

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Vinicius Pereira Andreotti

Graduando em Engenharia Agrônômica

**Coberturas de solo e uso de microrganismos eficientes
no plantio direto da alface crespa**

Dracena
2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

Vinicius Pereira Andreotti

Graduando em Engenharia Agrônômica

**Coberturas de solo e uso de microrganismos eficientes
no plantio direto da alface crespa**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus
de Dracena como parte das exigências
para conclusão do curso.

Orientadora: Profa. Dra. Pâmela Gomes Nakada--Freitas

Dracena

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "Coberturas de solo e uso de microrganismos eficientes no plantio direto da alface crespa)"

Modalidade: Trabalho de Atividades de pesquisa.

Autor: Vinicius Pereira Andreotti

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Pâmela Gomes Nakada-Freitas

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 05/06/2024



Prof^ª. Dr^ª. Pâmela Gomes Nakada - Freitas



Me. Eng. Agrônomo Lucas da Silva Alves



Prof. Dr. Paulo Renato Matos Lopes

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Maria Aparecida Pereira Andreotti e Ademar Andreotti, a minha tia Lavinia Andreotti, que foram exemplo de esforço e honestidade para mim. Esse trabalho eu dedico a vocês por estarem sempre ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me conceder saúde, discernimento e forças para superar todas as dificuldades encontradas durante esses anos de graduação, além de colocar pessoas incríveis em minha vida.

Agradeço profundamente aos meus pais, que não mediram esforços para me ajudar e apoiar, permitindo que eu concluísse mais essa etapa.

À minha tia Lavinia e à minha irmã, por estarem sempre ao meu lado.

À minha namorada, Thais Rodrigues Pereira, que esteve comigo em todos os momentos, me apoiando, incentivando e motivando a seguir em frente.

À minha orientadora, Prof.^a Dra. Pâmela Gomes Nakada--Freitas, pela orientação na condução deste trabalho.

À banca examinadora, por suas valiosas contribuições para a melhoria deste TCC.

Ao grupo NESOL, pelo suporte no desenvolvimento deste trabalho.

À FCAT, por me acolher e fornecer todo o apoio técnico e prático necessário durante essa jornada.

Ao cursinho Alvo, e aos meus amigos e colegas, pelos bons momentos vividos.

Meus sinceros agradecimentos e gratidão a todos.

“Se aprendesse qualquer coisa, necessitaria
aprender mais, e nunca ficaria satisfeito.”

(Graciliano Ramos)

RESUMO

O sistema de plantio direto proporciona condições favoráveis para promover e manter a atividade de microrganismos eficientes no solo, devido a palhada permanente no solo, esses microrganismos conseguem melhorar a utilização da matéria orgânica, na degradação e ciclagem dos nutrientes, tornando assim disponível para planta. Além de contribuir nas propriedades físico-químicas do solo, a utilização do manejo conservacionista permite reduzir o uso de adubos solúveis e agrotóxicos. Portanto, este teve como objetivo estudar o efeito de coberturas vegetais em sistema de plantio direto com e sem aplicação de microrganismos eficientes no solo na cultura da alface crespa. O experimento foi em parcela subdividida, com adubos verdes na parcela (70% *Crotalaria. spectabilis spectabilis*+30% milho; 70% feijão guandú anão+30% milho; 70% mucuna preta+30% milho) e a aplicação no solo de microrganismos eficientes (EM) na subparcela (com e sem aplicação) capturados em mata de floresta. A espécie vegetal em rotação de cultura foi a alface crespa cultivar Vanda a qual foi cultivada em dois ciclos consecutivos após a roçagem dos adubos verdes. O EM foi aplicado duas vezes, uma após a roçagem dos adubos verdes e a outra após o transplante das mudas no segundo ciclo da alface. Considerando as cinco coberturas vegetais, as coberturas com *Crotalaria. spectabilis* e mucuna preta em solteiro se destacaram em produção no primeiro ciclo, cultivado no inverno. No cultivo da alface crespa cultivar Vanda houve melhor desempenho e rendimento quando não se aplicou microrganismos eficientes tanto no primeiro (inverno), com valores de 23 t/ha, como no segundo ciclo (primavera) de cultivo após as coberturas vegetais, com valores 13 t/ha. Nota-se também menor produção no segundo ciclo de cultivo da alface devido à ausência de adubação e as intempéries que afetaram o seu desenvolvimento e rendimento

Palavras-chave: adubos verdes; cultivar Vanda; EM; *Lactuca sativa* L.

ABSTRACT

The no-till farming system provides favorable conditions to promote and maintain the activity of efficient microorganisms in the soil. Due to the permanent mulch on the soil, these microorganisms can improve the use of organic matter in the degradation and cycling of nutrients, thus making them available to plants. In addition to contributing to the physico-chemical properties of the soil, the use of conservation management allows for the reduction of soluble fertilizers and pesticides. Therefore, the objective was to study the effect of cover crops in a no-till system with and without the application of efficient microorganisms in the soil in the cultivation of curly lettuce. The experiment was in a split-plot design, with green manures in the plot (70% *Crotalaria spectabilis* + 30% millet; 70% dwarf pigeon pea + 30% millet; 70% black velvet bean + 30% millet) and the application of efficient microorganisms (EM) in the sub-plot (with and without application) collected from forest litter. The rotation crop was curly lettuce cultivar Vanda, which was grown in two consecutive cycles after mowing the green manures. EM was applied twice: once after mowing the green manures and once after transplanting the seedlings in the second lettuce cycle. Considering the five cover crops, the covers with *Crotalaria spectabilis* and black velvet bean alone stood out in production in the first cycle, cultivated in winter. The cultivation of curly lettuce cultivar Vanda showed better performance and yield when efficient microorganisms were not applied in both the first (winter), with values of 23 t/ha, and the second cycle (spring) after the cover crops, with values of 13 t/ha. Lower production in the second lettuce cycle is also noted due to the absence of fertilization and adverse weather conditions that affected its development and yield.

Keywords: green manures; cultivar Vanda; EM; *Lactuca sativa* L

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -Área experimental de olerícolas.....	20
Figura 2 - Dados meteorológicos referentes à precipitação (mm) e temperatura máxima, mínima e média do ar (°C). (a) ciclo doas adubos verdes, (b) 1ª safra e (c) 2ª safra da alface.....	21
Figura 3 - Croqui da área experimental constando as parcelas com as coberturas vegetais e as subparcelas com e sem aplicação de microrganismos eficientes (EMs).....	22
Figura 4 - Área experimental com distribuição de composto orgânico (A), área experimental levantando os canteiros com adubos mineral e orgânico (B) e área experimental com a presença de estacas com saco bolha para espantar animais (C).....	24
Figura 5 - Abertura das linhas de semeadura (A) e sementes de mucuna preta semeadas em linhas (B).....	25
Figura 6 - a) Resultados da análise nematológica. Dados: Laboratório de Nematologia Agrícola, FCA – UNESP Botucatu, 2022.....	26
Figura 7 - a Coberturas vegetais aos 9 dias após a semeadura (DAS) (A) e 18 DAS (B).....	27
Figura 8 - Coberturas vegetais 70% feijão guandú anão+30% de milho aos 25 (DAS) (A) e (B) em vermelho é o feijão guandú anão em desenvolvimento..	27
Figura 9 - Coberturas vegetais 70% <i>Crotalaria. spectabilis</i> +30% de milho aos 25 (DAS) (A) e (B) em vermelho é a <i>C. spectabilis</i> em desenvolvimento.....	28
Figura 10 - Cobertura vegetal de mucuna preta (A) 25 DAS e (B) estrutura trepadora da planta se enrolando na estaca de madeira.....	28
Figura 11 - Cobertura vegetal de mucuna preta (A) 25 DAS e (B) estrutura trepadora da planta se enrolando na estaca de madeira.....	29
Figura 12 - Cobertura vegetal de <i>Crotalaria. spectabilis</i> 25 DAS.....	29
Figura 13 - Vista aérea filmada por drone durante o ciclo dos adubos verde e pós a roçagem.....	29
Figura 14 - Roçagem dos adubos verdes.....	30
Figura 15 - Quadro metálico.....	30

Figura 16 - Bambú cortado ao meio para alocar arroz cozido sem sal para captura dos microrganismos eficientes (EMs) (A) e EMs colonizados de cor vermelha, amarela, laranja e branca (B).....	31
Figura 17 - Garrafa PET com melaço inicialmente para ativação dos microrganismos eficientes (EMs) (A) e após 20 dias da ativação do EMs (B) finalizado o processo com coloração mais clara.....	32
Figura 18 - Teste de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), UNESP, Dracena-SP, 2023.....	33
Figura 19 - Mudas de alface prontas para transplântio.....	34
Figura 20 - Transplântio da alface na palhada.....	34
Figura 21 - Diferença da palhada do primeiro ciclo para o segundo.....	35
Figura 22 - Estádio já de colheita da alface crespa cultivar Vanda.....	35
Figura 23 - Comprimento (A), diâmetro (B), altura de Planta (C), número de folhas (D).....	36
Figura 24 - Comparação entra matéria seca nas condições da cidade de Dracena – SP com a literatura.....	36
Figura 25 - Dados climáticos de temperatura e umidade relativa no segundo ciclo do cultivo da alface sob diferentes coberturas vegetais e aplicação ou não com microrganismos eficientes. Dracena-SP, 2023.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Amostra média da área 1 considerada as subparcelas onde serão aplicado os microrganismos eficientes (EMs) após a roçagem das coberturas vegetais.....	23
Tabela 2 - Amostra média da área 2 considerada as subparcelas onde não serão aplicado os microrganismos eficientes (EMs) após a roçagem das coberturas vegetais.....	23
Tabela 3 - Quantidade de sementes semeadas por hectare de cada tratamento seguindo as respectivas coberturas vegetais.....	25
Tabela 4 - Massa seca das coberturas vegetais. Dracena – SP, 2023.....	37
Tabela 5 - Valores médios de resistência a penetração (RP1 e RP2) e umidade gravimétrica (G1 e UG2) do solo, nas camadas de (0-0,10m) e (0,10-0,20m), respectivamente. Dracena – SP, 2023....	38
Tabela 6 - Valores médios de resistência a penetração (RP1 e RP2) e umidade gravimétrica (G1 e UG2) do solo, nas camadas de (0-0,10 m) e (0,10-0,20 m), respectivamente. Dracena – SP, 2023..	38
Tabela 7 - Massa seca de planta (MSPL), altura de parte aérea (ALTPA), comprimento de caule (CC) e diâmetro de caule (DC) de alface em plantio direto em função de coberturas vegetais. Dracena – SP, 2023.....	40
Tabela 8 - Massa seca de planta (MSPL), altura de parte aérea (ALTPA) e comprimento de caule (CC) de alface em plantio direto em função da aplicação de microrganismos eficientes. Dracena – SP, 2023	41
Tabela 9 - Massa fresca de planta (MFPL) e produtividade de alface em plantio direto em função do cultivo sob plantio direto com diferentes coberturas vegetais e da aplicação de microrganismos eficientes. Dracena – SP, 2023.....	42
Tabela 10 - Massa fresca de planta (MFPL), massa seca de planta (MSPL), altura de parte aérea (ALTPA) e produtividade de alface (PD) em função de aplicar ou não microrganismos eficientes via solo. Dracena-SP, 2023.....	43

Tabela 11 - Massa fresca de planta (MFPL), massa seca de planta (MSPL), número de folhas por planta (NF), altura de parte aérea (ALTPA), comprimento de caule (CPCaule), diâmetro de caule (DCaule) e produtividade de alface (PD) em função de aplicar ou não microrganismos eficientes via solo. Dracena-SP.....45

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CUC	Coeficiente de Uniformidade de Christiansen
EM	Microrganismos Eficientes
SPD	SISTEMA PLANTIO DIRETO
SPDH	SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM HORTALIÇAS

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
3 REVISÃO DE literatura	15
3.1. SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM HORTALIÇAS(SPDH)	15
3.2. Plantas de cobertura.....	16
3.3. Cultura do alface	17
3.4. Microrganismos eficientes.....	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 Localização e características da área experimental.....	20
4.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	22
4.3 Preparo da área	22
4.4 Adubos verdes	24
4.5 Microrganismos eficientes (EM)	31
4.5 Manejo da irrigação.....	33
4.6 Alface	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5.2 Adubos verdes	36
5.5 Características de resistência a penetração do solo	37
5.6 Características de produção da alface	39
6 CONCLUSÃO.....	46
7 REFERÊNCIA	46

1 INTRODUÇÃO

Os efeitos das mudanças climáticas é um desafio para agricultura e para a segurança alimentar. Os sistemas de produção precisam se modificar para se tornarem mais resilientes diante dessas novas adversidades causadas pelo aquecimento global, de forma mais sustentável. Em hortaliças, particularmente, os sistemas de produção convencionais utilizam grande quantidade de insumos químicos e revolvimento do solo, acarretando contaminações e erosões ao solo (RIBEIRO, 2016).

O sistema de plantio direto está se mostrando muito eficiente para grandes culturas, enquanto para hortaliças tem apresentado resultados interessantes, principalmente em cultivos orgânicos, com a utilização de adubos verdes que tem capacidade de aumentar os teores de carbono orgânico total (COT) e nutrientes (ANDRADE *et al.*, 2012).

Segundo Fontanétti *et al.* (2006), a adubação apenas com insumos químicos tem se mostrado uma pratica com custos mais elevados em função do grande volume necessário e a dependência externa por esse insumo.

Segundo Menezes e Silva (2008), é de fundamental importância o conhecimento da combinação dos adubos verdes mais apropriado, sendo esse um fator que varia das condições edafoclimáticas e morfofisiológicas dos adubos, podendo ser solteira ou consorciada.

Microrganismos eficazes, conforme o trabalho de Pugas *et al.* (2013), são reconhecidos por sua capacidade de promover a mineralização de nutrientes e melhorar a disponibilidade de elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas. Esses microrganismos eficazes constituem um conjunto de organismos que, quando introduzidos no solo, contribuem para o aumento da diversidade microbiológica do ambiente. Eles desempenham um papel crucial na indução da decomposição da matéria orgânica, resultando na liberação de nutrientes de forma mais eficiente, beneficiando assim o crescimento das plantas.

Segundo a classificação de Andrade (2011), os microrganismos eficientes (E.M) podem ser divididos em quatro grupos: leveduras, que utilizam substâncias que os vegetais usam para o crescimento; bactérias que produzem ácidos lácticos e eliminam microrganismos fitopatogênicos; bactérias fotossintéticas que liberam

substâncias que estimulam o crescimento vegetal e aumentam populações de outros microrganismos benéficos, como actinomicetos, fungos micorrízicos e fixadores de nitrogênio; e actinomicetos, que equilibram a população de fungos e bactérias fitopatogênicas.

Considerando a crescente busca por alimentos mais saudáveis sem a utilização de insumos sintéticos e agrotóxicos, a alface é uma das principais hortaliças consumidas no Brasil. Diante desses novos desafios de produção, bem como dos trabalhos promissores em práticas como o sistema de plantio direto em hortaliças (SPDH) e a utilização de microrganismos eficientes (E.M), este trabalho foi realizado com o objetivo de implantar diferentes coberturas vegetais em sistema de plantio direto com e sem aplicação de microrganismos eficientes no solo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Verificar o efeito de coberturas vegetais em sistema de plantio direto da alface crespa em dois ciclos consecutivos com e sem aplicação de microrganismos eficientes no solo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1. SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM HORTALIÇAS (SPDH)

O sistema de Plantio Direto (SPD) surgiu como um paradigma transformador na agricultura tropical, simbolizando uma evolução na mentalidade e práticas dos agricultores e especialistas que procuram a sustentabilidade no meio de produção agrícola. O SPD não é apenas um método de manejo, mas sim uma filosofia inovadora de valores fundamentais para uma agricultura duradoura e holística. Além disso, o SPD expande os horizontes da Revolução Verde, incorporando práticas agrícolas que respondem eficientemente ao uso de fertilizantes, especialmente nitrogênio, e introduzindo variedades de culturas aprimoradas, iniciando com as grandes culturas, como: soja e milho (CARVALHO *et al.*, 2018).

Atualmente, a maioria dos agricultores adotam um sistema de cultivo de hortaliças convencional, dependente do uso intensivo de maquinário para preparar o solo, o que pode levar à sua degradação. Para compensar, há um aumento no uso de fertilizantes e agrotóxicos, elevando os custos de produção. (FAYAD *et al.*, 2015). O sistema de plantio direto em hortaliças (SPDH), surgiu na década de 1990, como uma alternativa para uma produção mais sustentável por meio da promoção da saúde da planta com base na rotação de culturas, nos adubos verdes e animais manejados no Pastoreio Racional Voisin (MAFRA *et al.*, 2019).

Em contraste com o Sistema de Plantio Direto (SPD) utilizado em larga escala, que dispõe de maquinário especializado para o plantio direto na palha, o sistema de plantio direto em hortaliças (SPDH) apresenta desafios significativos

no que tange aos equipamentos agrícolas. Os agricultores são obrigados a recorrer a ferramentas adaptadas que oferecem baixa eficiência. Além disso, outra dificuldade encontrada é de equipamentos apropriados para o manejo da biomassa vegetal, garantindo assim uma cobertura constante do solo, destacado por Bietila *et al.* (2017).

3.2. Plantas de cobertura

A utilização de plantas de cobertura representa uma estratégia para enriquecer a diversidade de culturas agrícolas, pois a rotação de culturas pode favorecer fatores bióticos interessantes para a cultura posterior e desfavorecer patógenos para a cultura de interesse econômico. Em consideração a vasta gama de condições de solo e clima, bem como as práticas de manejo empregadas em todo território brasileiro, existe uma extensa gama de espécies de plantas de cobertura que podem ser cultivadas várias épocas do calendário agrícola e condições de solo com finalidades diferentes. Essas espécies podem ser cultivadas isoladamente ou em combinação, formando consórcios ou misturas de duas ou mais espécies (CHERUBIN, 2022).

O cultivo de adubos verdes pode ser realizado tanto na mesma área de plantio da cultura econômica quanto em áreas adjacentes. Quando ocorre na mesma área, é realizado em sistema de consórcio, no qual as culturas de adubos verdes são cultivadas simultaneamente com a cultura principal, ou realizar a produção das plantas de adubo verde anteriormente ao plantio da cultura principal. Nesse último caso, o material vegetal resultante é incorporado ao solo através da, melhorias na sua fertilidade e proteção (ABRANCHES *et al.*, 2021).

Segundo a PRIMAVESI (2016), existência de um solo saudável é caracterizada pela interação de múltiplas espécies de organismos, que atuam em conjunto com os elementos orgânicos e minerais presentes no solo. Esta interação biológica é fundamental para a formação de agregados no solo, conferindo-lhe uma estrutura granulada e facilitando a infiltração de água e a circulação de ar. Adicionalmente, são esses mesmos organismos que desempenham o papel vital de tornar os nutrientes acessíveis às plantas. A utilização dos adubos verdes torna um ambiente mais adequado para a parte

biológica do solo, devido a vários fatores como menor variação de temperatura, maior retenção de água, devido a formação de agregados e acréscimo de matéria orgânica, fonte de alimento para organismos vivos (CALEGARI, 2006)

Além dos benefícios biológicos do solo, as plantas de coberturas são responsáveis pela melhoria física, como: agentes eficazes no combate à erosão do solo, minimizam o impacto das precipitações pluviométricas e reduzem o escoamento superficial, fortalecendo a resistência do solo contra a desagregação. Contribuem ainda para a regulação da temperatura do solo, diminuem a evaporação da água forma uma barreira física no controle do crescimento de ervas daninhas, seja por competição direta por recursos como luz e água, seja por efeitos alelopáticos ou atuando como uma barreira física que impede a emergência de espécies invasoras (SOUZA *et al.*, 2023).

Já na parte química do solo, os adubos verdes adicionam grande quantidade de biomassa ao sistema e posteriormente matéria orgânica, enriquecendo o solo (WENNECK *et al.*, 2017). Em especial as leguminosas, de forma simbiótica com microrganismos tem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, um processo vital para a fertilidade do solo, e transformando de forma assimilável para planta depois de sua decomposição (OILIVEIRA *et al.*, 2004)

Além disso, o desenvolvimento e a decomposição subsequente dessas plantas promovem a ciclagem de nutrientes, elevando a disponibilidade de elementos cruciais como fósforo, potássio e nitrogênio, assim como outros macro e micronutrientes que são fornecidos para próxima cultura dependendo da qualidade da biomassa (PERIN *et al.*, 2004).

3.3. Cultura do alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) chegou ao Brasil pelos portugueses no século XVI, sendo sua origem o continente asiático. (IEA, 2005). É uma planta herbácea anual de origem em clima temperado, pertencente à família Asteracea, caracterizada por um caule diminuto, ao redor do qual as folhas se organizam em rosetas. Seu sistema radicular é muito ramificado e superficial, concentrando-se em cerca de 25 cm de profundidade no solo (FIGUEIRA, 2012).

Embora a maioria das cultivares de alface desenvolvem-se em climas amenos, principalmente durante o período de crescimento vegetativo, avanços no melhoramento genético possibilitaram cultivares de alface foram produzidas e adaptadas para serem cultivadas em regiões com temperaturas mais elevadas (HENZ *et al.*, 2009). No entanto, a ocorrência de temperaturas muito elevadas acelera o ciclo da cultura, dependendo do genótipo, pode resultar em plantas de menor porte devido à ocorrência precoce do pendoamento, isso tornar a hortaliça imprópria para o consumo, uma vez que as folhas produzem látex em resposta ao estresse térmico, conferindo um gosto amargo (LUZ *et al.*, 2009). Essas condições climáticas são frequentemente encontradas ao longo da maior parte do ano na região de Dracena-SP.

A cultivar Vanda é recomendada para cultivo em condições climáticas adversas, como altas temperaturas, devido à sua alta rusticidade e adaptação em climas tropicais, além de possuir resistência ao vírus do mosaico da alface (LMV-II). Caracteriza-se por plantas grandes com folhas longas de coloração verde-clara brilhante, talo grosso e sistema radicular vigoroso, e apresenta um ciclo de crescimento total de 55 dias, sendo considerada precoce (SAKATA, 2023).

A adubação orgânica na cultura contribui para o aumento da população de microrganismos no solo, resultando na disponibilização de nutrientes essenciais para as plantas. Além disso, essas culturas promovem melhorias na Capacidade de Troca Catiônica (CTC), complexam elementos tóxicos e micronutrientes, e participam ativamente da formação de agregados do solo. Como resultado, observa-se uma redução na densidade do solo e um aumento na porosidade, infiltração de água e aeração, favorecendo as condições ideais para o crescimento saudável das plantas (LUCHESE *et al.*, 2002; SOUZA; RESENDE, 2006).

É considerada uma das hortaliças folhosas mais plantada e comercializada em todas as regiões brasileiras. A sua produção está concentrada nos cinturões verdes das principais regiões metropolitanas. Em 2017, o estado de São Paulo destacou-se como o maior produtor, contribuindo para a produção total brasileira de 671.509 toneladas (IBGE, 2017).

3.4. Microrganismos eficientes

Os microrganismos podem estabelecer diversas formas de interação entre solo e planta. Quando essa relação é benéfica, os microrganismos são capazes de promover a saúde da planta, induzindo o seu crescimento e mineralizando os nutrientes para absorção das plantas. Enquanto, uma relação prejudicial entre microrganismos e planta pode afetar negativamente a planta hospedeira, de forma indireta ou direta (GOMES *et al.*, 2016).

A saúde do solo está relacionada à biodiversidade microbiana, visto que suas capacidades metabólicas estão associadas a importantes funções do solo, como a ciclagem de nutrientes, liberação de hormônios que promovem a multifuncionalidade ecossistêmica (DELGADO BAQUERIZO *et al.*, 2016). A comunidade microbiana indígena é muito específica a cada ecossistema do solo, devido as condições bióticas e abióticas presente em determinada condição, consideradas como indicadores-chave da sua qualidade (LIANG *et al.*, 2014).

Vários tipos de microrganismos podem ser utilizados na agricultura sustentável para promover o crescimento das plantas, melhorar a fertilidade do solo, controlar pragas e doenças, e reduzir a dependência de insumos químicos. Dentre eles, se destacam as bactérias e os fungos, por desempenharem papéis preponderantes na microbiota do solo e por serem amplamente reconhecidos como os indicadores mais robustos do seu estado biológico. (PASCUTTI *et.*, 2024)

Segundo andrade (2020) os EM são formados pela comunidade microbiana nativa de solos férteis e em plantas, sendo composto principalmente por quatro grupos, sendo eles Leveduras (*Sacharomyces*), Actinomicetos, Bactérias produtoras de ácido láctico (*Lactobacillus* e *Pediococcus*), Bactérias fotossintéticas. Capazes de ácidos orgânicos, hormônios vegetais (como giberelinas, auxinas e citocininas), além de vitaminas, antibióticos e polissacarídeos.

Conforme os trabalhos de Pugas *et* (2013). A inserção de E.M exerce um benéfico no aumento da biodiversidade do solo. Esses microrganismos eficientes mineralizam a matéria orgânica gradativamente, liberando para planta, com pouco gasto de energia, mantendo a estabilidade do sistema, solo planta e atmosfera

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e características da área experimental

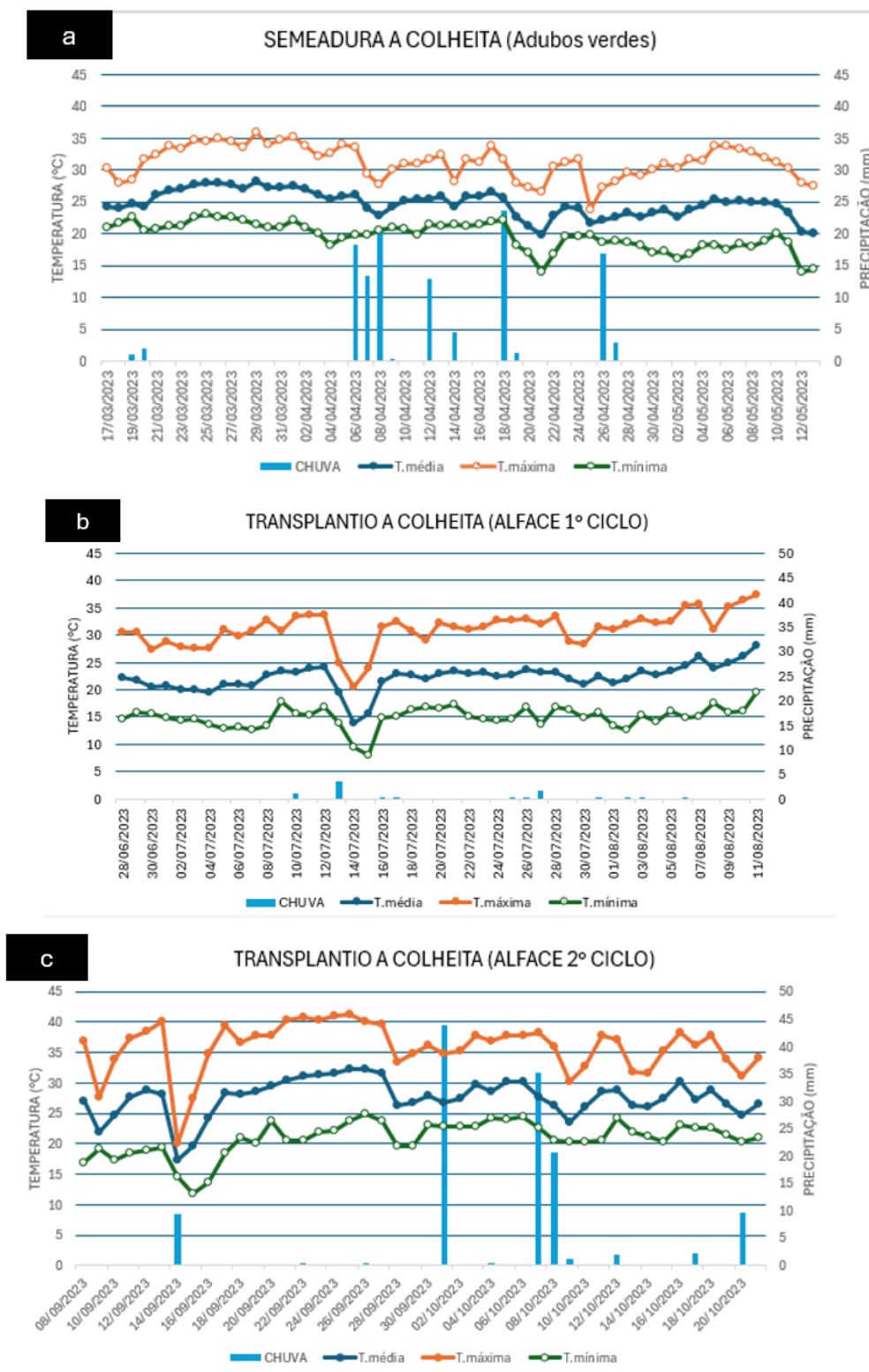
O experimento foi desenvolvido na área experimental de olerícolas da Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (UNESP/FCAT), no município de Dracena-SP, região Oeste Paulista (Latitude - 22° 39'42", Longitude - 50° 24'44" e 421 m de altitude). O clima de Dracena, segundo a classificação de Köppen é Aw (tropical semiúmido, com inverno seco) (ROLIM *et.*, 2007), com temperatura de 23,8°C e amplitude térmica média 14,1°C, enquanto a pluviosidade foi de 429,3mm que ocorreu de forma desuniforme, se concentrando no mês de outubro (DADOS CLIMÁTICOS, 2023). O solo é um argissolo predominantemente arenoso, com 10,5, 7,3 e 82,2% na camada de 0-20 cm, e 14, 7,1 e 78,8% na camada de 20-40 cm, de argila, silte e areia, respectivamente.

Figura 1 – Área experimental de olerícolas



Fonte: Google Earth (2023)

Figura 2- Dados meteorológicos referentes à precipitação (mm) e temperatura máxima, mínima e média do ar ($^{\circ}$ C). (a) ciclo do adubo verdes, (b) 1^a safra e (c) 2^a safra da alface

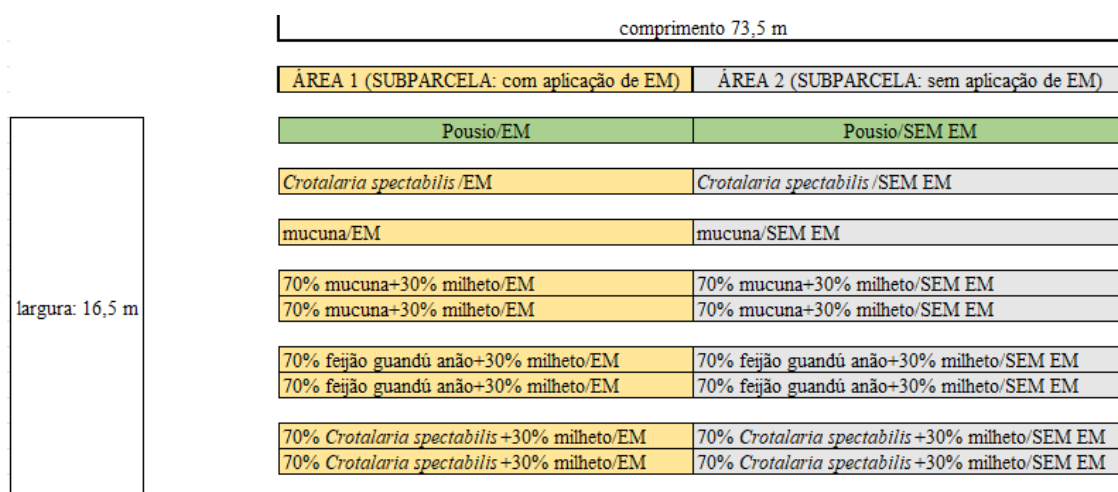


Fonte: dados de pesquisa, 2023.

4.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi em esquema fatorial 5x2 (adubos verdes x manejo do solo), e em parcela subdividida, como pode ser visto na Figura 3. As parcelas foram compostas pelos adubos verdes (70% *Crotalaria spectabilis*+30% milho; 70% feijão guandú anão+30% milho; 70% mucuna preta +30% milho, 100% mucuna, 100% *Crotalaria spectabilis*) e nas subparcelas foi composta pela aplicação ou ausência de microrganismos eficientes, capturados na mata de floresta da própria Universidade e ativados. O milho utilizado foi a cultivar ADR 300. A área experimental foi no total de 1212,75 m². O experimento foi montado em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições.

Figura 3- Croqui da área experimental constando as parcelas com as coberturas vegetais e as subparcelas com e sem aplicação de microrganismos eficientes (EMs).



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

4.3 Preparo da área

Antes de qualquer atividade na área, as coletas de solo foram realizadas para análise química com o propósito de verificar a acidez do solo e a possibilidade de diferença nutricional na camada entre 0-20 cm (Tabelas 1 e 2). Não houve a necessidade de correção com calcário, e em relação à adubação mineral, esta foi feita em quantidades diferentes. Isso ocorreu devido ao cultivo da berinjela na área 1 por um ano, enquanto a área 2 permaneceu em pousio

durante o mesmo período. Essa atividade foi realizada no dia 17 de março de 2023. O adubo utilizado foi o 04-14-08, sendo aplicado na quantidade de 307 kg ha⁻¹ na área 1 e 76 kg ha⁻¹ na área 2.

Nota-se que os teores de fertilidade química estão adequados, com exceção do boro para as duas áreas (Tabela 1 e 2).

Tabela 1. Amostra média da área 1 considerada as subparcelas onde serão aplicado os microrganismos eficientes (EMs) após a roçagem das coberturas vegetais.

pH	Presina	M.O.	H+Al	Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	m
(CaCl ₂)	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	mmolc dm ⁻³							%	%
5,9	71	15	12	0	1,8	31	10	42,8	54,8	78	0
B	Cu	Fe	Mn	Zn							
mg dm ⁻³											
0,13	0,7	15	14,9	5,7							

Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Tabela 2. Amostra média da área 2 considerada as subparcelas onde não serão aplicado os microrganismos eficientes (EMs) após a roçagem das coberturas vegetais.

pH	Presina	M.O.	H+Al	Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	m
(CaCl ₂)	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	mmolc dm ⁻³						%	%	
6,5	220	14	9	0	3,3	62	12	77,3	86,3	90	0
B	Cu	Fe	Mn	Zn							
mg dm ⁻³											
0,14	1,5	12	15,2	6,2							

Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Além da adubação mineral, foi aplicado 1,8 t ha⁻¹ de cama de aves curtido usando o distribuidor de composto orgânico PRO TECLANCER® de 3.000 kg (Figura 4A) e incorporado com enxada rotativa encanteiradora (Figura 4B). Para fins de evitar o ataque de pássaros ou qualquer outro animal a fim de evitar alimentação com alguma semente exposta, foi colocado sacos bolha amarrados

em estacas, pois com presença de vento e sua movimentação, acreditou-se que pudesse assustá-los (Figura 4C).

Figura 4. Área experimental com distribuição de composto orgânico (A), área experimental com os canteiros já levantados e incorporado os adubos mineral e orgânico (B) e área experimental com a presença de estacas com saco bolha para espantar animais (C).



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

4.4 Adubos verdes

A semeadura foi realizada manualmente no dia 17 de março de 2023 e em alguns canteiros foi feita abertura de linhas com um equipamento simples, adaptado e confeccionado com madeira (Figura 5A). Para as sementes graúdas como de mucuna preta (Figura 5B), foi realizado em linha e as demais a lanço e posterior passado o rastelo para incorporação (Figura 5C). A média da germinação estava em 75%, portanto, foi feito a correção da quantidade de sementes para obtenção de adequado estande para os tratamentos desta pesquisa. Assim, foram semeadas as seguintes quantidades segundo a tabela 3.

Figura 5. Abertura das linhas de semeadura (A) e sementes de mucuna preta
semeadas em linhas (B).



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Tabela 3. Quantidade de sementes semeadas por hectare de cada tratamento
seguindo as respectivas coberturas vegetais.

Tratamentos/ Parcelas (coberturas vegetais)				
70% <i>Crotalaria</i> . <i>spectabilis</i> +30% milho	70% feijão guandú anão+30% milho	70% mucuna preta+30% milho	mucuna preta	<i>C. spectabilis</i>
72 kg ha ⁻¹ +31 kg ha ⁻¹	181 kg ha ⁻¹ +31 kg ha ⁻¹	289 kg ha ⁻¹ +31 kg ha ⁻¹	413 kg ha ⁻¹	103 kg ha ⁻¹

Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Aplicou-se o produto Quartzo® (nematicida biológico que contém *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*) via solo no dia 30 de março de 2023 na dose de 300 g ha⁻¹. Depois da análise nematológica feita Laboratório de Nematologia Agrícola – FCA/UNESP Botucatu (Figura 6), apresentar alta incidência de nematoides *Meloidogyne* sp. Tanto no solo quanto na raiz da cultura anterior (berinjela).

Figura 6. Resultados da análise nematológica. Dados: Laboratório de Nematologia Agrícola, FCA – UNESP Botucatu, 2022.

RESULTADOS										
Nematoides encontrados	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5	
	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz	Solo	Raiz
<i>Pratylenchus brachyurus</i>	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0
<i>Meloidogyne</i> sp.	53.000	4.000	34.860	3.600	45.980	8.350	10.920	5.500	11.800	4.500
Ovos	2.100	51.040	6.580	39.300	13.200	75.310	2.520	45.600	2.970	15.700

Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Quanto ao desenvolvimento das coberturas vegetais, encontram-se algumas (Figura 7A) aos 9 dias após a semeadura (DAS) e Imagem (7B) aos 18 DAS.

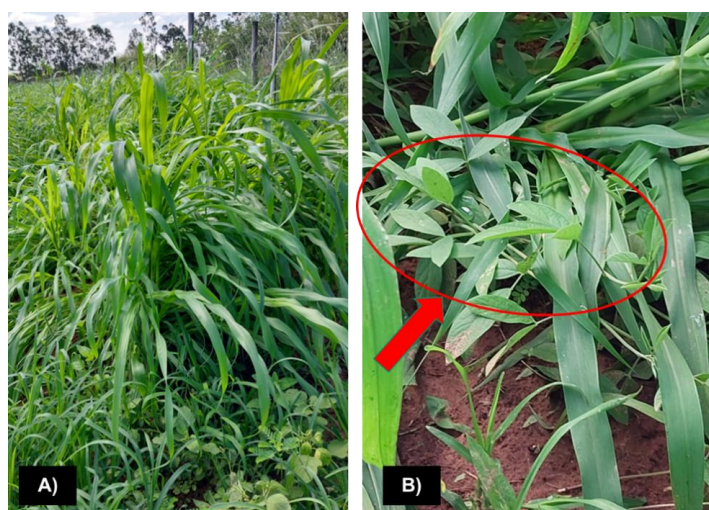
Figura 7. Coberturas vegetais aos 9 dias após a semeadura (DAS) (A) e 18 DAS (B).



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

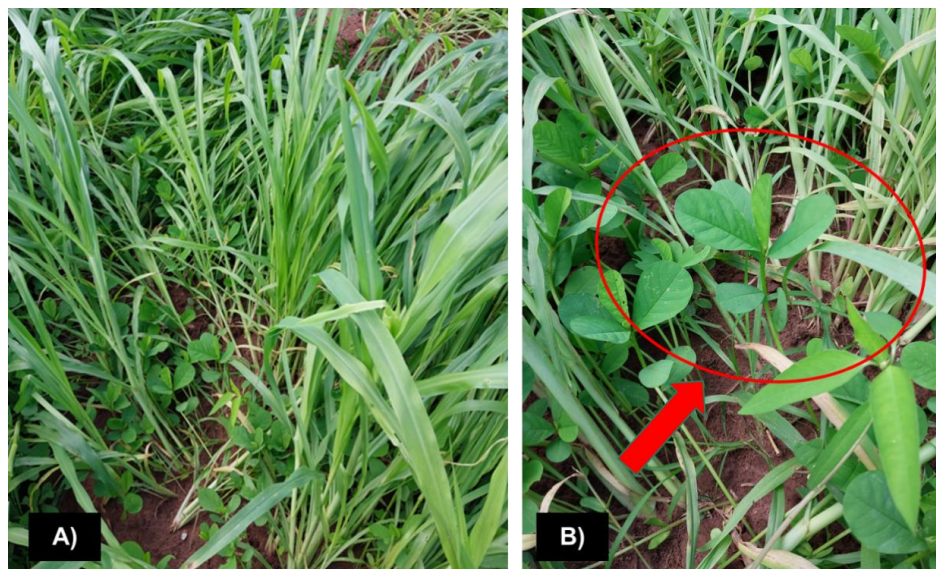
As coberturas vegetais foram conduzidas até o início do florescimento e roçadas no dia 12/05/2023, com um ciclo total de 61 dias. O resultado antes (Figura 13-1) e depois da roçada (Figura 13-2) pode ser visto na imagem a seguir:

Figura 8. Coberturas vegetais 70% feijão guandú anão+30% de milho aos 25 (DAS) (A) e (B) em vermelho é o feijão guandú anão em desenvolvimento.



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Figura 9. Coberturas vegetais 70% *Crotalaria. spectabilis. spectabilis*+30% de milho aos 25 (DAS) (A) e (B) em vermelho é a *C. spectabilis* em desenvolvimento.



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Figura 10. Cobertura vegetal de mucuna preta (A) 25 DAS e (B) estrutura trepadora da planta se enrolando na estaca de madeira.



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Figura 11. Cobertura vegetal de mucuna preta (A) 25 DAS e (B) estrutura trepadora da planta se enrolando na estaca de madeira.



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Figura 12. Cobertura vegetal de *Crotalaria spectabilis* 25 DAS.



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Figura 13. Vista aérea filmada por drone durante o ciclo dos adubos verde e pós a roçagem.



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Figura 14. Roçagem dos adubos verdes



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Esperou-se 10 dias após a roçagem para coletar a matéria seca das coberturas vegetais, com o auxílio de um quadrado metálico de 0,25 m² (Figura 15) de área realizou a amostragem de três pontos ao acaso em cada parcela, em seguida o material coletado e levado para estufa com circulação de ar forçada a 65°C durante 5 dias. Condições para o material perder a umidade.

Figura 15. Quadro metálico



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

4.5 Microrganismos eficientes (EM)

Para captura dos microrganismos, adotou-se a metodologia de Casali (2020), distribuindo arroz sem sal e cozido em bandeja de plástico e em calhas de bambu, coberto com tela fina visando proteger contra o ataque de animais que poderiam se alimentar (Imagem 17A).

Estes itens foram colocados na mata virgem da Universidade, com limpeza de serapilheira ao redor das armadilhas para garantir a captura dos EMs desta biodiversidade. Após sete dias foi o suficiente para detectar as colorações no arroz que variaram entre vermelho, amarelo, laranja e branco (Figura 17B).

Figura 16 Bambú cortado ao meio para alocar arroz cozido sem sal para captura dos microrganismos eficientes (EMs) (A) e EMs colonizados de cor vermelha, amarela, laranja e branca (B).



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

O arroz colorido foi distribuído em cinco garrafas de plástico de 2 L e foi colocado 200 mL de melaço em cada garrafa e completado com água filtrada (sem cloro) que ficou em repouso por 24 horas para garantir a eliminação de qualquer cloro (Figura 18A). As garrafas foram fechadas para fermentação anaeróbia e deixado à sombra por 20 dias. A cada 2 em 2 dias, ou conforme o estufamento das garrafas devido a elevada produção de gases, elas foram abertas e amassando o meio para a expulsão dos gases, bem rapidamente, permitindo que o processo continuasse sem que entrasse oxigênio no interior.

Uma vez que não a necessidade disto, o processo finalizou. Ao final líquido dos EMs resultou em coloração alaranjada com cheiro adocicado (Figura 18B). Segundo Casali (2020), se bem armazenado, este produto pode ser armazenado por um ano. Ainda vale destacar que tem alto rendimento pois para aplicação, ainda deverá ser diluído.

Figura 17. Garrafa PET com melaço inicialmente para ativação dos microrganismos eficientes (EMs) (A) e após 20 dias da ativação do EMs (B) finalizado o processo com coloração mais clara.



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Para fins de constatação de maior contribuição da ciclagem de nutrientes no perfil do solo, é que se propôs a aplicação dos EMs, pois são recomendados para acelerar a decomposição da matéria orgânica das coberturas de solo e supostamente liberando mais rápido sobretudo que posterior, em rotação de cultura, será cultivado a alface crespa em dois ciclos consecutivos após a roçagem dos adubos verdes.

Os EMs foram aplicados duas vezes, uma após a roçagem das coberturas vegetais e a outra após o transplântio das mudas do segundo ciclo da alface. Como a alface tem um ciclo rápido compreendido entre 30 a 45 dias, pode ou não ser que estes EMs acelerem o fluxo de energia da matéria orgânica, podendo desmistificar e disseminar para agricultores da região de que vale a pena o emprego desta tecnologia simples e de baixíssimo custo.

No dia 23/06 realizou a 1ª aplicação dos E.M, foi utilizado para a aplicação uma bomba costal(20L) própria para aplicar produtos biológico, numa proporção

de 20L de água para 100 ml de microrganismo. A aplicação foi realizada no fim da tarde (horário mais fresco do dia), e em sequência foi aberto a irrigação durante 2 horas para a população de microrganismo conseguir ultrapassar a palhada e povoar os primeiros centímetros de solo. A segunda aplicação dos E.M aconteceu antes do transplântio do segundo ciclo da alface, no dia 7/09.

4.5 Manejo da irrigação

O sistema de irrigação utilizado no cultivo da alface foi de aspersão convencional, composto por duas linhas com oito aspersores cada linha, no espaçamento de 12 metros entre aspersores na linha e 12 metros entre as linhas de irrigação, de forma a obter uma boa uniformidade de aplicação com uma lâmina líquida de 7,18 mm h⁻¹ em uma pressão de serviço 2,0 Kgf cm⁻². Para determinação das lâminas de irrigação foi adotada o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) (1942) (Figura 19), com mínimo de 85% de uniformidade, que foi avaliado após a instalação do sistema de irrigação e ajustado por meio do tempo de funcionamento do sistema. O período de irrigação do de 40 minutos na parte da manhã e 40 minutos na parte da tarde.

Figura 18. Teste de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC),
UNESP, Dracena-SP, 2023.



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

4.6 Alface

Para o cultivo da alface crespa Vanda, foi adquirido 5.000 mudas (Figura 20) em uma casa agropecuária situada na cidade de Dracena-SP. As mudas foram transplantadas em espaçamento de 0,3 x 0,3 por planta, no dia 28/06. Foi colhido no dia 11/08 quando a planta visualmente estavam no padrão comercial, para o primeiro ciclo.

Figura 19. Mudas de alface prontas para transplântio



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Figura 20. Transplântio da alface na palhada



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

O segundo ciclo da alface foi de 8/09/2023 até 21/10/2023 seguindo a mesma metodologia da primeira colheita, foi adquirido dessa vez 4.500 mudas, pois no primeiro ciclo sobrou mudas

Figura 21. Diferença da palhada do primeiro ciclo para o segundo.



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

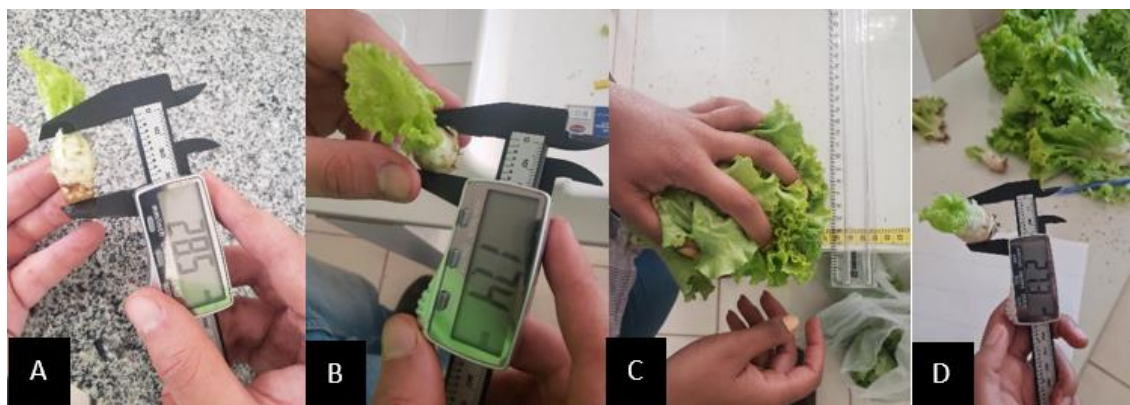
Figura 22. Estádio já de colheita da alface crespa cultivar Vanda



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Quanto a alface foi avaliada; massa fresca e massa seca de parte aérea, número de folhas, altura de planta, comprimento e diâmetro do caule e produtividade. Como pode ser visto na Imagem 24.

Figura 23. Comprimento (A), diâmetro (B), altura de Planta (C), número de folhas (D)



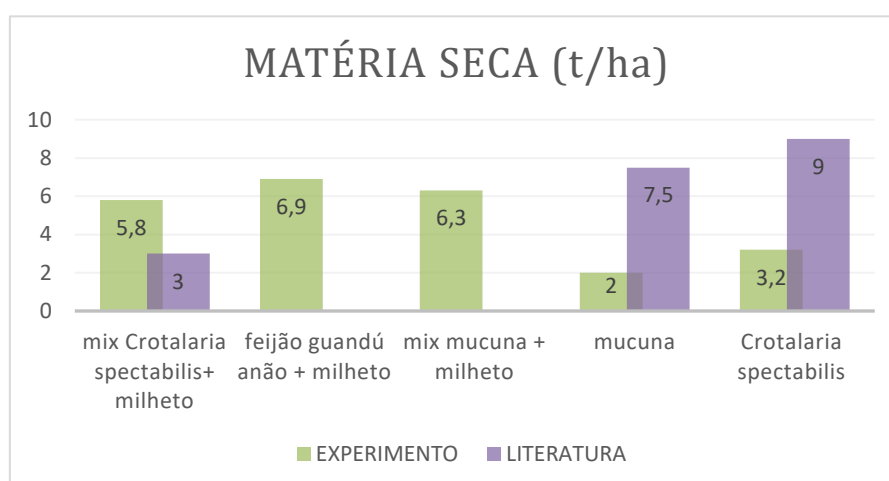
Fonte: dados de pesquisa, 2023.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.2 Adubos verdes

Na Figura 16 é possível comparar a relação da matéria seca do experimento em Dracena com os dados médios encontrados em CHERUBIN (2022)

Figura 24. Comparação entra matéria seca nas condições da cidade de Dracena – SP com a literatura



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Segundo a tabela 4, nota-se diferença significativa com valores superiores e que não diferiram entre si na formação de massa seca das coberturas vegetais

das parcelas em consórcio com milho, que é uma gramínea ou denominada de poácea com as leguminosas (crotalária, feijão guandú anão e mucuna preta). No entanto, as leguminosas crotalária e mucuna preta produziram menos massa seca e que também não diferiram entre si, ocorrendo em média 58% a mais do consórcio de massa em relação ao cultivo em solteiro. Os consórcios produziram mais massa devido a presença do milho que tem desenvolvimento mais rápido, plantas altas em relação às leguminosas do presente trabalho e também vale destacar que devido esse rápido desenvolvimento, foi difícil de verificar a presença das outras espécies nos tratamentos que eram consórcios. Na média dos três consórcios houve a produção de 6,3 t ha⁻¹, valor muito próximo ao encontrado por Marangoni *et. al.* (2017) que foi de 6,2 t ha⁻¹, nas condições de Urutaí-GO, nos meses de janeiro a setembro.

Tabela 4. Massa seca das coberturas vegetais. Dracena – SP, 2023.

Cobertura vegetal	Massa seca cobertura vegetal (t ha ⁻¹)
70% <i>Crotalaria spectabilis</i> +30% milho	5,8 a ¹
70% feijão guandú anão+30% milho	6,9 a
70% mucuna preta+30% milho	6,3 a
<i>Crotalaria spectabilis</i>	2,0 b
Mucuna preta	3,2 b
CV(%) ²	21,2

¹Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

²CV(%): coeficiente de variação.

Fonte: dados de pesquisa, 2023.

5.5 Características de resistência a penetração do solo

O resultado na análise física do solo está apresentado nas tabelas 5 e 6. Na tabela 5, o teste F e os coeficientes de variação e na Tabela 6, os valores médios de resistência a penetração e umidade do solo. A resistência foi significativo para

o tratamentos, nas 2 camadas de solo estudadas e a subparcela somente na primeira camada. Para a umidade foi não significativo.

Tabela 5. Teste F para as coberturas vegetais (CV), microrganismos eficientes (EM) e coeficiente de variação, para Valores médios de resistência a penetração (RP1 e RP2) e umidade gravimétrica (G1 e UG2) . Dracena – SP, 2023.

	RP1	RP2	Ug1	Ug2
Cobertura vegetal	39,171*	89,301*	4,524 ^{NS}	2,159 ^{NS}
EM	11,286*	0,525 ^{NS}	0,104 ^{NS}	5,287 ^{NS}
CV x EM	2,206 ^{NS}	0,490 ^{NS}	0,547 ^{NS}	0,320 ^{NS}
CV1(%)	10,693	14,64	11,155	5,107
CV2(%)	17,154	12,53	16,944	4,694

Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Tabela 6. Valores médios de resistência a penetração (RP1 e RP2) e umidade gravimétrica (G1 e UG2) do solo, nas camadas de (0-0,10m) e (0,10-0,20m), respectivamente. Dracena – SP, 2023.

Tratamentos/atributos do solo	RP1 (MPa)	RP2 (MPa)	Ug1 (%)	Ug2 (%)
70% <i>Crotalaria spectabilis</i> +30% milho	0,062 b	0,003 b	17,790	16,190
70% feijão guandú anão+30% milho	0,186 a	0,004 b	19,405	19,430
70% mucuna preta+30% milho	0,033 b	0,004 b	18,380	18,915
<i>Crotalaria spectabilis</i>	0,041 b	0,003 b	14,365	14,835
Mucuna preta	0,196 a	0,125 a	14,730	14,975
Subparcelas				
EM	0,095 b	0,068	15,183	15,935
Sem EM	0,138 a	0,077	16,568	16,231

Fonte: dados de pesquisa, 2023.

O tratamento com mucuna preta obteve maior resistências em ambas as camadas de solo estudadas e a *Crotalaria. spectabilis* e as combinações milho

+ leguminosas (crotalária, feijão guandu e mucuna preta) foram os de menor valores, entretanto todos os tratamentos obtiveram médias menor que o valor considerado como compactado que são de 2,5 Mpa, segundo Canarache (1990).

Para a instalação do experimento, utilizou-se a enxada rotativa para o encanteiramento que afetou a estrutura do solo. De acordo com a tabela 5 é possível perceber que o sistema radicular da *Crotalaria. spectabilis* solteira ou em mix com o milheto apresentou maior vigor diminuindo a resistência em ambas camadas, esse efeito é atribuído à sua raiz pivotante profunda, capaz de romper as camadas do solo mais profundas

Os resultados das subparcelas, com e sem aplicação de Microorganismos Eficientes (EM), sugerem que a resposta observada na subparcela sem EM pode estar relacionada ao fato de que essa área estava em pousio antes da instalação do experimento, diferente da área com EM, onde estava a cultura da berinjela.

A umidade do solo não influenciou os valores obtidos de resistência a penetração, pois estavam todos próximos a capacidade de campo e não diferiram estatisticamente entre os tratamentos.

5.6 Características de produção da alface

Primeiro ciclo da alface e primeira colheita após cultivo das coberturas vegetais
(transplante dia 28/06/23 e colheita no dia 02/08/23)

Neste primeiro ciclo, como foram acrescentados mais dois tratamentos como da crotalária e mucuna preta em solteiro, as alfaces atingiram o ponto de colheita e por esse motivo foram realizados duas neste primeiro ciclo. Assim, com 35 DAT, houve a primeira colheita em todos as cinco coberturas vegetais, mais o pousio. E desta maneira, abaixo segue a descrição dos resultados. Adiante, haverá a segunda colheita ainda do primeiro ciclo com 44 DAT, pois neste momento que as alfaces dos tratamentos propostos neste projeto atingiram o ponto de colheita, então foi realizada outras análises estatísticas.

Embora tenha ocorrido maior produção de massa seca das coberturas vegetais nos consórcios, promovendo maior cobertura e esperando trazer maior contribuição de matéria orgânica no perfil do solo (Tabela 7), nota-se nas

características de massa seca de planta, número de folhas, altura de parte aérea, comprimento de caule e diâmetro de caule, que houve melhor desempenho em relação aos consórcios, bem como comparado ao pousio. Acredita-se que devido a alface ter um ciclo curto e as leguminosas possuírem menor relação C/N, em torno de 10 a 12/1 (AMBROSANO *et al.*, 2016), supõem ter ocorrido a mineralização mais rápida da matéria orgânica e disponibilizado os nutrientes mais rapidamente.

Outra hipótese seria o efeito antagônico da *C. spectabilis* e mucuna preta, plantas leguminosas que desfavorecem a a população de nematoides segundo os trabalhos realizados por Ritzinger e Ritzinger (2003)(Figura 6

Tabela 7. Massa seca de planta (MSPL), altura de parte aérea (ALTPA), comprimento de caule (CC) e diâmetro de caule (DC) de alface em plantio direto em função de coberturas vegetais. Dracena – SP, 2023.

Cobertura vegetal		MSPL (g)	NF	ALTPA (cm)	CC (cm)	DC (cm)
70% <i>Crotalaria</i>	<i>spectabilis</i> +30%					
milheto		5,8 b	14,5 b	17,3 b	2,0 b	1,4 b
70% feijão	guandú anão+30%					
milheto		6,7 b	14,6 b	17,3 b	2,1 b	1,6 b
70% mucuna preta+30%	milheto	6,3 b	15,0 b	18,0 b	2,2 b	1,6 b
<i>Crotalaria spectabilis</i>		10,8 a	19,6 a	22,6 a	3,7 a	2,3 a
Mucuna preta		9,9 a	18,1 a	21,5 a	3,2 a	2,1 a
Pousio		6,4 b	14,0 b	16,1 b	2,3 b	1,4 b

¹Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Sabe-se que os microrganismos eficientes são muito benéficos para ciclagem de nutrientes decompondo a matéria orgânica (CASALI, 2020). A proposta da aplicação dos EMs eram de acelerar a mineralização do material vegetal implantado em área para produção de alface em sistema de plantio direto, no entanto, segundo a Tabela 8, nota-se que os resultados foram contrários ao esperado neste primeiro ciclo, pois houve melhor desempenho

para as características de massa seca de planta, altura de parte aérea e comprimento de caule nas subparcelas que não foram aplicados os EMs. Ainda deve-se considerar que houve adubação mineral e orgânica apenas na implantação das coberturas vegetais não realizado em nenhum outro momento, nem de plantio nem de cobertura da alface. Portanto, pode ser que já havia microbiota suficiente e uma vez acrescentado, pode ter ocorrido competição, pois a própria biota também necessita de nutrientes para sua multiplicação e desenvolvimento, assim podendo ter ficado menos disponível para a cultura.

Tabela 8. Massa seca de planta (MSPL), altura de parte aérea (ALTPA) e comprimento de caule (CC) de alface em plantio direto em função da aplicação de microrganismos eficientes. Dracena – SP, 2023.

Microrganismos eficientes (EM)	MSPL (g planta ⁻¹)	ALTPA (cm)	CC (cm)
COM	7,0 b ¹	18,3 b	2,4 b
SEM	8,3 a	19,3 a	2,8 a

¹Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Já para as características de massa fresca de parte aérea e produtividade, houve diferença significativa para interação entre os tratamentos (Tabela 10). Tanto com e sem aplicação de EMs, a crotalária e a mucuna preta se destacaram quanto a massa fresca de parte aérea por planta em relação às demais coberturas bem como ao pousio sem haver diferença significativa entre eles. Na comparação em cada cobertura vegetal considerando aplicar ou não os EMs, apenas no consórcio de crotalária + milho e crotalária em solteiro, sobressaiu quando não houve a aplicação dos EMs. Já nas demais coberturas e no pousio, não houve diferença entre aplicar ou não essa biota para acelerar a decomposição da matéria orgânica e beneficiar a cultura.

A produtividade da alface foi maior nas coberturas de crotalária (18,3 t ha⁻¹) e mucuna preta (19,4 t ha⁻¹) em solteiro quando foi aplicado os EMs, também superior na crotalária sem aplicação de EMs (29,3 t ha⁻¹), com valores intermediários para as demais coberturas e menor produtividade no pousio sem

EMs (10,8 t ha⁻¹). Ainda para produtividade da alface ‘Vanda’ comparando aplicar ou não os EMs, nas subparcelas que não se aplicaram, houve diferença significativa apenas na crotalária + milho (12,1 t ha⁻¹) e na crotalária em solteiro (29,3 t ha⁻¹).

Tabela 9. Massa fresca de planta (MFPL) e produtividade de alface em plantio direto em função do cultivo sob plantio direto com diferentes coberturas vegetais e da aplicação de microrganismos eficientes. Dracena – SP, 2023.

Coberturas vegetais	Massa fresca de parte aérea (g planta ⁻¹)	
	Microrganismos eficientes (EM)	
	COM	SEM
70% <i>Crotalaria spectabilis</i> +30% milho	65,9 Bb ¹	107,4 Ab
70% feijão guandú anão+30% milho	95,5 Ab	98,5 Ab
70% mucuna preta+30% milho	81,2 Ab	107,8 Ab
<i>Crotalaria spectabilis</i>	163,9 Ba	262,9 Aa
Mucuna preta	173,3 Aa	174,2 Aa
Pousio	66,8 Ab	96,6 Ab
Coberturas vegetais	Produtividade (t ha ⁻¹)	
	COM	
	SEM	
70% <i>Crotalaria spectabilis</i> +30% milho	7,5 Bb	12,1 Ac
70% feijão guandú anão+30% milho	10,7 Ab	11,1 Ac
70% mucuna preta+30% milho	9,1 Ab	12,1 Ac
<i>Crotalaria spectabilis</i>	18,3 Ba	29,3 Aa
Mucuna preta	19,4 Aa	19,5 Ab
Pousio	7,6 Ab	10,8 Ac

¹Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Segunda colheita do primeiro ciclo da alface após cultivo das coberturas vegetais (transplante dia 28/06/23 e colheita no dia 11/08/23)

Segundo os dados obtidos da avaliação de produção da alface (Tabela 10), observa-se diferença significativa para todas as características tais como massa fresca de planta, massa seca de planta, altura da parte aérea e produtividade nas subparcelas onde não se aplicou os microrganismos eficientes. Segundo Matos (2016) os organismos do solo tem a capacidade de ter interações negativas com as plantas, como por exemplo a competição, isso pode ocorrer devido a alta relação C/N (70/1 a 80/1), fazendo com que os microrganismos consumam o carbono e nitrogênio disponível da palhada e consequentemente ocasionando um déficit desses nutrientes para a alface, visto que, o nitrogênio é o principal nutriente para as característica analisadas, corroborando com os valores mais elevados para o tratamento que não foi aplicado microrganismos eficientes (EM). Assim como Santos (2022), em seu trabalho também com aplicação de microrganismos em alface, concluiu que a interação de EM interferiu negativamente no desenvolvimento da alface, observado na presente pesquisa 26% de produtividade quando não aplicou-se os EMs.

Tabela 10. Massa fresca de planta (MFPL), massa seca de planta (MSPL), altura de parte aérea (ALTPA) e produtividade de alface (PD) em função de aplicar ou não microrganismos eficientes via solo. Dracena-SP, 2023.

Microrganismo Eficiente (EM)	MFPL (g)	MSPL (g)	ALTPA (cm)	PD (t ha ⁻¹)
COM	154 b ¹	10,4 b	18,5 b	17,1 b
SEM	207 a	12,5 a	20,3 a	23,0 a

¹Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Já para as características de número de folha (21,8), comprimento (3,6 cm) e diâmetro de caule (2,2 cm), não houve diferença significativa observado

essas médias. Ao avaliar o efeito da utilização de EM por curto período de tempo, SABKA (2021) também não observou diferença para número de folhas em condições de primavera e inverno na cidade de Santa Cruz do Sul-RS.

Segundo ciclo da alface após cultivo do primeiro ciclo da alface cultivada após as coberturas vegetais (transplante dia 08/09/2023 e colheita dia 21/10/2023)

Após o segundo cultivo da alface, que vale destacar onde não houve nenhuma adubação adicional durante o manejo, mas apenas antes da implantação das coberturas vegetais, houve diferença significativa para todas as características avaliadas da alface quando não se aplicou os EMs, sendo superior para massa fresca (116,9 g), massa seca (10,7 g), número de folhas por planta (23,9), altura de parte aérea (15,8 cm), comprimento (5,8 cm) e diâmetro de caule (1,8 cm) e produtividade de alface (13,0 t ha⁻¹) (Tabela 12).

Quando comparado a produtividade da primeira colheita da alface sem aplicação de EM com a segunda colheita sem aplicação também, nota-se uma diminuição por volta de 57%, essa queda de produtividade está diretamente ligada às condições ambientais desfavoráveis para cultivo da alface, como pode ser visto na Figura 1. Para Rodrigues, (2019), a produção da alface crespa é favorecida quando a faixa de temperatura oscila entre 15°C e 25°C. Na maior parte do segundo ciclo da alface, a temperatura ficou acima da recomendada e com baixa umidade do ar, condições essas que podem ter implicado nos resultados maiores para comprimento e diâmetro de caule (Tabela 7), características indesejáveis, pois a alface foi induzida ao florescimento (ou pendoamento) precoce, estimulando a produção de látex, fator que prejudica o padrão de comercialização da alface, tornando-a amarga.

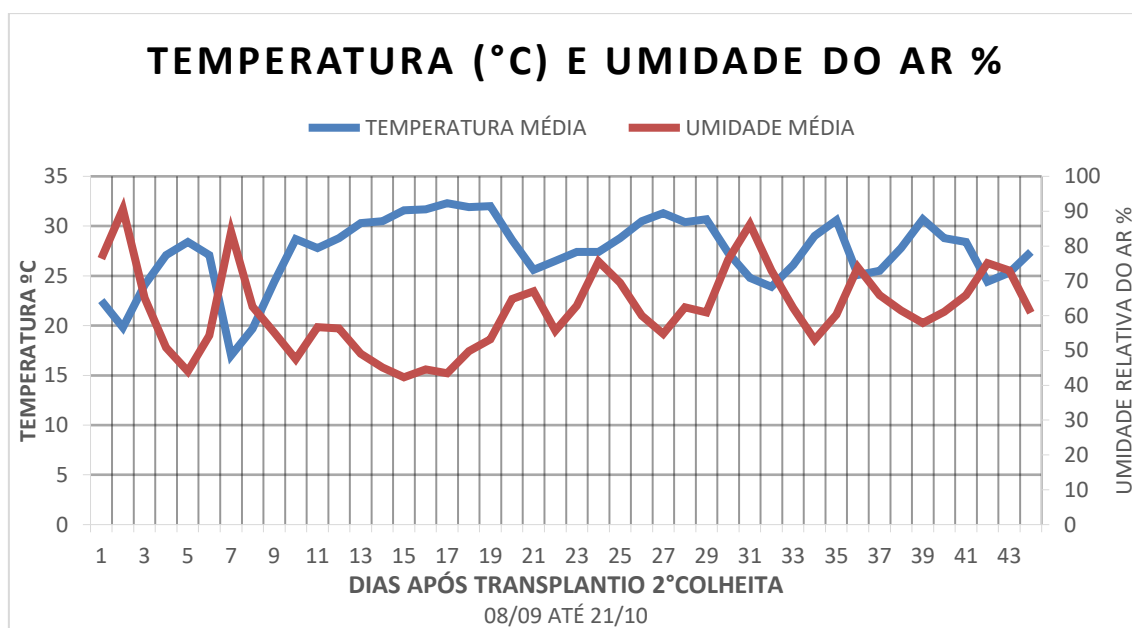
Tabela 11. Massa fresca de planta (MFPL), massa seca de planta (MSPL), número de folhas por planta (NF), altura de parte aérea (ALTPA), comprimento de caule (CPCaule), diâmetro de caule (DCaule) e produtividade de alface (PD) em função de aplicar ou não microrganismos eficientes via solo. Dracena-SP, 2023.

EM	MFPL (g)	MSPL (g)	NF	ALTPA (cm)	CPCaule (cm)	DCaule (cm)	PD (t ha ⁻¹)
COM	78,5 b ¹	6,7 b	18,8 b	13,6 b	4,5 b	1,4 b	8,7 b
SEM	116,9 a	10,7 a	23,9 a	15,8 a	5,8 a	1,8 a	13,0 a

¹Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: dados de pesquisa, 2023.

Figura 25. Dados climáticos de temperatura e umidade relativa no segundo ciclo do cultivo da alface sob diferentes coberturas vegetais e aplicação ou não com microrganismos eficientes. Dracena-SP, 2023.



Fonte: dados de pesquisa, 2023.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que o cultivo da alface crespa cultivar Vanda houve melhor desempenho e rendimento quando não se aplicou microrganismos eficientes tanto no primeiro como no segundo ciclo de cultivo após as coberturas vegetais.

Mucuna preta e *Crotalaria spectabilis* apresentaram melhores resultados para produtividade da alface, devido seu efeito antagônico com os nematoides e as características de sua biomassa

Nota-se também menor produção no segundo ciclo de cultivo da alface devido a ausência de adubação e as intempéries que afetaram o seu desenvolvimento e rendimento.

7 REFERÊNCIA

ABRANCHES, M. de O.; SILVA, G. A. M. da; SANTOS, L. C. dos; PEREIRA, L. F.; FREITAS, G. B. de. Contribution of green fertilization to the chemical, physical and biological characteristics of the soil and its influence on the nutrition of vegetables. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. e7410716351, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16351. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16351>. Acesso em: 23 novembro 2023.

AMBROSANO, E. J., WUTKE, E. B., SALGADO, G. C., ROSSI, F., DIAS, F. L. F., TAVARES, S., OTSUK, I. P. Caracterização de cultivares de *Mucuna* preta quanto a produtividade de fitomassa, extração de nutrientes e seus efeitos nos atributos do solo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, 2016.

ANDRADE, A. P.; MAFRA, A. L.; PICOLLA, C. D.; ALBUQUERQUE, J. A.; BERTOL, I. Atributos químicos de um Cambissolo Húmico após 12 anos sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 5, mai. 2012.

ANDRADE, F. M. C. **Caderno dos microrganismos eficientes (E.M.):** instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. Viçosa: UFV, IPPDS, 2020.

ANDRADE, F. M. C. **Cadernos dos microrganismos eficientes (EM):** instruções práticas sobre o uso ecológico e social do EM. 2. ed. Viçosa: [s.n.], 2011. 32 p.

Bietila, E., Silva, E. M., Pfeiffer, A. C., & Colquhoun, J. B. (2017). Fall-sown cover crops as mulches for weed suppression in organic small-scale diversified vegetable production. **Renewable Agriculture and Food Systems**, 32(4), 349-357.

CALEGARI, A. **Plantas de cobertura. Sistema plantio direto com qualidade. Londrina: Iapar/Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional**, p. 55-73, 2006.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. Microbiologia do solo. Piracicaba: ESALQ. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/portais-de-pesquisa/livros-abertos-da-esalq>. Acesso em: 24 ago. 2023.

CARVALHO, E.; de FREITAS, P. L. **Plantio direto: caminho para a agricultura sustentável**, 2018.

CASALI, V. W. D. **Caderno dos Microrganismos Eficientes (EM)**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2020. 31 p.

CANARACHE, A. PENETR - a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.16, n.1, p.51-70, 1990.

CHERUBIN, M, R. **Guia prático de plantas de cobertura: aspectos filotécnicos e impactos sobre a saúde do solo. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.11606/9786589722151>. Disponível em: <www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/782>. Acesso em: 23 outubro. 2023.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling. Berkeley: University of California**, 1942. 124 p.

COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. **Ghent: State Agriculture Research Center**, 1972. 77 p.

DADOS CLIMÁTICOS – ILHA SOLTEIRA/SP. **Canal CLIMA da UNESP Ilha Solteira - Área de Hidráulica e Irrigação**. Disponível em: http://clima.feis.unesp.br/recebe_formulario.php. Acesso em: 20 nov. 2023.

SOUZA D,A, SOUZA, L; Duarte, L. Contribuição da adubação verde para os atributos físicos do solo. **Adubação verde**, p. 357, 2023

DELGADO-BAQUERIZO, M. et. Microbial diversity drives multifunctionality in terrestrial ecosystems. **Nature Communications**, v. 7, 10541, 2016.

FAYAD, J. A.; COMIN, J. J.; BERTOL, I. (coord.). Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH): Cultivo da moranga híbrida Tetsukabuto. Florianópolis: Epagri, 2015. 54 p. (Epagri. **Boletim Didático**, 114).

FIGUEIRA, F. A. R. Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. **Viçosa: UFV**, 2012. 412 p.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J. de; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K. de; MORAES, S. R. G. de; TEIXEIRA, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 146-150, jun. 2006.

GOMES, E. A. et. Microrganismos promotores do crescimento de plantas. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2016. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1063799>. Acesso em: 30 nov. 2023.

HENZ, Gilmar Paulo; SUINAGA, F. A. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. 2009.

IBGE, 2007 <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/alface/br>

IEA. Técnicas Agropecuárias. Instituto Educacional Aprovação. Santa Cruz do Sul: IEA, 2005.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, p. 629, 1964.

LIANG, S.; GROSSMAN, J.; SHI, W. Soil microbial responses to winter legume cover crop management during organic transition. **European Journal of Soil Biology**, v. 65, p. 15-22, 2014.

LUCHESSE, E. B. et al. Fase sólida do solo. In: _____. **Fundamentos da química do solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002. cap. 2, p. 19-45.

LUZ, A. O. et al. Resistência ao pendoamento de genótipos de alface em ambientes de cultivo. **Agrarian**, v. 2, n. 6, p. 71-82, 2009.

MAFRA, A. L. et al. Iniciando o sistema de plantio direto de hortaliças: Adequações do solo e práticas de cultivo. **Fayad, J. A.; Arl, V.; Comim, J. J.; Mafra, A. L.**, p. 215-226, 2019.

MARANGONI, R. E., DA SILVA ARAÚJO, L., DE SOUZA VALENTE, M., SILVA, L. G. B., DA SILVEIRA, P. M., DA CUNHA, P. C. R. Produção de fitomassa seca de guandu-anão e milheto e a decomposição das palhadas sob cultivo do feijoeiro. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 11, n. 2, p. 119-127, 2017.

OLIVEIRA, F. L.; RIBEIRO, R. L. D.; SILVA, V. V.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Desempenho do inhame (taro) em plantio direto e no consórcio com crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 638-641, 2004.

PASCUTTI, M. C. D.; SILVESTRE, R. da S. F.; ORTIZ, T. A. The role of microorganisms in sustainable agriculture: a review. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**, [S. l.], v. 17, n. 52, p. e1253, 2024. DOI: 10.55905/rdelosv17.n52-001. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/1253>. Acesso em: 29 outubro. 2023.

PERIN A; SANTOS RHS; URQUIAGA S; GUERRA JGM; CECON PR. 2004. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 39: 35-40

PUGAS, A. S.; GOMES, S. S.; DUARTE, A. P. R.; ROCHA, F. C. R.; SANTOS, T. E. M. S. Efeito dos microrganismos eficientes na taxa de germinação e no crescimento da Abobrinha (*Curcubita pepo* L.). **Cadernos de Agroecologia**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 1-5, nov. 2013. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/13787>. Acesso em: 14 dez. 2023.

PRIMAVESI, A. Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio. São Paulo: **Expressão Popular**, 2016.

RIBEIRO, A. M. **Poluição do solo agrícola e fontes hídricas pelo uso incorreto de agrotóxicos e fertilizantes**. Paranavaí, 2016. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernos/pde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_pdp_cien_unesparparanavai_armeniomarquesribeiro.pdf. Acesso em: 31 out. 2023.

RITZINGER, Cecília Helena S. P. e RITZINGER Rogério, Cultivar hortaliças e frutas, In **Revista edição número 19** Embrapa Mandioca e Fruticultura de abril/maio de 2003.

RODRIGUES, P. **Novas cultivares de alface crespa suportam até dez dias mais o calor**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/45214606/novas-cultivares-de-alface-crespa-suportam-ate-dez-dias-mais-o-calor#:~:text=seu%20pleno%20desenvolvimento.->. Acesso em: 31 out. 2023.

SAKATA SEED SUDAMERICA - HORTALIÇAS | VANDA. Disponível em: <https://www.sakata.com.br/hortalicas/folhosas/alface/crespa/vanda>. Acesso em: 20 nov. 2023.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. PiraRoxa: cultivar de alface crespa de cor vermelha intensa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p. 158-159, 2005.

SANTOS, P. C. O.; SOUZA, F. R. C.; OLIVEIRA, D. K.; FLORENTINO, L. A.; BIANCHINI, H. C. Utilização de microrganismos eficazes no processo de compostagem no cultivo de alface. **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil**, p. 190-197, 2022.

SILVA, E. C.; AMBROSANO, E. J.; SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; CARVALHO, A. M. **Adubação verde como fonte de nutrientes as culturas**. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed 2.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. Brasília, DF: **Embrapa**, 2021. v. 1. p. 309-350.

SOUZA, J. L. de; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2006. 842 p.

WENNECK, G. S.; TELES, M. S.; SAATH, R.; FRANÇOSO, R. V.; SILVA, F. C.
Avaliação das propriedades físicas em diferentes sistemas de cultivo no
município de Glicério-SP. **Anais X EPCC**, 2017