

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

Cassiano Jivago Lemos da Silva

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE SOLO PARA TRANSIÇÃO  
AGROECOLÓGICA EM HORTICULTURA**

Santa Maria, RS  
2021

Cassiano Jivago Lemos da Silva

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE SOLO PARA TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA  
EM HORTICULTURA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciência do Solo**.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Ricardo Bergamo Schenato.

Santa Maria, RS  
2021

Lemos da Silva, Cassiano Jivago  
ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE SOLO PARA TRANSIÇÃO  
AGROECOLÓGICA EM HORTICULTURA / Cassiano Jivago Lemos da  
Silva.- 2021.  
40 p.; 30 cm

Orientador: Ricardo Bergamo Schenato  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Ciência do Solo, RS, 2021

1. Agroecologia 2. Cobertura do solo 3. Qualidade do  
solo I. Schenato, Ricardo Bergamo II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, CASSIANO JIVAGO LEMOS DA SILVA, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

**Cassiano Jivago Lemos da Silva**

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE SOLO PARA TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA  
EM HORTICULTURA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciência do Solo**.

**Aprovado em 13 de outubro de 2021:**

---

**Ricardo Bergamo Schenato  
(Presidente/Orientador)**

---

**Rodrigo Josemar Seminoti Jaques, Dr (UFSM)**

---

**Gustavo Krüger Gonçalves, Dr (UERGS)**

Santa Maria – RS  
2021

*“Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem. Os insatisfeitos são os únicos benfeitores do mundo.”*

(Walter S. Landor)

## RESUMO

### ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE SOLO PARA TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA EM HORTICULTURA

AUTOR: Cassiano Jivago Lemos da Silva  
ORIENTADOR: Ricardo Bergamo Schenato

A agroecologia é um campo científico que orienta a prática sustentável da agricultura, que é um processo de conversão de práticas tradicionais em práticas mais sustentáveis a partir da adoção de técnicas de manejo conservacionistas e do uso otimizado de insumos. A palha sobre o solo é uma prática básica, embora não prevalente devido ao hábito do agricultor de preparar o solo entre um cultivo e outro para remoção de ervas daninhas, descompactação e incorporação de fertilizantes ao solo. Portanto, este estudo tem como objetivo identificar os efeitos do manejo e da cobertura do solo na qualidade do solo e nos aspectos socioeconômicos de um sistema de produção hortícola em transição agroecológica. O experimento foi realizado em uma fazenda em Santana do Livramento - RS. Os tratamentos utilizados basearam-se nas combinações entre o uso da palha das plantas de cobertura e o preparo do solo: i) sem cobertura e com revolvimento do solo (T1); ii) sem cobertura e sem revolvimento (SS); iii) com cobertura e sem revolvimento (T3); e iv) com cobertura e com revolvimento do solo (T4). Para a cobertura do solo, foi utilizada palha de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) no inverno e palha de papuã (*Brachiaria plantaginea*) no verão. A avaliação química consistiu em analisar os atributos de acidez e disponibilidade de nutrientes. As variáveis microbiológicas analisadas foram atividade microbiana (respiração basal) e população de nematoides fitoparasitas e de vida livre. A perda de solo foi analisada por medidas de rebaixamento de altura dos canteiros. A produtividade e os custos de mão de obra foram analisados em cada tratamento. Os teores de P e K no solo, os componentes da acidez e a soma das bases foram indicadores químicos sensíveis para medir as mudanças do solo. O não revolvimento e a manutenção da cobertura do solo apresentaram maior atividade de microrganismos e maior densidade populacional de nematoides de vida livre, em oposição ao tratamento com preparo e sem cobertura do solo. A manutenção da cobertura protege contra a perda de solo sem impacto na mão de obra ou produtividade. Estratégias de manejo do solo com manutenção da cobertura e sem revolvimento, baseadas na transição agroecológica, melhoram a qualidade do solo e proporcionam benefícios socioeconômicos.

**Palavras-chave:** Agroecologia. Cobertura do solo. Qualidade do solo.

## ABSTRACT

### SOIL MANAGEMENT STRATEGIES FOR AGROECOLOGICAL TRANSITION INTO HORTICULTURE

AUTHOR: Cassiano Jivago Lemos da Silva

ADVISOR: Ricardo Bergamo Schenato

Agroecology is a scientific field that guides sustainable practice of agriculture, which is a process of conversion from traditional to more sustainable practices based on adoption of conservation management techniques and the optimized use of inputs. Straw over the soil is one basic practice, although not prevalent due to the farmers habit of preparing the soil between crops for weed removal, soil decompaction and incorporation of fertilizers. Therefore, this study aims to identify the effects of management and land cover on soil quality and socioeconomic aspects in a horticultural production system going through agroecological transition. The experiment was carried out on a farm in Santana do Livramento – RS. The treatments used were based on combinations between the use of cover crops straw and preparation of the soil: i) without cover and with tillage (T1); ii) no cover and no tillage (T2); iii) covered and no tillage (T3); and iv) covered and with tillage (T4). For soil cover, black oat straw (*Avena strigosa* Schreb.) was used in winter and alexandergrass (*Brachiaria plantaginea*) in summer. The chemical evaluation consisted of analyzing the attributes of acidity and nutrient availability. The microbiological variables analyzed were microbial activity (basal respiration) and population of free-living nematodes and phytoparasites. Soil loss was analyzed by height lowering beds measurements. Productivity and labor costs were analyzed in each treatment. P and K soil contents, the acidity components, and sum of bases were sensitive chemical indicators to measure soil changes. No tillage and soil cover (T3) showed greater activity of microorganisms and a higher population density of free-living nematodes, as opposed to treatment with tillage and without soil cover (T1). The covering maintenance protected against soil loss and without impact on labor or productivity. Soil management strategies with maintenance of cover and no till, based on agroecological transition, improved soil quality and provided socioeconomic benefits.

**Keywords:** Agroecology. Soil cover. Soil quality.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Disposição da área experimental e dos tratamentos e suas respectivas repetições..	11
Figura 2 - Preparo inicial da área de experimentação .....	12
Figura 3 - Preparo inicial dos canteiros de cultivo .....	13
Figura 4 - Imagens do plantio de mudas de repolho.....	14
Figura 5 - Plantas prejudicadas por herbivoria de formigas.....	15
Figura 6 - Avaliação e corte da planta de cobertura de verão .....	16
Figura 7 - Primeira aplicação de palhada para cobertura dos canteiros, referentes aos tratamentos T3 e T4.....	16
Figura 8 - Uso do papuã como cobertura de canteiros na área experimental .....	17
Figura 9 - Estacas para medição de rebaixamento de canteiro.....	18
Figura 10 - Processo de peneiramento de amostras de solo para separação de nematoides.....	20
Figura 11 - Perdas de solo em canteiros após evento de chuva.....	24



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produtividade em massa verde (MV) e massa seca (MS) de plantas de cobertura em toneladas por hectare (t ha-1) .....	22
Tabela 2 - Perda de solo em diferentes coletas (cm) .....	23
Tabela 3 - Dados de propriedades químicas do solo e a correlação entre os tratamentos, que tiveram diferença estatística nas diferentes camadas de profundidade de solo analisadas .....	24
Tabela 4 - Contrastes entre os tratamentos da variável respiração basal do solo com seus respectivos p-valores .....	25
Tabela 5 - Contrastes entre os tratamentos da variável nematoides de vida livre com seus respectivos p-valores .....	26
Tabela 6 - Horas de trabalho em cada atividade nos tratamentos e a conversão para dias de trabalho em um hectare em um ano (dias/ha-1/ano).....	27
Tabela 7 - Valores de produtividade média, dado em gramas (g), em cada tratamento e suas repetições e o valor da média entre os ciclos e o rendimento relacionado ao tempo gasto em horas em atividades de produção.....	28

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
Local do experimento .....	10
Desenho experimental .....	11
Manejo do solo nos corredores e nos canteiros .....	12
Manejo da cultura de repolho .....	13
Manejo da cobertura no ciclo de inverno .....	15
Manejo da cobertura no ciclo de verão.....	16
Avaliações de perda de solo .....	17
Avaliações de propriedades químicas do solo.....	18
Avaliações de propriedades microbiológicas do solo.....	18
Variáveis econômicas e sociais .....	20
Análises dos dados .....	21
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
Cobertura do solo .....	21
Impacto da cobertura sobre a perda de solo .....	22
Propriedades químicas do solo .....	24
Efeitos sobre a microbiota do solo .....	25
Aspectos sociais e econômicos.....	27
<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>35</b>

## INTRODUÇÃO

A Agroecologia pode ser entendida como um campo de conhecimento científico que orienta a prática da agricultura sustentável, através da aplicação de conceitos e princípios ecológicos no desenho e manejo de sistemas produtivos sustentáveis (GLIESSMAN, 2001). Para Altieri (2004) a Agroecologia, pode ser definida, como uma abordagem da agricultura que integra cuidados especiais ao ambiente e aos problemas sociais, valorizando não somente a produção, mas também a sustentabilidade do sistema produtivo.

O processo de transição agroecológica envolve a conversão de sistemas convencionais de produção com reduzida sustentabilidade, através de um redesenho do sistema agrícola e da adoção de técnicas de manejo conservacionistas e redução e substituição de insumos, de forma contínua, de acordo com os princípios ecológicos (DURU et al., 2015; REINIGER et al. 2017; MAGRINI et al., 2019).

A produção sustentável, baseada em preceitos agroecológicos, principalmente em sistemas de produção hortícolas, vem se expandindo pelo mundo, em decorrência da busca por alternativas à agricultura convencional, muitas vezes prejudicial ao ambiente e altamente dependente de insumos externos (MEEK, 2016; MEYNARD et al., 2017). Porém, muitos produtores convencionais ainda resistem em migrar para outro método produtivo, temendo baixo rendimento, maior necessidade de mão de obra e redução da escala produtiva decorrentes dessa transição entre sistema de produção (SEDIYAMA et al., 2014; ONG; LIAO, 2020).

Entretanto, Ong; Liao (2020), trazem a abordagem de que a transição para uma agricultura mais sustentável trará melhores resultados pela diversidade de cultivos, mão-de-obra mais qualificada e a aptidão à conservação dos recursos naturais. Hirata et al. (2015) reforçam esses argumentos em um estudo com cobertura de palhada de *Pennisetum glaucum* para produção de alface (*Lactuca sativa*), com incremento na proteção física do solo e redução da mecanização para preparo dos canteiros, além de que, segundo Ziech et al. (2014) a palhada ainda promove aumento da fauna edáfica.

Entre as justificativas apresentadas pelos agricultores para não se utilizar palhada para cobertura de solo está a prática de preparo do solo entre os cultivos, procedimento utilizado como medida para controle de plantas daninhas, descompactar as camadas superficiais do solo e incorporar fertilizantes (BRADY; WEIL, 2013; COGGER et al., 2016). Apesar de ser uma

prática comum, a intensidade de manejo provoca a degradação e perda de solo e a redução de produtividade em longo prazo (STAGNARI et al., 2009).

A qualidade do solo é um conceito baseado na capacidade de um solo em desempenhar as funções necessárias para sustentar a produtividade de plantas e de animais, associada aos aspectos das propriedades física, química e biológicas para avaliações de degradação ou melhoria do solo e, ainda, para identificar a sustentabilidade de sistemas de manejo agrícola (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009; CUNHA et al. 2012).

O próprio agricultor é o principal afetado por sistemas de manejo e de produção com intensidade de mão de obra, pois o resultado é dificuldade na contratação e aumento da penosidade (SRINIVASAN et al., 2020). Esses fatores reforçam a opção por sistemas de produção que possibilitem maiores retornos financeiros em longo prazo e a redução na intensidade de mão de obra (KUWORNU et al., 2018).

Um protocolo ou guia de quais as atividades devem ser seguidas em propriedades agrícolas em fase de transição agroecológica não existe e, provavelmente, nunca existirá, uma vez que as variáveis ambientais, econômicas e sociais são diversas e sua interação resulta em um cenário complexo, cujas soluções devem ser analisadas caso a caso. Portanto, são frequentes as divergências nos estudos sobre esta temática e existem inúmeras lacunas a serem preenchidas, especialmente quanto a informações locais para aplicação em campo.

Preencher algumas dessas lacunas é a justificativa do presente estudo, o qual tem por objetivo identificar os efeitos do manejo e de cobertura do solo sobre a qualidade do solo e aspectos socioeconômicos em um sistema de produção hortícola em transição agroecológica.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local do experimento**

O experimento foi realizado no período de fevereiro de 2020 a junho de 2021, no município de Santana do Livramento - RS, em uma propriedade hortifrutigranjeira de base orgânica.

O solo do local é classificado como ARGISSOLO BRUNO-ACINZENTADO Distrófico (SANTOS et al. 2018). O clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido, com precipitação anual em torno de 1.800 mm e temperatura média anual de 17°C (ALVARES et al., 2013).

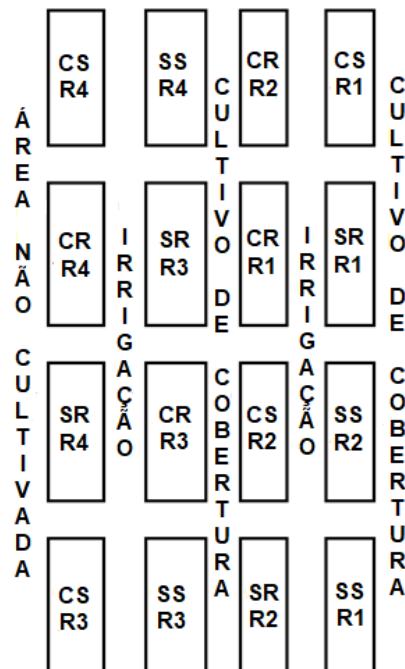
A propriedade em que se realizou o estudo possui uma área total de 70 hectares (há<sup>-1</sup>). A área total é dividida em uma fração de 0,8 há<sup>-1</sup> destinada para produção de hortaliças e frutas.

O local de implantação do projeto tem em seu histórico, o cultivo de hortaliças em 2014, 2015 e 2016. Em 2017 houve o cultivo de milho (*Zea mays*) e em 2018 foi cultivado papuã (*Brachiaria plantaginea*), ambos de forma convencional e com adubação mineral.

### Desenho experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos consistiram na combinação de coberturas de solo distintas e intensidades de manejo do solo contrastantes nos canteiros para produção de hortaliças: i) sem cobertura e com revolvimento (T1); ii) sem cobertura e sem revolvimento (T2); iii) com cobertura e sem revolvimento (T3); e iv) com cobertura e com revolvimento (T4).

Figura 1 - Disposição da área experimental e dos tratamentos e suas respectivas repetições



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Na Figura 1 também é possível observar as entrelinhas utilizadas para produção de plantas de cobertura para serem adicionadas aos canteiros.

### **Manejo do solo nos corredores e nos canteiros**

O início do preparo do local ocorreu em 20 de fevereiro de 2020, com a limpeza do local através de revolvimento com trator e grade de discos para retirada das plantas espontâneas e descompactação da camada superficial do solo. No dia 29 de abril houve um segundo revolvimento do solo com auxílio de uma motocultivadora para controle das plantas espontâneas.

O início do preparo do local para cultivo se deu no dia 10 de maio, com realização de calagem da área, com uso de calcário calcítico na dosagem de  $1,8 \text{ t há}^{-1}$ , de acordo com o Manual recomendação de calagem e adubação para os estados do RS e SC (SBCS/NRS - CQFS RS/SC, 2016).

Os canteiros foram preparados nas dimensões de 8 metros de comprimento, 1 metro de largura e 25 cm de altura.

Abaixo pode ser observado o início da implantação do projeto na Figura 2 e na Figura 3, e confecção dos canteiros.

Figura 2 - Preparo inicial da área de experimentação



Fonte: Acervo do Autor (2021).

Figura 3 - Preparo inicial dos canteiros de cultivo



Fonte: Acervo do Autor (2021).

Após a estruturação dos canteiros, foi realizado o plantio das mudas de repolho, e, procedeu-se o plantio nos corredores das plantas usadas para cobertura, com seguimento de roçadas e recolhimento da palhada, capinas dos corredores de irrigação com auxílio de uma motocultivadora e revolvimento dos canteiros dos tratamentos T1 e T4.

### **Manejo da cultura de repolho**

No dia 14 de maio de 2020, foi realizado o primeiro plantio das mudas (Figura 4), a partir de transplante de mudas de repolho (*Brassica oleracea* var. capitata) híbrido da variedade Astrus Plus, no espaçamento de 50 cm entre plantas e 80 cm entrelinhas, totalizando 32 plantas por canteiro e 512 mudas no total da área. Entretanto, em virtude de ataques de formigas (Figura 5), em conjunto com excesso de calor e estiagem, algumas plantas precisaram ser plantadas novamente. Esta atividade ocorreu no dia 24 de maio, com o replantio de 122 mudas. Na Figura 4 podemos observar registros do segundo plantio realizado na área experimental.

Figura 4 - Imagens do plantio de mudas de repolho



Fonte: Acervo do autor (2021).

O segundo plantio de repolho foi realizado no dia 8 de dezembro, seguindo o mesmo padrão do cultivo anterior e, assim como no primeiro cultivo, ocorreram cortes realizados por formigas, havendo necessidade de um replantio de 204 mudas de repolho no dia 15 de dezembro. Imagens representativas do plantio de repolho podem ser observados na Figura 4.

Na Figura 5 pode ser verificado os danos à uma planta de repolho, ocasionado por herbivoria de formigas.



Figura 5 - Plantas prejudicadas por herbivoria de formigas



Fonte: Acervo do Autor (2021).

O terceiro plantio de repolho ocorreu no dia 10 de abril de 2021 com as mesmas características já descritas nos anteriores. Neste ciclo de plantio a necessidade de replantio foi de apenas 34 mudas, realizado no dia 16 de abril de 2021.

Em nenhum dos cultivos de repolho fora realizada adubação para correção nutricional do solo, em virtude de relacionar os aspectos da química do solo somente com os tratamentos impostos.

### **Manejo da cobertura no ciclo de inverno**

Para a produção das plantas de cobertura do primeiro ciclo (ciclo de inverno), foi realizado o plantio de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) no dia 14 de maio de 2020. A densidade de semeadura da aveia preta foi de 120 kg ha<sup>-1</sup>, conforme recomendação de Fontaneli et al. (2012) em plantio realizado a lanço.

Para extração da palhada foram realizados três cortes, que ocorreram nos dias 26 de agosto, 01 de outubro e 28 de novembro. Após o corte, houve o recolhimento de amostras de palhada para pesagem de massa verde e massa seca, e o restante, posta como cobertura nos canteiros, referente aos tratamentos T3 e T4. Conforme pode ser observado na Figura 6, a produção e corte das plantas de cobertura.

Figura 6 - Avaliação e corte da planta de cobertura de verão



Fonte: Acervo do Autor (2021).

Na Figura 7, pode-se observar a primeira aplicação de palhada sobre os canteiros para cobertura do solo nos tratamentos T3 e T4.

Figura 7 - Primeira aplicação de palhada para cobertura dos canteiros, referentes aos tratamentos T3 e T4



Fonte: Acervo do Autor (2021).

### **Manejo da cobertura no ciclo de verão**

A produção de palhada para cobertura dos canteiros no verão utilizou o sorgo (*Sorghum bicolor*), o qual foi semeado no dia 08 de dezembro de 2020. A densidade de plantio de sorgo utilizada foi de 20 kg ha<sup>-1</sup>, conforme Fontaneli et al. (2012), em conformidade com as recomendações para plantio realizado a lanço.

Todavia, a germinação de sorgo não ocorreu conforme o esperado e, devido ao histórico de cultivo de papuã (*Brachiaria plantaginea*), esta planta desenvolveu-se de forma espontânea e suprimiu o desenvolvimento do sorgo. Entretanto, seu cultivo possui rendimento de biomassa aérea semelhante ao do sorgo. Diante disto, como o desenvolvimento do papuã foi satisfatório para ser utilizado como cobertura do solo, houve a substituição do sorgo pelo papuã no tratamento.

Assim como realizado com a palhada de aveia-preta, houve a pesagem de massa verde e massa seca e cobertura dos canteiros referentes aos tratamentos T3 e T4. Na Figura 8 é mostrado o uso de papuã como cobertura de canteiros na área.

Figura 8 - Uso do papuã como cobertura de canteiros na área experimental



Fonte: Acervo do Autor (2021).

### **Avaliações de perda de solo**

A perda de solo por erosão foi quantificada através da mensuração do rebaixamento do nível dos canteiros, usando-se de um método adaptado a partir de Bertoni; Lombardi (2012), mediante a implantação de uma estaca em cada canteiro com uma marcação posicionada na altura do perfil do solo no início do experimento.

Ao fim de cada ciclo produtivo do repolho mediu-se a distância da marcação inicial ao solo com o auxílio de uma régua milimetrada, como pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 - Estacas para medição de rebaixamento de canteiro



Fonte: Acervo do Autor (2021).

### **Avaliações de propriedades químicas do solo**

Para a determinação das propriedades químicas foram coletadas amostras deformadas de 0 – 20 cm de profundidade em três camadas estratificadas: 0 – 5, 5 – 10 e 10 – 20 cm, em trincheiras abertas nas parcelas experimentais.

Em laboratório as amostras foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm, para avaliação de pH (água 1:1), matéria orgânica (Walkley-Black), P disponível e K trocável (Mehlich-1), Ca, Mg e Al trocáveis (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) e H+Al (titulação com solução de NaOH), a CTC, a saturação por Al (m) e a saturação por bases (V%).

A primeira coleta foi realizada antes de iniciar os preparos na área; a segunda, após a confecção dos canteiros; e as demais, posterior a cada ciclo de cultivo do repolho, totalizando 5 amostragens.

### **Avaliações de propriedades microbiológicas do solo**

As propriedades microbiológicas do solo foram realizadas em amostras compostas por duas subamostras em cada um dos canteiros.

Foram realizadas três amostragens, em referência a cada fim de ciclo produtivo do repolho, em coletas realizadas na profundidade de 0-20 cm.

As variáveis microbiológicas analisadas foram respiração basal e população e gêneros de nematoides de vida livre e fitoparasitas.

As amostras coletadas foram enviadas para o laboratório de Biologia e Microbiologia do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), imediatamente após a coleta, acondicionadas em caixa térmica com gelo para garantir a preservação.

No laboratório as amostras foram armazenadas em geladeira para redução da atividade dos organismos e preservação dos mesmos.

A atividade microbiana do solo foi determinada pela respiração basal do solo, conforme metodologia proposta por Jenkinson; Powlson (1976).

A extração da população de nematoides do solo nas diferentes amostragens foi realizada em até 48h após a coleta, seguindo a metodologia de Flutuação Centrífuga em solução de sacarose proposta por Jenkins (1964). Após este processo, os tubos foram depositados em água quente para inativação dos nematoides, em uma temperatura que não comprometesse sua integridade.

Posteriormente, os nematoides foram identificados com auxílio de um microscópio óptico, através da visualização da forma de seu corpo, tamanho, estruturas internas e marcas na cutícula.

Figura 10 - Processo de peneiramento de amostras de solo para separação de nematoides



Fonte: Acervo do Autor (2021).

### **Variáveis econômicas e sociais**

Para avaliação do impacto de cada tratamento sobre as questões sociais e econômicas inerentes a uma propriedade de produção de hortaliças, foram mensurados dois parâmetros: produtividade (i) e contabilização das horas de trabalho (ii).

A avaliação da produtividade foi realizada pela pesagem de todos os repolhos em condições de serem comercializados. Os dados de produtividade foram somados para cada um dos canteiros e este valor total dividido pelo número de plantas colhidas para que fosse estabelecida a produtividade média de cada um dos canteiros. A partir dos dados médios de produtividade em cada canteiro foi estabelecida a média por cada tratamento.

Em relação às horas trabalhadas, foram contabilizadas apenas aquelas gastas de forma diferenciada em cada tratamento, como: capinas, preparo de canteiro, plantio, replantio e corte das plantas para cobertura do solo. Ou seja, o tempo empregado com o preparo inicial da área, formação dos canteiros, irrigação e outras atividades comuns a todos os tratamentos não foi contabilizado em nenhum tratamento.

Nos tratamentos T1 e T2, foi contabilizado o tempo para realização das capinas com auxílio de uma motocultivadora.

Nos tratamentos T3 e T4 foi contabilizado o tempo dispendido com preparo da área para plantio, plantio, roçadas e retirada da palha e cobertura dos canteiros.

### **Análises dos dados**

Os dados foram avaliados quanto à sua aderência aos pressupostos requeridos para análise de variância (ANOVA) através de análise gráfica e aplicação de funções que agrupam diversos testes, como Lilliefors e Shapiro-Wilk para normalidade e Oneill e Matthews para homogeneidade das variâncias. As variáveis que atenderam aos pressupostos foram submetidas ao teste F e, quando constatadas diferenças entre as médias dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey.

As variáveis que não atenderam aos pressupostos para a ANOVA foram submetidas ao teste de Kruskal-Wallis com o teste de Nemenyi como post-hoc.

A análise de dados foi realizada em ambiente R (R Core Team, 2021), versão 4.1.1, em RStudio (RStudio Team, 2021), versão 1.4.1717. (. Os pacotes utilizados durante o estudo foram os seguintes: "nortest" (Gross; Ligges, 2015), "ExpDes.pt" (Ferreira et al., 2021), "ggplot2" (Wickham, 2016), "dplyr" (Wickham et al., 2016), "tidyverse" (Wickham et al., 2019), "summarytools"(Comtois, 2021), "ggpubr" (Kassambara, 2020), "rstatix" (Kassambara, 2021) e "PMCMRplus" (Pohlert, 2021).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Cobertura do solo**

Para aplicação da palhada de aveia preta nos canteiros dos tratamentos T3 e T4, houve um primeiro corte da aveia preta no dia 26 de agosto de 2020.

O segundo corte da palhada de aveia ocorreu no dia 1 de novembro.

Um terceiro corte ocorreu no dia 28 de novembro, porém, com a redução do vigor vegetativo da aveia, ocorreu o desenvolvimento de plantas espontâneas. Para a medição da produção e aplicação da palhada sobre os canteiros, houve o isolamento com a separação da palha de aveia e das plantas espontâneas.

A palhada para cobertura dos canteiros no ciclo de verão foi proveniente da produção de papuã, o qual possibilitou seu primeiro corte no dia 17 de fevereiro de 2021.

O segundo corte do papuã foi realizado no dia 09 de abril. Após o segundo corte realizado no papuã, este entrou em senescência e não mais possibilitou cortes.

Os dados de produtividade tanto em massa verde, quanto em massa seca podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Produtividade em massa verde (MV) e massa seca (MS) de plantas de cobertura em toneladas por hectare (t ha<sup>-1</sup>)

Corte	Aveia preta		Papuã	
	MV	MS	MV	MS
1	6,2	1,8	10,4	3,1
2	6,3	1,9	3,9	1,6
3	2,2	0,7		

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Ressalta-se que, para a produção das plantas para cobertura do solo, não houve qualquer adição de fertilizantes para a sua produção. Mediante tal fato, a produção de MS da aveia preta, que pode ser observada de forma objetiva na Tabela 1, em, seus distintos cortes foram muito superiores aos valores verificados por (DOCHWAT et al., 2020) que, avaliando diferentes densidades de plantio para produção de biomassa obtiveram valores médios de 1,8 t ha<sup>-1</sup> e 2,8 t ha<sup>-1</sup>, no primeiro e segundo corte, respectivamente.

A produção total de papuã neste experimento, quando somados os dois cortes, atingiu 4,7 t ha<sup>-1</sup>, abaixo daqueles verificados por (ADAMI et al., 2010) de 13,7 t ha<sup>-1</sup>, em condições semelhantes de cultivo, com apenas um corte. Esta diferença na produtividade pode ser explicada pela correção nutricional aplicada em (ADAMI et al., 2010), com aplicação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e N em quatro aplicações distintas, e como já mencionado, no presente estudo não houve qualquer aplicação de adubos.

### **Impacto da cobertura sobre a perda de solo**

Em relação às perdas de solo, medidas pelo rebaixamento dos canteiros, os dados de erodibilidade dos tratamentos podem ser observados na Tabela 2.



Tabela 2 - Perda de solo em diferentes coletas (cm)

Tratamentos	Rebaixamento (cm)				
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo3	Médio	Total
T1	5,85	5,73 a	5,40 a	5,65 a	16,98 a
T2	6,10	3,98 b	2,78 b	4,60 a	12,85 b
T3	4,85	2,00 c	0,80 d	2,53 b	7,65 c
T4	5,10	1,53 c	1,60 c	2,78 b	8,23 c

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p-valor  $\leq 0,05$ ).

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

O rebaixamento dos canteiros demonstra a erodibilidade do solo devido a sua textura, característica intrínseca aos Argissolos com horizonte A arenoso.

No primeiro ciclo de cultivo não houve diferença significativa entre os tratamentos, em decorrência de que todos os tratamentos iniciaram da mesma forma, com revolvimento e preparo convencional e os tratamentos com cobertura só receberam palhada no início do segundo ciclo de produção de repolho.

No entanto, os impactos dos manejos ficam evidentes nos ciclos 2 e 3, quando o tratamento sem cobertura e com revolvimento (T1) apresenta perda de solo superior a todos os demais tratamentos.

No ciclo 2, o tratamento sem cobertura e sem revolvimento (T2) teve um rebaixamento maior que os tratamentos com cobertura (T3 e T4), sendo que estes não diferiram entre si.

No ciclo 3, confirma-se a maior perda de solo no tratamento sem cobertura e com revolvimento (T1), seguido pelo tratamento sem cobertura e sem revolvimento (T2).

Figura 11 - Perdas de solo em canteiros após evento de chuva



Fonte: Acervo do Autor (2021).

### Propriedades químicas do solo

Após análise das amostras de solo e a sistematização dos dados extraídos dos laudos químicos do solo e análise estatística destes, os dados foram organizados e expostos na Tabela 3

Tabela 3 - Dados de propriedades químicas do solo e a correlação entre os tratamentos, que tiveram diferença estatística nas diferentes camadas de profundidade de solo analisadas

Tratamento	P (0-5cm)	P (10-20cm)	K (0-5cm)	K (5-10cm)	Mg (10-20cm)
	mg dm <sup>-3</sup>			cmol dm <sup>-3</sup>	
SR	64,48 b	47,91 ab	72,5 b	75,25 abc	0,26 ab
SS	66,52 ab	57,44 a	74,50 b	67,00 c	0,24 b
CS	77,92 a	54,19 ab	179,00 a	116,50 a	0,31 ab
CR	59,79 b	47,91 b	161,75 a	111,25 ab	0,32 a
Tratamento	V (10-20cm)	Al (10-20cm)	m (5-10cm)	H+Al (5-10cm)	H+Al (10-20cm)
	%		cmolc dm <sup>-3</sup>		
SR	44,83 a	0,38 b	15,98 b	2,10 ab	2,64 ab
SS	31,11 b	0,72 a	30,16 a	2,56 a	4,42 a
CS	47,10 a	0,37 b	15,98 b	1,90 b	2,58 b
CR	43,59 a	0,35 b	16,19 b	2,03 ab	2,54 b

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey<sup>1</sup> (p-valor  $\leq 0,05$ ) ou pelo teste de Nemenyi (p-valor  $\leq 0,05$ )<sup>2</sup>.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

O valor médio encontrado nos diferentes tratamentos para P (5-10 cm) foi de 54,96 mg/dm<sup>3</sup>, o de K (10-20 cm) foi de 80,38 mg/dm<sup>3</sup>.

Os valores médios de Ca foram de 2,6 na camada 0-5 cm, de 2,55 em 5-10 cm e 1,46 cmol dm<sup>3</sup> na camada 10-20 cm.

Os valores médios encontrados para Mg foram de 0,30 na camada 0-5 cm e 0,29 cmol dm<sup>3</sup> na camada de 5-10 cm.

Os valores médios da saturação por bases (V%) foram de 63,01 e 58,61% nas camadas 0-5 e 5-10 cm, respectivamente.

Os valores médios da matéria orgânica (MO) foram de 1,16, 1,09 e 1,04% nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm, respectivamente.

Para o pH do solo, houve valor mínimo de 5,47 e máximo de 5,70 na camada de 0-5 cm, valor mínimo de 5,23 e máximo de 5,66 na camada de 5-10 cm e valor mínimo de 4,44 e máximo de 4,93 na camada de 10-20 cm.

Já de acidez potencial (H+Al) na camada de 0-5 cm, tivemos um valor médio de 1,82 cmol dm<sup>3</sup>.

### Efeitos sobre a microbiota do solo

Os dados verificados no tratamento com uso de cobertura e sem utilização de revolvimento do solo (T3) foram estatisticamente superiores aos verificados em todos os demais tratamentos, com constante aumento da atividade microbiana no solo.

Como forma de verificar a diferença entre os dados obtidos entre os tratamentos, a Tabela 4 foi elaborada para realização de uma análise comparativa entre os tratamentos, que pode ser observada na sequência.

Tabela 4 - Contrastes entre os tratamentos da variável respiração basal do solo com seus respectivos p-valores

Tratamento	Respiração basal			
	T4	T3	T2	T1
T1	0,402	0,041*	0,258	
T2	0,993	0,863		
T3	0,721			
T4				

\* Indica p-valor inferior a 0,05 no teste de Nemenyi.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Conforme pode ser verificado na Tabela 4, ocorreu diferença estatística apenas na correlação entre os valores dos tratamentos T3 e T1.

Os demais tratamentos não demonstraram resposta significativa entre si em decorrência dos manejos utilizados.

Os valores de respiração basal variaram de 0 à 0,8 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, no tratamento T1, durante o primeiro e o terceiro ciclo de cultivo, sendo este o tratamento com os menores valores de respiração basal.

Em contrapartida, os maiores valores de respiração basal foram identificados no tratamento T3, onde a variação foi de 0 à 7,3 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, entre o primeiro e terceiro ciclo de cultivo.

Nos demais tratamentos os resultados de variação foram de 0 à 2,5 e 0 à 3,8 mg C-CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, nos tratamentos T2 e T4, respectivamente.

Ressalta-se, que em decorrência do manejo inicial do experimento, ter ocorrido com revolvimento do solo e retirada de restos vegetais do solo pode ter influenciado à ter valores de 0 em todos os tratamentos no primeiro ciclo produtivo.

Na sequência, podemos observar os dados da Tabela 5, que foram agrupados para realizar uma análise comparativa entre os tratamentos e seus impactos sobre a população de nematoides de vida livre no solo.

Tabela 5 - Contrastes entre os tratamentos da variável nematoides de vida livre com seus respectivos p-valores

Nematoides de vida livre				
Tratamento	T4	T3	T2	T1
T1	0,746	0,013*	0,783	
T2	0,999	0,168		
T3	0,193			
T4				

\* Indica p-valor inferior a 0,05 no teste de Nemenyi.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Assim como observado na relação entre o impacto dos diferentes tratamentos sobre a atividade microbiana, ao observar a Tabela 5, pode-se verificar diferença estatística somente entre os tratamentos T3 e T1, assim como, também, observado em (ITO et al., 2015).

Por fim, o tratamento T1 demonstrou uma menor taxa populacional de nematoides de vida livre, provocada por uma queda constante deste valor com o avanço do projeto.

Em contrapartida, os valores verificados no tratamento T3 indicam um aumento populacional de nematoides de vida livre entre os ciclos produtivos.

Para tal, os da população de nematoides de vida livre variaram de 1200 à 150 indiv. 200 cm<sup>3</sup> de solo, dentre o primeiro e o terceiro ciclo produtivo.

Já no tratamento T3, a variação foi de 1080 à 5100 indiv. 200 cm<sup>3</sup> de solo, na comparação entre o primeiro e terceiro ciclo produtivos.

Nos demais tratamentos a variação ocorreu na faixa de 1200 à 1100 e 1250 à 950 indiv. 200 cm<sup>3</sup> de solo, nos tratamentos T2 e T4, respectivamente.

Em referência aos valores encontrados para a população de fitonematoides, após análise, os valores para cada um dos tratamentos e suas repetições, nas distintas coletas, não demonstraram diferença estatística entre si.

Em relação à predominância de gêneros, após análise, aqueles encontrados em maior presença foram os *Pratylenchus*, *Xiphinema*, *Mesocriconema* e *Helicotylenchus*, sendo estes dois últimos verificados com maior presença em todos os tratamentos.

### Aspectos sociais e econômicos

Um dos parâmetros de análise social e econômica foi a contabilização das horas gastas com atividades de trabalho em cada um dos tratamentos, e diante disto os dados foram sistematizados, e abaixo podemos observar na Tabela 6, os dados relacionados às horas gastas em trabalho para cada atividade e em cada um dos tratamentos neste projeto e a conversão para um hectare durante o período de um ano (dias/ha<sup>-1</sup>/ano).

Tabela 6 - Horas de trabalho em cada atividade nos tratamentos e a conversão para dias de trabalho em um hectare em um ano (dias/ha-1/ano)

<b>Atividade/tratamento</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
Capina canteiro	37,9	40,1	26,6	27,5
Capina corredor	10,1	10,1	2,3	2,3
Preparo de canteiros	5,8	0,0	0,0	3,5
Plantio e replantio coberturas	0,0	0,0	1,8	1,8
Corte da palha e cobertura do solo	0,0	0,0	15,5	15,5
Total (horas/tratamento)	55,8	52,2	46,2	50,6
Dias/ha <sup>-1</sup> /ano	332,1	310,7	275,0	302,2

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Em relação aos dados obtidos com a contabilização dos horários utilizados em cada tratamento, observou-se que para os tratamentos T1, T2 e T4 foram necessárias maiores quantidades de horas para realização das atividades de manejo em comparação ao tratamento T3.

Deve-se mencionar que os maiores períodos de tempo investidos para manutenção do local, independente do tratamento, foram gastos com atividade de capina dos canteiros, conforme pode ser observado na Tabela 6.

Adaptou-se os valores das horas gastas nos tratamentos em um ano (área de 70 m<sup>2</sup>/tratamento = área de canteiros + área de corredor), extrapolando-os para uma área de 1 há<sup>1</sup> (10.000 m<sup>2</sup>/tratamento), e, assim, os valores passam a demonstrar um impacto social significativo, em virtude que, a diferença entre dias necessários de trabalho em um sistema utilizando as técnicas de manejo adotadas no T1, T2 e T4 em comparação com as técnicas de manejo visadas no tratamento T3, são de 57,1, 35,7 e 25,2 dias, respectivamente.

Ainda, a produtividade das plantas não foi afetada pelas alterações no manejo do solo em direção a ações mais sustentáveis, como as aplicadas na agroecologia. Os tratamentos não diferiram significativamente quanto à produtividade em nenhum dos ciclos e na média final do período experimental, conforme pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores de produtividade média, dado em gramas (g), em cada tratamento e suas repetições e o valor da média entre os ciclos e o rendimento relacionado ao tempo gasto em horas em atividades de produção

Tratamentos	Produtividade média planta (g)			Rendimento do trabalho (g h <sup>-1</sup> )
	Ciclo 1	Ciclo 2	Média	
T1	945,50	1066,75	1006,25	3,15 bc
T2	994,00	926,00	960,25	3,01 c
T3	888,75	944,25	916,75	3,51 a
T4	891,00	950,50	921,25	3,45 ab

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey<sup>1</sup> (p-valor ≤ 0,05).

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Por outro lado, quando a produtividade é relativizada pelo tempo de trabalho despendido em cada tratamento há diferenças significativas entre os tratamentos.

O tratamento com cobertura e sem revolvimento (T3) teve rendimento do trabalho maior do que os tratamentos sem cobertura e sem revolvimento (T2) e sem cobertura e com revolvimento (T1), mas não diferiu do tratamento com cobertura e sem revolvimento.

Nesse aspecto, os dados apontam que a manutenção da cobertura é um fator importante para diminuição do tempo de trabalho para se produzir quantidades equivalentes às áreas sem cobertura.

## DISCUSSÃO

Mediante os dados obtidos com análise de perda de solo é possível afirmar que a cobertura garantiu a proteção do solo, mesmo com o revolvimento, assim como observado em Alliaume et al. (2014), que verificaram redução de 50% das perdas de solo por erosão com utilização de cobertura do solo

No entanto, a proteção do solo com cobertura não é suficiente caso o revolvimento seja uma prática aplicada conjuntamente, como visto na comparação entre os tratamentos T3 e T4 no comparativo entre os ciclos 2 e 3.

A diferença entre as perdas de solo nos tratamento com cobertura e com revolvimento (T4) foi significativamente maior do que no com cobertura e sem revolvimento (T3), no ciclo 3, que pode estar atrelado à estabilidade de agregados gerada pela preservação do solo sem aração e a maior presença de palhada na cobertura do solo, quando esta não é incorporada.

Neste ponto, destaca-se que, que a matéria orgânica é fundamental na agregação do solo, porém não pode ser verificada diferença entre os tratamentos em decorrência de que necessita de maior tempo para variar seus teores no solo, mas que e poderia tornar a diferença entre os valores de perda de solo mais significativos caso houvesse maior tempo de experimentação, em decorrência de que os manejos com cobertura forneceriam substrato para formação da matéria orgânica e a protegeriam de perdas por erosão.

Nota-se que, com o avançar dos ciclos produtivos, os canteiros pertencentes ao tratamento T2 foram rebaixando cumulativamente, ao qual após a medição final teria reduzido de sua altura inicial ou gerado uma perda de solo em um valor médio de 64,25% ou 12,85 cm de solo, assim como verificaram Souza et al. (2014) que verificaram redução de 66% das perdas de solo com este tratamento.

Os valores médios e totais do rebaixamento dos canteiros reforçam o papel da manutenção da cobertura para a conservação do solo. Essas duas métricas permitem uma visão mais sistêmica ao agregar as mensurações de todos os ciclos e a análise dos resultados demonstra que os tratamentos com cobertura são os que perderam menos solo.

Dentre os principais resultados relacionados à química do solo, há indicação que a cobertura utilizada liberou P para o solo durante a decomposição dos resíduos e esse nutriente não atingiu a camada de 5 – 10 cm em quantidade suficiente para alterar de forma significativa o teor no solo, evidenciando a baixa mobilidade do P mesmo em solos arenosos, em concordância com a observação de Rodrigues et al. (2016).

No caso do K essa diferença se expressou na camada de 5 – 10 cm devido à facilidade com que esse nutriente é liberado pelo tecido das plantas e a sua mobilidade no solo,

especialmente em solos arenosos, como é o caso do presente estudo, sugerindo que nesta profundidade houve uma associação do manejo do solo com uso cobertura do solo para o suprimento de K em profundidade, pois, em decorrência do revolvimento do solo, o K é movimentado nas camadas inferiores do solo, sendo exportados das camadas superficiais até camadas mais inferiores.

Calegari et al. (2013), que verificaram que o manejo do solo é capaz de levar o K da superfície para camadas inferiores de profundidade, assim como em áreas sem preparo de solo e uso de cobertura, mantendo os valores de K adequados para cultivo nas camadas de 0 – 10 cm de profundidade.

A acidez do solo foi superior no tratamento sem cobertura e sem revolvimento (T2), estando relacionado à liberação de moléculas orgânicas nos tratamentos com cobertura, que pode ter atenuado o Al tóxico produzido pelo processo de reacidificação do solo pela formação de complexos organometálicos e ao efeito de diluição desse elemento nos tratamentos com revolvimento.

Assim como os demais atributos já discutidos no presente estudo, estes valores para o Al possuem correlação entre manejo e cobertura do solo, porém com maior destaque para o revolvimento do solo que afeta estes valores nas camadas de 10 – 20 cm, assim como observado por (CALEGARI et al., 2013; NASCENTE et al. 2015) .

Contudo, deve-se ressaltar que, assim como verificado em (KUNITO et al. 2016), a acidez do solo e as maiores concentrações de Al no solo, podem interferir significativamente as ciclagens e disponibilidades de nutrientes no solo, principalmente por afetar a matéria orgânica do solo e assim acabam impactando na atividade microbiana do solo, um fator muito importante para a qualidade do solo.

As demais variáveis químicas analisadas não apresentaram diferença estatística significativa no período analisado, indicando que sua alteração devido aos tratamentos impostos e nas condições testadas deve levar mais tempo para serem notadas.

Cunha et al. (2012), perceberam redução nos valores dos principais componentes químicos do solo, pois assim como feito neste trabalho, não houve adubação das parcelas e, sugeriu-se que, como houve grande colheita de grãos, a palhada de cobertura não fora suficiente para suprir a reposição nutricional do solo decorrente da exportação.

Portanto, os teores de P e K, os componentes da acidez e a soma de bases foram indicadores de manejo sensíveis para medir as alterações no solo em uma situação de transição agroecológica.



Quanto aos aspectos microbiológicos do solo, a única diferença estatística observada ocorreu entre os tratamentos T3 – T1, em concordância aos obtidos por (WULANNINGTYAS et al., 2021), os quais apontaram que a utilização de um sistema de plantio direto com uso de cobertura proporcionou maior atividade microbiana no solo, sendo superior aos tratamentos de plantio direto sem uma cultura de cobertura, plantio com uma cultura de cobertura + aração e cultivo o sem utilização de cobertura + aração.

Da mesma forma que pôde ser verificado por (MBUTHIA et al., 2015), que não verificaram, em seu estudo, diferença entre tratamentos com ou sem utilização de preparo do solo e a utilização de cobertura, quando utilizados de forma isolada, assim como (GARCÍA-ORENES et al., 2010), que só puderam observar diferença entre o tratamento sem manejo do solo + cobertura do solo e o tratamento com cultivo convencional (sem cobertura + aração).

Estes dados indicam que o cultivo de hortaliças em sistema combinado de manejo do solo sem revolvimento do solo e com aporte de cobertura do solo com palhada, há aumento da atividade microbiana do solo, e, conseqüentemente, melhoria na qualidade do solo.

Quanto aos valores de nematoides de vida livre, é possível verificar que o tratamento T3 permitiu um expressivo aumento da população destes nematoides da primeira para a terceira coleta, em contrapartida aos os valores verificados no tratamento T1, que demonstraram uma alta redução da primeira para a segunda, e da segunda para a terceira coleta, sendo que este tratamento evidenciou os menores valores da população destes nematoides entre os tratamentos, demonstrando que este tratamento comprometeu a presença de nematoides de vida livre em suas repetições.

Entre os valores encontrados nos tratamentos T4 – T2, os resultados não apontam diferença numérica entre os tratamentos, sendo que, os dados ainda mostram que há semelhança no comportamento entre os tratamentos, onde é possível verificar que em ambos, ocorreu uma queda na quantidade numérica da quantidade destes nematoides entre a primeira e segunda coleta e um aumento numérico da segunda para a terceira coleta.

Os números mais baixos da população de nematoides de vida livre encontrados nos tratamentos T4 e T2 em comparação aos valores do tratamento T3, apesar de não haver diferença estatística, ainda evidenciam uma prerrogativa de que, mesmo com cobertura de solo, o revolvimento do solo prejudicou o desenvolvimento de nematoides de vida livre, pois, assim como verificado em

Leslie et al. (2017) verificaram, assim como neste trabalho, os mesmos estes efeitos negativos do revolvimento de solo.

Porém Zhong et al. (2016); Jaffuel et al. (2017), indicaram que sem uso de cobertura há um baixo desenvolvimento destes nematoides em decorrência da falta de alimentos para um bom desenvolvimento.

Todavia, como pôde ser observado nos valores de variação de população de nematoides de vida livre entre os ciclos produtivos o maior impacto sobre a população destes organismos foi derivada do revolvimento de solo e não da cobertura.

Ainda, este estudo demonstrou que os tratamentos utilizados não impactaram a população de fitonematoides, diferente dos resultados encontrados em (MARSHALL et al., 2016), que verificaram a importância do uso de coberturas de solo para supressão de fitonematoides, sendo o manejo do solo pouco relevante neste caso.

Todavia, estes dados podem ter relação com os dados obtidos por (GRABAU et al., 2017), em que os pesquisadores não conseguiram verificar efeito de plantas de cobertura no período de um ano de cultivo, considerando que os efeitos podem ser graduais, ao longo de anos, assim como ocorre com a matéria orgânica.

O pressuposto para uma nova pesquisa pode estar associado com a intenção de avaliar diferentes espécies de culturas para cobertura de solo visando influenciar o aumento de nematoides de vida livre juntamente com a supressão dos fitonematoides.

Quanto ao impacto da cobertura do solo no âmbito social, viu-se que nos tratamentos T3 e T4 o tempo necessário para realização de capina teve redução, em decorrência do uso da cobertura do solo, que dificultou o desenvolvimento das plantas espontâneas, em concordância com Masilionyte et al. (2017); Osipitan et al. (2018).

Osipitan et al. (2018), verificaram que a cobertura do solo com palhada possui potencial para supressão de plantas daninhas e redução da mão de obra necessária com capinas, além de que, a cobertura de solo contribui significativamente para a proteção do mesmo contra processos erosivos e perda de solo.

Deve-se reforçar, que este maior período de trabalho está associado à uma atividade de alta penosidade (capina), e que, como observado em Kishtwaria; Rana (2012), a capina exige maior gasto de tempo e ocasiona o aumento na frequência cardíaca, além de estresse postural e dor em várias partes do corpo de agricultores e agricultoras da região de estudo.

Srinivasan et al. (2020), identificaram que a redução de uma hora de trabalho penoso diminui as necessidades energéticas de 11 a 22% para homens e 13 a 17% para mulheres, resultando em maior rendimento do trabalho em relação ao desgaste e penosidade.

Além de que, a penosidade do trabalho em horticultura é um dos principais indutores para afastar as famílias do campo (BANERJEE; PUNEKAR, 2020), visto que a principal mão de obra em pequenas propriedades costumeiramente é da própria família e, mediante tal fato, este trabalho exerce papel fundamental na identificação de solução para mitigar tal problema.

Diante dos dados apurados neste trabalho, buscou-se a motivação os sistemas conservacionistas não serem incentivados dentro da horticultura, em que Plateau et al. (2021), verificaram que a maior parte dos agricultores relatou a grande intensidade de trabalho associada, diante de que estes atores possuíam pouco conhecimento sobre técnicas alternativas de manejo, de conservação e uso de coberturas de solo.

Para tal, foi verificada a importância de avaliar não só os impactos envolvendo as características produtivistas ou de solo quando se tratar de horticultura, em virtude de que a preocupação em identificar o impacto de uma forma de manejo no campo e no agricultor, consequentemente demonstraram formas de melhorar a eficiência do trabalho em relação à produtividade dos cultivos neste trabalho.

Assim sendo, este trabalho passa a ser fundamental para romper a descrença de que estes sistemas conservacionistas, baseados nos princípios agroecológicos, exigem maior mão de obra e resultam em redução de produtividade, sendo completamente o oposto.

Contudo, ainda há maior predominância de estudos voltados para mecanização ou desenvolvimento de ferramentas para redução da penosidade, (KISHTWARIA; RANA, 2012; ANITHA et al., 2019; ARYAL; KATTEL, 2019; KHATRI-CHHETRI et al., 2020).

Porém, como visto neste trabalho, uma medida simples como a cobertura do solo pôde servir como a ferramenta para redução das horas trabalhadas e mitigação dos impactos sobre a penosidade do trabalho, impactando significativamente em aumento da eficiência do trabalho.

Assim sendo, mediante de tais resultados e após avaliar a percepção de diferentes autores sobre esta questão, pode-se afirmar que a utilização de técnicas de cobertura de solo ou visar sistemas baseados em princípios agroecológicos estão atrelados ao conhecimento técnico e a capacidade de investimento dos agricultores,

Todavia, produtores com menor capacidade técnica e financeira estão sujeitos a manter os sistemas convencionais de cultivo por temer perdas na produção e na produtividade além da falta de conhecimento sobre as reais condições de trabalho que serão necessárias na adoção destes sistemas conservacionistas do solo e os benefícios às condições de trabalho, neste caso, principalmente sobre a redução da penosidade.

Constatando-se, que em relação à otimização do trabalho, medida pelo rendimento das horas trabalhadas, pôde-se verificar que apesar de não ter sido identificada, diretamente, a correlação entre os tratamentos e a produtividade, quando se fez a associação das horas de trabalho com a produtividade, percebeu-se que tratamento T3 tem potencial para permitir maior produtividade.

Além de que, em um período de utilização maior da cobertura de solo, há impacto maior sobre a estabilidade dos agregados além de elevação dos teores de matéria orgânica do solo, que podem influenciar ainda mais na qualidade do solo e, conseqüentemente, aumento da produtividade e assim maior rendimento de mão de obra.

## **CONCLUSÃO**

Os atributos químicos teores de P e K, os componentes da acidez, a soma de bases, os índices microbiológicos associados à atividade dos microrganismos e densidade populacional de nematoides de vida livre, os valores médios e totais do rebaixamento dos canteiros e os efeitos sobre os aspectos socioeconômicos foram sensíveis aos manejos de solo adotados em produção olerícola no período testado.

Esses indicadores apontaram que estratégias de manejo com manutenção de cobertura e sem revolvimento, com base em transição agroecológica, melhoram a qualidade do solo e resultam em benefícios socioeconômicos nos sistemas de produção de hortaliças.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, P. F.; SOARES, A. B.; ASSMANN, T. S.; ASSMANN, A. L.; SARTOR, L. R.; PITTA, C. S. R.; FRANCHIN, M. F.; MIGLIORINI, F. Dynamic of a papuã pasture under two grazing intensities and two nitrogen levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2569-2577, 2010.

Alboukadel Kassambara. **Ggpubr: 'ggplot2' Based Publication Ready Plots**. R package version 0.4.0, 2020. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=ggpubr>>.

Alboukadel Kassambara. **Rstatis: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests**. R package version 0.7.0, 2021. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=rstatis>>.

ALLIAUME, F.; ROSSING, W. A. H.; TITTONELL, P.; JORGE, G.; & DOGLIOTTI, S. Reduced tillage and cover crops improve water capture and reduce erosion of fine textured soils in raised bed tomato systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 183, p. 127-137, 2014.

ALTIERI, M. A. et al. **Biotecnologia agrícola: mitos, riscos ambientais e alternativas**. Porto Alegre: Vozes, 2004.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANITHA, R.; SINGH, B. K.; AFIFA, J. An evaluation of drudgery reducing agricultural technologies developed for farm women. **International Journal of Agricultural Science and Research**, v. 9, n. 2, p. 35-42, 2019.

ARYAL, U.; KATTEL, R. R. Drudgery reduction for women in agriculture sector in Nepal: An analytical study. **Archives of Agriculture and Environmental Science**, v. 4, n. 4, p. 449-463, 2019.

BANERJEE, S.; PUNEKAR, R. M. A sustainability-oriented design approach for agricultural machinery and its associated service ecosystem development. **Journal of Cleaner Production**, v. 264, p. 121642, 2020.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3ª edição, São Paulo: Ícone, 2012. 360p.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 685 p.

CALEGARI, A.; TIECHER, T.; HARGROVE, W. L.; RALISCH, R.; TESSIER, D.; TOURDONNET, S.; GUIMARÃES, M. F.; SANTOS, D. R. Long-term effect of different soil management systems and winter crops on soil acidity and vertical distribution of nutrients in a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 133, p. 32-39, 2013.

COGGER, C. G.; BARY, A. I.; MYHRE, E. A.; FORTUNA, A. M.; & COLLINS, D. P. Soil

physical properties, nitrogen, and crop yield in organic vegetable production systems. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 3, p. 1142-1154, 2016.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO- RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Santa Maria: SBCS-NRS, 2016.

CUNHA, E. D. Q.; STONE, L. F., FERREIRA, E. P. D. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 56-63, 2012.

DOCHWAT, A. NEUMANN, M.; BUMBIERIS JUNIOR, V. H.; HEKER JUNIOR, J. C.; CRISTO, F. B.; ZDEPSKI, B. F.; SOUZA, A. M.; MATCHULA, A. F. Produção e qualidade nutricional da forragem de aveia-preta cultivada em diferentes estandes populacionais sob regime de cortes sucessivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 5, p. 1936-1946, 2020.

DURU, M; THEROND, O; FARES, M. Designing agroecological transitions: A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 4, p. 1237-1257, 2015.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portugues)**. R package version 1.2.1, 2021. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>>.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na Região Sul-Brasileira**. 2.ed. Brasília-DF. Embrapa, p.247-284, 2012.

GARCÍA-ORENES, F.; GUERRERO, C.; ROLDÁN, A.; MATAIX-SOLERA, J.; CERDÀ, A.; CAMPOY, M.; ZORNOVA, B.; BÁRCENAS, G.; CARAVACA, F. Soil microbial biomass and activity under different agricultural management systems in a semiarid Mediterranean agroecosystem. **Soil and Tillage Research**, v. 109, n. 2, p. 110-115, 2010.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4ª. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

GRABAU, Z. J.; MAUNG, Z. T. Z.; NOYES, D. C.; BAAS, D. G.; WERLING, B. P.; BRAINARD, D. C.; MELAKEBERHAN, H. Effects of cover crops on *Pratylenchus* penetrans and the nematode community in carrot production. **Journal of nematology**, v. 49, n. 1, p. 114, 2017.

GROSS, J.; LIGGES, U. (2015). **nortest: Tests for Normality**. R package version 1.0-4. 2015. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=nortest>>.

ITO, T.; ARAKI, M.; KOMATSUZAKI, M.; KANEKO, N.; OHTA, H. Soil nematode community structure affected by tillage systems and cover crop managements in organic soybean production. **Applied Soil Ecology**, v. 86, p. 137-147, 2015.

JAFFUEL, G.; BLANCO-PÉREZ, R.; BÜCHI, L.; MÄDER, P.; FLIEßBACH, A.; CHARLES, R.; DEGEN, T.; MADER, P.; TURLINGS, T. C. J.; CAMPOS-HERRERA, R. Effects of cover crops on the overwintering success of entomopathogenic nematodes and their antagonists. **Applied Soil Ecology**, v. 114, p. 62-73, 2017.

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separation nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, n. 9, p. 692, 1964

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil: a method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 8, n. 3, p. 209-213, 1976.

KHATRI-CHHETRI, A.; REGMI, P. P.; CHANANA, N.; AGGARWAL, P. K. Potential of climate-smart agriculture in reducing women farmers' drudgery in high climatic risk areas. **Climatic Change**, v. 158, n. 1, p. 29-42, 2020.

KISHTWARIA, J.; RANA, A. Ergonomic interventions in weeding operations for drudgery reduction of hill farm women of India. **Work**, v. 41, n. Supplement 1, p. 4349-4355, 2012.

KUNITO, T.; ISOMURA, I.; SUMI, H.; PARK, H. D.; TODA, H.; OTSUKA, S.; NAGAOKA, K.; SAEKI, K.; SENOO, K. Aluminum and acidity suppress microbial activity and biomass in acidic forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 97, p. 23-30, 2016.

KUWORNU, J. K.; ODURO, E.; AMEGASHIE, D. P.; FENING, K. O.; YANGYOURU, M.; MacCARTHY, D. S.; AMOATEY, C.; DATTA, A. Cost-benefit analysis of conventional and integrated crop management for vegetable production. **International Journal of Vegetable Science**, v. 24, n. 6, p. 597-611, 2018.

LESLIE, A. W.; WANG, K. H.; MEYER, S. L.; MARAHATTA, S.; HOOKS, C. R. Influence of cover crops on arthropods, free-living nematodes, and yield in a succeeding no-till soybean crop. **Applied Soil Ecology**, v. 117, p. 21-31, 2017.

MAGRINI, M. B.; MARTIN, G.; MAGNE, M. A.; DURU, M.; COUIX, N.; HAZARD, L.; PLUMECOCQ, G. Agroecological transition from farms to territorialised agri-food systems: issues and drivers. **Springer**, Cham, 2019.

MARSHALL, M. W.; WILLIAMS, P.; NAFCHI, A. M.; MAJA, J. M.; PAYERO, J.; MUELLER, J.; KHALILIAN, A. Influence of tillage and deep rooted cool season cover crops on soil properties, pests, and yield responses in cotton. **Open Journal of Soil Science**, v. 6, n. 10, p. 149-158, 2016.

MASILIONYTE, L.; MAIKSTENIENE, S.; KRIAUCIUNIENE, Z.; JABLONSKYTE-RASCE, D.; ZOU, L.; SARAUSKIS, E. Effect of cover crops in smothering weeds and volunteer plants in alternative farming systems. **Crop Protection**, v. 91, p. 74-81, 2017.

MBUTHIA, L. W.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; DEBRUYN, J.; SCHAEFFER, S.; TYLER, D.; ODOI, E.; MPHESHEA, M.; WALKER, F.; EASH, N. Long term tillage, cover crop, and fertilization effects on microbial community structure, activity: Implications for soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 89, p. 24-34, 2015.

- MEEK, David. The cultural politics of the agroecological transition. **Agriculture and Human Values**, v. 33, n. 2, p. 275-290, 2016.
- MEYNARD, J. M.; JEUFFROY, M. H.; LE BAIL, M.; LEFÈVRE, A.; MAGRINI, M. B.; MICHON, C. Designing coupled innovations for the sustainability transition of agrifood systems. **Agricultural systems**, v. 157, p. 330-339, 2017.
- NASCENTE, A. S.; STONE, L. F.; CRUSCIOL, C. A. C. Soil chemical properties affected by cover crops under no-tillage system. **Revista Ceres**, v. 62, p. 401-409, 2015.
- ONG, T. W. Y.; LIAO, W. Agroecological transitions: a mathematical perspective on a transdisciplinary problem. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 91, 2020.
- OSIPITAN, O. A.; DILLE, J. A.; ASSEFA, Y.; KNEZEVIC, S. Z. Cover crop for early season weed suppression in crops: Systematic review and meta-analysis. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 6, p. 2211-2221, 2018.
- PLATEAU, L.; ROUDART, L.; HUDON, M.; MARÉCHAL, K. Opening the organisational black box to grasp the difficulties of agroecological transition: an empirical analysis of tensions in agroecological production cooperatives. **Ecological Economics**, v. 185, p. 107048, 2021.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.
- RStudio Team. **RStudio: Integrated Development Environment for R**. RStudio, PBC, Boston, MA, 2021. Disponível em: <<http://www.rstudio.com/>>.
- REINIGER, L. R. S.; WIZNIEWSKY, J. G.; KAUFMANN, M. P. **Princípios de agroecologia**. Santa Maria, RS: UFSM, NTE, UAB. 2017.
- RODRIGUES, M.; PAVINATO, P. S.; WITHERS, P. J. A.; TELES, A. P. B.; HERRERA, W. F. B. Legacy phosphorus and no tillage agriculture in tropical oxisols of the Brazilian savanna. **Science of the Total Environment**, v. 542, p. 1050-1061, 2016.
- SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C.; LIMA, P. C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, v. 61, p. 829-837, 2014.
- SOUZA, R. F.; MADEIRA, N. R.; DE FIGUEIREDO, C. C. Perdas de solo, água e nutrientes em área cultivada com hortaliças sob sistema de plantio direto. **Científic@-Multidisciplinary Journal**, v. 1, n. 1, p. 38-50, 2014.
- SRINIVASAN, C. S., ZANELLO, G.; NKEGBE, P.; CHERUKURI, R.; PICCHIONI, F.; GOWDRU, N.; WEBB, P. Drudgery reduction, physical activity and energy requirements in rural livelihoods. **Economics & Human Biology**, v. 37, p. 100846, 2020.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.



STAGNARI, F.; RAMAZZOTTI, S.; PISANTE, M. Conservation agriculture: a different approach for crop production through sustainable soil and water management: a review. **Organic farming, pest control and remediation of soil pollutants**, p. 55-83, 2009.

Thorsten Pohlert. **PMCMRplus: Calculate Pairwise Multiple Comparisons of Mean Rank Sums Extended**. R package version 1.9.0, 2021. Disponível em: <<https://CRAN.Rproject.org/package=PMCMRplus>>.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. An overview of soil quality. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.

WICKHAM, H.; AVERICK, M.; BRYAN, J.; CHANG, W.; MCGOWAN, L. D. A.; FRANÇOIS, R.; GROLEMUND, G.; HAYES, A.; HENRY, L.; HESTER, J.; KUHN, M.; PEDERSEN, T. L.; MILLER, E.; BACHE, S. M.; MÜLLER, K.; OOMS, J.; ROBINSON, D.; SEIDEL, D. P.; SPINU, V.; TAKAHASHI, K.; VAUGHAN, D.; WILKE, C.; WOO, K.; YUTANI, H. Welcome to the Tidyverse. **Journal of open source software**, v. 4, n. 43, p. 1686, 2019.

WICKHAM, H. Elegant graphics for data analysis. **Media**, v. 35, n. 211, p. 10.1007, 2009.

WICKHAM, H.; FRANÇOIS, R.; HENRY, L.; MÜLLER, K. **dplyr: A Grammar of Data Manipulation**. R package version 1.0.7, 2021. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>>.

WULANNINGTYAS, H. S.; GONG, Y.; LI, P.; SAKAGAMI, N.; NISHIWAKI, J.; KOMATSUZAKI, M. A cover crop and no-tillage system for enhancing soil health by increasing soil organic matter in soybean cultivation. **Soil and Tillage Research**, v. 205, p. 104749, 2021.

WICKHAM, H.; HESTER, J. **readr: Read Rectangular Text Data**. R package version 2.0.1, 2021. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=readr>>.

ZHONG, S.; ZENG, H. C.; JIN, Z. Q. Response of soil nematode community composition and diversity to different crop rotations and tillage in the tropics. **Applied Soil Ecology**, v. 107, p. 134-143, 2016.

ZIECH, A. R.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; PAULUS, D.; ZIECH, M. F. Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 9, p. 948-954, 2014.