpz3wv9fjhW99gg/. Acesso em: 4 maio 2025.

CLEMENTE, F. M. V. T. **Produção de hortaliças para agricultura familiar**. CEP, [S. l.], v. 70, p. 970, 2015. Acesso em: 18 abr. 2025.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC (CQFS-RS/SC). **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul, 2016. 376 p.

COSTA, N. R. *et al.* Atributos físicos de um Latossolo e produtividade do milho em sucessão a culturas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 263-273, 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/w5xT8q8j6yP7V5Q5R8g6wJm/?lang=pt. Acesso em: 27 nov. 2025.

CZEPAK, Cecília *et al.* Traça-das-crucíferas: bioecologia e controle. In: SEMINÁRIO DE AGRONOMIA, 2., 2005, Goiânia. **Anais**... Goiânia: UFG, 2005. p. 45-58.

DOMUKOSKI, João Fernando *et al.* Produção de biomassa do milheto em função do espaçamento entrelinhas e da densidade de semeadura. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 13, n. 2, p. 152-160, 2014. Disponível em: https://saber.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/7330. Acesso em: 4 maio 2025.

EMATER-MG. **Guia para cultivo de plantas de cobertura em sistemas de produção agrícola**. Belo Horizonte: Emater-MG, 2024. Disponível em: https://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=88479. Acesso em: 3 maio 2025.

EMBRAPA. **Sistema de plantio direto em hortaliças (SPDH)**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2013. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2251611/sistema-de-plantio-direto-em-hortalicas-spdh. Acesso em: 3 jun. 2025.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

FONTANÉTTI, A. *et al.* Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 146-150, 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/j/hb/a/xRgNw4jk5N8dp5Qx7LxGmxc/?lang=pt. Acesso em: 27 nov. 2025.

FRESCHI, J. V. Q.; FAEZ, R.; SOUZA, C. F. Fertilizante de liberação controlada de nutrientes na produção sustentável de repolho irrigado: um estudo experimental. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, [S. l.], v. 14, e14271, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.4322/2359-6643.14271. Acesso em: 3 jun. 2025.

FURLANI, C. E. A. *et al.* Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 375-380, 2008. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/rbcs/a/JTCmCRcX47wBwqX4cdwGX6x/?lang=pt. Acesso em: 27 nov. 2025.

GUBIANI, Paulo Ivonir; REINERT, Dalvan José. Energia térmica do solo. In: ALBUQUERQUE, Jackson Adriano; GUBIANI, Paulo Ivonir (Org.). **Física do Solo**. 1. ed. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2023. p. 195-220. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/374134855_Fisica_do_Solo. Acesso em: 09 dez. 2025.

IBGE. Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf. Acesso em: 11 dez. 2025.

KAISER, Douglas Rodrigo; SILVA, Vanderlei Rodrigues da. Água no solo. In: ALBUQUERQUE, Jackson Adriano; GUBIANI, Paulo Ivonir (Org.). **Física do Solo**. 1. ed. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2023. p. 221-276. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/374134855_Fisica_do_Solo. Acesso em: 09 dez. 2025.

LEITE, Fernando Augusto. **Sistema plantio direto de repolho sob diferentes plantas de cobertura**. 2024. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2024.

LIMA, C. E. P.; MADEIRA, N. R. Sistema de plantio direto em hortaliças (SPDH). **Hortaliças em Revista**, Brasília, DF, ano 2, n. 9, p. 12-13, 2013. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/975518. Acesso em: 24 abr. 2025.

LIMA, Júlia Follmann de. **Sistema plantio direto do repolho sob diferentes plantas de cobertura**. 2023. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2023. Acesso em: 3 jun. 2025.

LIMA FILHO, Oscar Fontão de *et al.* (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**: fundamentos e prática. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2023. 586 p. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1153241. Acesso em: 09 dez. 2025.

LOPES, Otávio Manoel Nunes. **Feijão-de-porco**: leguminosa para adubação verde e cobertura de solo. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1998. 4 p. (Recomendações básicas, 37). Disponível em: https://agris.fao.org/search/en/providers/122419/records/6473560b53aa8c8963067849. Acesso em: 4 maio 2025.

MAFRA, A. L. *et al.* Iniciando o sistema de plantio direto de hortaliças: adequações do solo e práticas de cultivo. In: FAYAD, J. A. *et al.* (org.). **Sistema de plantio direto de hortaliças**: método de transição para um novo modo de produção. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2019. p. 215-224.

MARTINS, Wallyson Marinho; PUENTES, André Rodrigues; MELO, Carlos Cicinato Vieira. Efeito de diferentes resíduos de plantas de cobertura na produção de repolho em sistema de plantio direto. **JNT - Facit Business and Technology Journal**, [S. l.], v. 44, p. 576-592, 2023.

Disponível em: https://revistas.faculdadefacit.edu.br/index.php/JNT/article/view/2670. Acesso em: 09 dez. 2025.

MOTTIN, C. M. **Efeito de plantas de cobertura cultivadas no inverno nas propriedades físicas do solo e na produtividade de soja e milho em sucessão**. 2009. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2009. Disponível em: https://tede.unioeste.br/handle/tede/1331. Acesso em: 26 nov. 2025.

MOURA, Jadson Belem de *et al.* Produção de biomassa e capacidade de supressão de plantas invasoras pela cultura do milheto em adubação de sistema. **Varia Scientia Agrárias**, Cascavel, v. 1, n. 1, p. 23-30, 2010. Disponível em: https://saber.unioeste.br/index.php/variascientiaagraria/article/view/2652. Acesso em: 4 maio 2025.

NETO, Américo Nunes da Silveira *et al.* Efeitos de manejo e rotação de culturas em atributos físicos do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 29-35, 2006. Disponível em: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253021639005. Acesso em: 4 maio 2025.

PACHECO, L. P. *et al.* Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/3q6Z5X5J4yP7V5Q5R8g6wJm/?lang=pt. Acesso em: 27 nov. 2025.

PANACHUKI, E. *et al.* Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1777-1785, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/k69j75Z5DmtfQv5c4hP5cwy/?lang=pt. Acesso em: 27 nov. 2025.

PAULETTI, D. R. **Influência das plantas de cobertura nas características produtivas da alface e nos atributos físicos e químicos do solo**. 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2012. Disponível em: https://tede.unioeste.br/handle/tede/1435. Acesso em: 3 jun. 2025.

PEREIRA, Arthur Vinicius Felix. **Efeito de plantas de cobertura nos atributos físicos do solo após cultivo do milho em semeadura direta**. Arapiraca: Universidade Federal de Alagoas, 2023. 44 p. Disponível em: https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/5029. Acesso em: 3 jun. 2025

PESSOTTO, P. *et al.* Influência de diferentes plantas de cobertura nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho. **Agrarian**, Dourados, v. 10, n. 35, p. 62-70, 2017. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/4519. Acesso em: 26 nov. 2025.

QUARESMA, J. P. S. **Sistema de plantio direto de hortaliças na agricultura familiar**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023.

RAYOL, Breno Pinto; ALVINO-RAYOL, Fabrízia de Oliveira. Produção de biomassa e teor de nutrientes do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.) em reflorestamento no estado do Pará. **Revista Agroecossistemas**, Belém, v. 4, n. 2, p. 85-90, 2012a. Disponível em: https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/view/1216. Acesso em: 4 maio 2025.

RAYOL, Breno Pinto; ALVINO-RAYOL, Fabrízia de Oliveira. Uso de feijão guandú (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) para adubação verde e manejo agroecológico de plantas espontâneas em reflorestamento no estado do Pará. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 104-110, 2012b. Disponível em: https://orgprints.org/id/eprint/22977/. Acesso em: 4 maio 2025.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera**: conceitos, processos e aplicações. 2. ed. Barueri: Manole, 2012.

REIFSCHNEIDER, Francisco José Becker; LOPES, Carlos Alberto. Horticultura brasileira sustentável: sonho eterno ou possibilidade futura? **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 24, n. 2, p. 90-101, 2015. Acesso em: 10 abr. 2025.

RODRIGUES, E. F. **Densidade de semeadura de nabo forrageiro cultivado solteiro e consorciado com aveia preta como estratégia de descompactação do solo**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Cachoeira do Sul, 2023. Disponível em: https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/handle/123456789/3219. Acesso em: 20 abr. 2025.

ROSSETTI, R. *et al.* Atributos físicos do solo em diferentes condições de cobertura vegetal em área de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 3, p. 449-456, 2012. Disponível em: https://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v7i3a1681. Acesso em: 26 nov. 2025.

RUFINI, Márcia *et al.* Estirpes de *Bradyrhizobium* em simbiose com guandu-anão em casa de vegetação e no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 2, p. 126-134, 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/DqtWQ8HZWZNY7FrYtYsZ7VC/?lang=pt. Acesso em: 09 dez. 2025.

SAKATA SEED SUDAMERICA. **Repolho Anzu**: características e benefícios. Bragança Paulista: Sakata, 2025. Disponível em: https://www.sakata.com.br/hortalicas/brassicas/repolho/verde/anzu. Acesso em: 10 dez. 2025.

SALTON, J. C.; TOMAZI, M. **Sistema Plantio Direto**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1124531. Acesso em: 27 nov. 2025.

SANTOS, H. G. do. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, Lourenço Oliveira dos *et al.* Desafios e potencialidades dos sistemas orgânicos e consorciados na produção de hortaliças: uma perspectiva socioeconômica e ambiental. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 1-14, 2025.

SCHEFFER-BASSO, Simone M.; AGRANIONIK, Hercio; FONTANELI, Roberto S. Acúmulo de biomassa e composição bromatológica de milhetos das cultivares comum e africano. **Current Agricultural Science and Technology**, Pelotas, v. 10, n. 4, 2004. Disponível em: https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/1021. Acesso em: 4 maio 2025.

SENA, C. *et al.* Variabilidade da temperatura do solo em diferentes sistemas de manejo na região semiárida. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 13, n. 4, p. 3564-3573, 2019. Disponível em: http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/1066. Acesso em: 27 nov. 2025.

SILVA, A. R. *et al.* Uso de coberturas no cultivo do repolho e sua influência no controle de plantas daninhas, eficiência no uso da água e temperatura do solo. In: SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO ACADÊMICA, 2020, Viçosa. **Anais** [...]. Viçosa: UFV, 2020. Disponível em: https://locus.ufv.br/bitstreams/6438d5fe-fbc9-455e-b03c-5510cfd45e2e/download. Acesso em: 27 nov. 2025.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). **Sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH)**: método de transição agroecológica. [S. l.]: SBCS, 2025. Disponível em: https://www.sbcs.org.br/2025/04/11/sistema-de-plantio-direto-de-hortalicas-spdh-metodo-de-transicao-agroecologica-como-ferramenta-para-a-conservacao-do-solo-reducao-dos-impactos-climaticos-e-aumento-da-produtividade/. Acesso em: 4 jun. 2025.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo na conservação da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 835-841, 2000. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/nCb6KhCFjmCYm5YSy8zZ4TC/?lang=pt. Acesso em: 27 nov. 2025.

STRECK, Edemar Valdir *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. 3. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2018. 252 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/236965550_Solos_do_Rio_Grande_do_Sul. Acesso em: 26 maio 2025.

TEIXEIRA, C. M. *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milheto e milheto + crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, p. 647-653, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/asagr/a/XNjPp6rtWYCS9Qg6CWnPDqQ/abstract/?lang=pt. Acesso em: 5 maio 2025.

THULER, Robson Thomaz. **Plutella xylostella (L.) (Lepidoptera: Plutellidae)**: táticas para o manejo integrado em brássicas. 2006. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11146/tde-10112006-160824/publico/rthuler.pdf. Acesso em: 27 nov. 2025.

TORRES, Jose Luiz Rodrigues *et al.* Influência de plantas de cobertura na temperatura e umidade do solo na rotação milho-soja em plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 107-113, 2006. Disponível em: https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/4498. Acesso em: 3 jun. 2025.

VALARINI, M. J.; GODOY, R. Contribuição da fixação simbiótica de nitrogênio na produção do guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, p. 500-504, 1994. Disponível em: https://www.scielo.br/j/sa/a/V7WWqZPjgKcKZbWPcLyWMZF/?lang=pt. Acesso em: 4 maio 2025.

VALICHESKI, R. R. *et al.* Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 10, p. 1022-1029, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/zgWXX7hZsT3g8JgRxNpW8dD/. Acesso em: 26 nov. 2025.

VARGAS, P. F. *et al.* Desempenho de cultivares de repolho em sistema de plantio direto e convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 243-247, 2011.

VICENTE, Bruna. **Atributos físicos do solo e produtividade de repolho cultivado em sucessão a plantas de cobertura em sistema plantio direto**. 2022. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2022.

VIEIRA, F. F. *et al.* Temperatura e umidade do solo em função do uso de cobertura morta no cultivo de milho. **Científica**, Jaboticabal, v. 48, n. 3, p. 188-199, 2020. Disponível em: http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/1264. Acesso em: 27 nov. 2025.

VOGELMANN, Eduardo Saldanha; BRAIDA, João Alfredo; DRESCHER, Marta Sandra. Indicadores de qualidade física do solo. In: ALBUQUERQUE, Jackson Adriano; GUBIANI, Paulo Ivonir (Org.). **Física do Solo**. 1. ed. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2023. p. 317-340. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/374134855_Fisica_do_Solo. Acesso em: 09 dez. 2025.

WEBLER, G. *et al.* Efeitos de uma camada de palha no comportamento térmico do solo. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. esp., p. 7-10, 2016. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/20381. Acesso em: 27 nov. 2025.

WILDNER, Leandro do Prado *et al.* **Plantas para adubação verde e cobertura do solo**: caracterização das espécies e informações para cultivo no estado de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 2023. (Documentos, n. 360). Disponível em: https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/DOC/article/view/1774. Acesso em: 4 maio 2025.

WREGE, Marcos Silveira *et al.* **Atlas climático da Região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2012. 333 p. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1045852. Acesso em: 09 dez. 2025.

ZANELLA, M.; MARCHESI, D. R.; WILDNER, L. P. Sistema Plantio Direto de Hortaliças (SPDH): experiencias em Santa Catarina. In: **SISTEMA plantio direto no Brasil**. 1. ed. Passo Fundo, RS: Aldeia Norte, 2022. E-book. Acesso em: 5 maio 2025.