

2024

Influência do manejo da palhada de capim-braquiaria (*Urochloa decumbens* stapf.) em fatores bióticos e abióticos no cultivo orgânico de alface (*Lactuca sativa* L.)

Bernardes, Victor Angelo Primo

Universidade Estadual do Norte do Paraná

BERNADES, Victor Angelo Primo. Influência do manejo da palhada de capim-braquiaria (*Urochloa decumbens* stapf.) em fatores bióticos e abióticos no cultivo orgânico de alface (*Lactuca sativa* L.). Orientador: Rodrigo de Souza Poletto. 2024. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Campus Luiz Meneghel, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2024.

<https://repositorio.uenp.edu.br/handle/123456789/316>

Baixado de Repositório Institucional UENP



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ

CAMPUS LUIZ MENEGHEL

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

VICTOR ANGELO PRIMO BERNARDES

INFLUÊNCIA DO MANEJO DA PALHADA DE CAPIM-BRAQUIARIA (*Urochloa decumbens* Stapf.) EM FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS NO CULTIVO ORGÂNICO DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.)

**BANDEIRANTES, PR, BRASIL
2024**

VICTOR ANGELO PRIMO BERNARDES

INFLUÊNCIA DO MANEJO DA PALHADA DE CAPIM-BRAQUIARIA (*Urochloa decumbens* Stapf.) EM FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS NO CULTIVO ORGÂNICO DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.)

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Orientador(a): Prof. Dr. Rodrigo de Souza Poletto

BANDEIRANTES, PR, BRASIL
2024

Ficha catalográfica elaborada na Biblioteca do *Campus* Luiz Meneghel de Bandeirantes, vinculada ao Sistema de Bibliotecas Universitárias da Universidade Estadual do Norte do Paraná (SBU-UENP)

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

B522i Bernardes, Victor Angelo Primo.
Influência do manejo da palhada de capim-braquiaria (*Urochloa decumbens* Stapf.) em fatores bióticos e abióticos no cultivo orgânico de alface (*Lactuca sativa* L.) / Victor Angelo Primo Bernardes. – 2024.
43 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Souza Poletto.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agronomia, 2024.
Inclui bibliografia.

1. Cultivo de alface - Dissertação. 2. Manejo do solo - Dissertação. 3. Mulching - Dissertação. 4. Biomassa microbiana do solo - Dissertação. 5. Controle de plantas daninhas. I. Poletto, Rodrigo de Souza. II. Universidade Estadual do Norte do Paraná. Campus Luiz Meneghel. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-graduação em Agronomia. III. Título.

Bibliotecário Elísio Custódio Brentan Junior (CRB-9/1955)

VICTOR ANGELO PRIMO BERNARDES

INFLUÊNCIA DO MANEJO DA PALHADA DE CAPIM-BRAQUIARIA (*Urochloa decumbens* Stapf.) EM FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS NO CULTIVO ORGÂNICO DE ALFACE (*Lactuca sativa* L)

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Aprovada em:

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Teruhiko Hata	UEM
Prof. Dr. Rogério Barbosa Macedo	UENP
Prof. Dr. Danilo Miralha Franco	ESAPP
Prof. Dr. Diego Contiero da Silva	UENP

Prof. Dr. Rodrigo de Souza Poletto
Orientador
Universidade Estadual do Norte do Paraná,
Campus Luiz Mengehel

DEDICATÓRIA

A Deus e minha família por todo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família: Primo, Cantieri e Cotrim;

Ao meu orientador Rodrigo Poletto;

Aos meus grandes amigos de vida e professores de graduação, juntamente com suas famílias: Zanatta, Seawright, Orlandini, Reis e Ferreira;

Ao meu amigo Fernando Henrique dos Santos;

Ao Núcleo de Estudos de Agroecologia e Territórios – NEAT e todos os seus colaboradores que me ensinaram e ajudaram;

Ao Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação e Máquinas Agrícolas – NITEC por todo suporte e por todos os amigos que por lá fiz;

Ao Laboratório de Microbiologia do Solo – LabMicroS;

Ao Laboratório interdisciplinar de Pesquisa e Ensino de Botânica e Educação Ambiental - LIPEBEA

Ao programa de mestrado em agronomia da UENP e seus professores por todos os ensinamentos;

A Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

A persistência é o caminho do êxito –
Charles Chaplin

BERNARDES, Victor Angelo Primo. **INFLUÊNCIA DO MANEJO DA PALHADA DE CAPIM-BRAQUIARIA (*Urochloa decumbens* Stapf.) EM FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS NO CULTIVO ORGÂNICO DE ALFACE (*Lactuca sativa* L).** 2024, 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2024.

RESUMO

A alface (*Lactuca sativa* L) é uma hortaliça muito cultivado no Brasil, principalmente em suas variedades de folhas crespas. No entanto, enfrenta desafios causados por condições adversas, como temperatura, umidade e chuva. Este estudo teve como objetivo avaliar o impacto das práticas de manejo do solo na produção de alface em duas safras consecutivas. A técnica explorada foi a utilização da incorporação e mulching de Braquiaria. A aplicação do mulching e incorporação vegetal, utilizando palha proveniente da Braquiaria, trouxe benefícios significativos para o cultivo da alface. Além de controlar o crescimento indesejado das ervas daninhas, essa cobertura também proporcionou condições ideais para o crescimento saudável das plantas em relação à temperatura e umidade. O estudo enfatizou a importância da qualidade do solo, que foi avaliada por meio de indicadores químicos e biológicos. Foram testados quatro diferentes métodos de manejo do solo: testemunha; solo coberto com mulching feito com Braquiaria; solo incorporado com palha de Braquiaria; e solo com mulching mais incorporação de Braquiaria. Os resultados mostraram diferenças na produção da alface, evidenciando o impacto positivo da incorporação da Braquiaria no peso seco tanto das partes aéreas quanto das raízes. Na segunda safra, os canteiros que foram manejados com a incorporação de Braquiaria tiveram uma produção maior de alface, enquanto os canteiros sem uso de Braquiaria mostraram uma redução na produção. A temperatura do solo foi monitorada e ficou evidente que os canteiros com cobertura mantiveram temperaturas mais estáveis, mostrando que essa prática é eficaz na regulação térmica do solo. Além disso, a presença do mulching teve um impacto positivo na comunidade microbiana do solo, como indicado pelo aumento do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (CBMS), essencial para a disponibilidade de nutrientes e a saúde do solo. Quanto aos parâmetros químicos e presença de plantas daninhas, os resultados mostraram aumento dos níveis de potássio ao final das duas safras e também redução na densidade populacional de daninhas. Sendo assim, o uso de Braquiaria como cobertura e incorporação no solo resultou em melhoras significativas no cultivo de alface crespa roxa.

Palavras-chave: Mulching. Regulação térmica. Biomassa microbiana. Manejo do solo. *Urochloa*.

BERNARDES, Victor Angelo Primo. **INFLUENCE OF BRAQUIARIA GRASS (*Urochloa decumbens* Stapf.) MULCHING MANAGEMENT ON BIOTIC AND ABIOTIC FACTORS IN ORGANIC LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) CULTIVATION.** 2024, 43 s. Master's Thesis in Agronomy - State University of Northern Paraná, Luiz Meneghel Campus, Bandeirantes, 2024.

ABSTRACT

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is a widely cultivated vegetable in Brazil, especially in its curly leaf varieties. However, it faces challenges caused by adverse conditions such as temperature, humidity, and rainfall. This study aimed to evaluate the impact of soil management practices on lettuce production over two consecutive growing seasons. The technique explored was the use of incorporation and mulching with Braquiaria. The application of mulching and plant incorporation using straw from Braquiaria brought significant benefits to lettuce cultivation. Besides controlling the growth of unwanted weeds, this cover also provided ideal conditions for healthy plant growth concerning temperature and humidity. The study emphasized the importance of soil quality, which was assessed through chemical and biological indicators. Four different soil management methods were tested: control; soil covered with Braquiaria mulching; soil incorporated with Braquiaria straw; and soil with both Braquiaria mulching and incorporation. The results showed differences in lettuce production, highlighting the positive impact of Braquiaria incorporation on the dry weight of both aerial parts and roots. In the second growing season, the plots managed with Braquiaria incorporation had higher lettuce yields, while the plots without Braquiaria showed a reduction in production. Soil temperature was monitored, and it was evident that plots with cover maintained more stable temperatures, demonstrating that this practice is effective in thermal regulation of the soil. Moreover, the presence of mulching had a positive impact on the soil microbial community, as indicated by the increase in Soil Microbial Biomass Carbon (SMBC), essential for nutrient availability and soil health. Regarding chemical parameters and the presence of weeds, the results showed an increase in potassium levels at the end of the two growing seasons and a reduction in weed population density. Therefore, the use of Braquiaria as cover and incorporation in the soil resulted in significant improvements in the cultivation of curly purple lettuce.

Key-words: Mulching. Thermal regulation. Microbial biomass. Soil management. *Urochloa*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3. 1. Preparo do Solo.....	25
Figura 3. 2. A: Cultivos de Alface Primeiro Safra e; B: Segunda Safra.	25
Figura 3. 3. A: Preparo da Cobertura; B: Irrigação e; C: Compra de Mudas de Alface Crespa Roxa.....	26
Figura 3. 4. Aferição de temperatura do solo.	26
Figura 3.5. Dados da massa seca da parte aérea, tratamento 1 = solo coberto com "mulching" de palha de Braquiaria (espessura 10 cm), tratamento 2 = solo incorporado com palha de Braquiaria na dose de 3% (V/V), tratamento 3 = solo incorporado com palha de Braquiaria na dose de 3% (V/V) mais cobertura com "mulching" de palha de Braquiaria (espessura 10 cm) e tratamento 4 = testemunha. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo ANOVA e Teste Tukey (com $p<0.05$), médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste-t (com $p<0.05$).	29
Figura 3.6. Dados da massa seca da raiz, tratamento 1 = solo coberto com "mulching" de palha de Braquiaria (espessura 10 cm), tratamento 2 = solo incorporado com palha de Braquiaria na dose de 3% (V/V), tratamento 3 = solo incorporado com palha de Braquiaria na dose de 3% (V/V) mais cobertura com "mulching" de palha de Braquiaria (espessura 10 cm) e tratamento 4 = testemunha. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo ANOVA e Teste Tukey (com $p<0.05$), médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste-t (com $p<0.05$).	30
Figura 3.7. Dados da temperatura do solo no período da manhã (A e B) e tarde (C e D), tratamento 1 = solo coberto com "mulching" de palha de Braquiaria (espessura 10 cm), tratamento 2 = solo incorporado com palha de Braquiaria na dose de 3% (V/V), tratamento 3 = solo incorporado com palha de Braquiaria na dose de 3% (V/V) mais cobertura com "mulching" de palha de Braquiaria (espessura 10 cm) e tratamento 4 = testemunha. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo ANOVA e Teste Tukey (com $p<0.05$). ...	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1. Análise de Potássio após a 1 ^a . safra e após 2 ^a safra.	33
Tabela 3.2. Teor do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (CBMS) no início do experimento, após a 1 ^a . safra e após 2 ^a . safra.	35
Tabela 3.3. Densidade populacional de plantas daninhas após a 1 ^a . safra e após 2 ^a safra.	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1. AGRICULTURA ORGÂNICA	12
2.1.1. Agricultura Orgânica no Brasil.....	12
2.2. FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS DA CULTURA DA ALFACE.....	13
2.2.1. Cultura da Alface	13
2.2.2. Importância da Água no Cultivo de Alface	14
2.2.3. Temperatura do Solo	15
2.2.4. Influência das Plantas Daninhas.....	16
2.2.5. Cobertura do Solo	17
2.2.6. Microrganismos do Solo	18
2.3. COBERTURA VEGETAL	19
2.3.1. Capim Braquiaria	19
3. ARTIGO A: AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO MANEJO DO SOLO COM UROCHLOA DECUMBENS NA PRODUÇÃO ORGÂNICA DE ALFACE CRESPA ROXA EM DUAS SAFRAS CONSECUTIVAS.....	21
3.1. INTRODUÇÃO.....	22
3.2. MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.2.1. -Local:.....	23
3.2.2. Delineamento:.....	24
3.2.3. Preparo da área:.....	24
3.2.4. Coleta e processamento da Braquiaria:	25
3.2.5. Sistema de irrigação:.....	25
3.2.6. Aferição de temperatura do solo:	26
3.2.7. Análises do solo e carbono da biomassa microbiana:	26
3.2.8. Avaliação de Plantas Daninhas:.....	27
3.2.9. Condução do experimento:.....	27
3.2.10. Análises estatísticas:	28
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
3.4. CONCLUSÕES GERAIS	37

REFERÊNCIAS	37
--------------------------	-----------

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.), uma planta anual da família Asteraceae e originária de climas temperados, é amplamente consumida tanto no Brasil quanto no mundo todo (Henz; Suinaga, 2009). Anteriormente limitada a regiões de clima temperado no país, o cultivo da alface expandiu-se para áreas urbanas como Curitiba, Belo Horizonte, São Paulo e Brasília graças ao desenvolvimento de variedades mais resistentes ao calor (Filgueira, 2008).

Apesar de ser uma planta adaptável, a alface necessita de temperaturas entre 20 e 25°C para um crescimento ideal e enfrenta desafios decorrentes das variações climáticas. Maldonade et al. (2014) e Aquino et al. (2014) enfatizam a importância de cultivares adaptadas às diferentes condições climáticas. O cultivo da alface também enfrenta dificuldades relacionadas ao combate a plantas daninhas que competem por recursos essenciais, resultando em queda na produtividade, especialmente nas fases iniciais (Camargo; Martinez, 2020).

Para superar esses desafios mencionados acima, pesquisas têm explorado estratégias como irrigação em condições climáticas instáveis (Hasegawa et al., 2023) e técnicas para redução da temperatura do ar e do solo além do manejo adequado da competição entre cultura e daninhas (Seabra Junior et al., 2012). Na agricultura convencional é comum subestimar a importância da radiação solar o que pode levar à diminuição da matéria orgânica essencial para as atividades microbianas. Estratégias como a utilização de palhadas e restos de culturas no método de plantio direto, combinadas com a rotação de culturas, desempenham um papel crucial na eficiência do sistema agrícola e na preservação da saúde do solo (Gasparim et al., 2005).

Sendo assim o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da matéria vegetal de *Urochloa decumbens* (sinonímia - Braquiaria. decumbens) na supressão de plantas daninhas, alteração da temperatura do solo, no carbono da biomassa bacteriana e desenvolvimento da cultura da alface.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. AGRICULTURA ORGÂNICA

2.1.1. Agricultura Orgânica no Brasil

A região Sul do Brasil se destaca por ter um grande número de propriedades rurais de pequeno porte, cujo desenvolvimento agrícola é influenciado pelas políticas municipais e estaduais. Nos últimos anos, a agricultura orgânica tem ganhado cada vez mais destaque, contando com o apoio da extensão rural, envolvimento de centros de pesquisa e uma forte presença nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul. Essa abordagem baseada em sistemas como Agroecologia, Permacultura, Agricultura Biodinâmica e Agricultura Sintrópica tem demonstrado um potencial significativo para impulsionar a produção sustentável e energeticamente eficiente de alimentos (Vilela et al., 2019).

O início da agricultura orgânica no Brasil remonta ao final da década de 1970 e ganhou impulso considerável com a criação do Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural (IBD) em 1990. Atualmente, essa prática oferece uma ampla variedade de produtos para consumo direto, especialmente laticínios, conservas e produtos frescos. Estados como São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Paraná e Rio Grande do Sul concentram a produção desses alimentos orgânicos que são comercializados em feiras e lojas especializadas, havendo um aumento constante na demanda (Santos et al., 2013).

A crescente busca por alimentos livres de substâncias químicas ressalta a necessidade de explorar alternativas da agricultura convencional. A comunidade científica está concentrando seus esforços no desenvolvimento de técnicas e produtos inovadores que se baseiam em fungos, bactérias, algas e outras plantas. Outro problema é o controle de plantas daninhas que está se tornando cada vez mais importante, à medida que surge resistência aos herbicidas convencionais. Uma alternativa interessante ao herbicida tradicional é o estudo das substâncias alelopáticas, que apresentam benefícios notáveis como custo reduzido e menor impacto ambiental (Oliveira et al., 2015; Souza Filho, 2015). Além disso, fatores climáticos como altas temperaturas, longos períodos de luz solar e alta intensidade luminosa também são considerados na produção de alimentos, especialmente na cultura da alface (Monteiro Neto et

al., 2014).

No entanto, a expansão dos monocultivos na região Sul traz consigo desafios ambientais significativos. A perda de biodiversidade, a contaminação dos recursos hídricos pelo uso constante de agroquímicos e a deterioração do solo são preocupações crescentes. A utilização em larga escala de agrotóxicos não apenas afeta a saúde dos trabalhadores, mas também contribui para o empobrecimento do solo e o desequilíbrio ambiental. Isso cria um ambiente favorável ao surgimento de pragas e doenças que causam danos graves às plantações (Lopes et al., 2014).

Nesse contexto desafiador, a busca por métodos sustentáveis, como a agricultura orgânica, tem como objetivo não apenas atender à demanda por alimentos saudáveis, mas também respeitar a diversidade da natureza, preservar os recursos naturais e promover um equilíbrio ambiental duradouro. É fundamental enfrentarmos esses desafios e adotarmos práticas agrícolas mais conscientes para moldar o futuro da agricultura na região Sul do Brasil (Vilela et al., 2019).

2.2. FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS DA CULTURA DA ALFACE

2.2.1. Cultura da Alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça folhosa amplamente cultivada em diversos países e agroecossistemas, devido à sua importância econômica e alimentar. Originária de climas temperados, essa planta anual pertencente à família Asteraceae é conhecida não apenas por sua delicadeza, mas também por suas características nutricionais significativas que a tornam altamente apreciada pelos consumidores (Barros; Cavalcante, 2021).

No Brasil, a diversidade de alfaces comercializadas é classificada em seis grupos diferentes, evidenciando a versatilidade dessa hortaliça. A preferência nacional é pela alface crespa da variedade Verônica, que representa cerca de 70% do mercado devido à sua praticidade no manuseio e transporte. Essa variedade não forma cabeça e possui folhas crespas. Além disso, seu ciclo curto de produção, variando entre 45 e 60 dias, permite o cultivo durante todo o ano e um retorno rápido do investimento (Filgueira, 2008; Maldonade

et al., 2014).

A produção de hortaliças surge como uma opção econômica atrativa para pequenos produtores na região Sudoeste do Paraná. Especificamente, o cultivo da alface se destaca por oferecer um retorno financeiro significativo por área cultivada e é uma atividade agrícola adequada às características das propriedades familiares de pequeno porte na região (Ziech et al., 2014).

2.2.2. Importância da Água no Cultivo de Alface

A umidade desempenha um papel vital no desenvolvimento das plantações, especialmente para hortaliças, que requerem uma quantidade considerável de água no solo (Lemos Filho; Bassoi; Faria, 2016). No entanto, o uso excessivo de água na agricultura, inclusive no cultivo de alface, tem aumentado a preocupação em meio à crise hídrica (Putti, 2015).

Enfrentando desafios significativos, a agricultura moderna busca sistemas sustentáveis que garantam uma produção adequada sem prejudicar os recursos do solo e do meio ambiente (Levidow et al., 2014). Sob pressão para produzir mais com menos água, os sistemas de irrigação estão passando por inovações necessárias para equilibrar eficiência econômica e responsabilidade ambiental (Levidow et al., 2014).

Para isso entendemos que o solo é um complexo de agregados que desempenha um papel fundamental na produção agrícola. Destaca-se pela sua capacidade de armazenar água e facilitar as trocas gasosas pelas raízes (Hara et al., 2019). Estratégias como o uso da palhada surgem como resposta ao manejo inadequado, trazendo resultados positivos na redução da evaporação e no aumento do armazenamento de água no solo (Anjos et al., 2017).

A importância da matéria orgânica no solo é evidente e frequentemente utilizada pelos produtores para garantir a qualidade dos atributos físicos, biológicos e químicos do solo (Carvalho, 2018).

Acredita-se que no sistema de plantio direto, a preservação de palhas na superfície contribui para um aumento na quantidade de água armazenada. Isso ocorre porque a presença das palhas cria um microclima que reduz significativamente as perdas por evaporação (Siqueira; Vieira; Camargo, 2008).

A cobertura vegetal exerce influência na velocidade de infiltração da água, o que resulta em maior armazenamento nos horizontes mais profundos do solo. Quando não há cobertura vegetal, a infiltração e o armazenamento são reduzidos, destacando a importância de práticas como a distribuição dos resíduos de culturas e o uso de cobertura morta (Carvalho, 2018; Montenegro et al., 2013; Nicholls; Altieri, 2012).

2.2.3. Temperatura do Solo

A temperatura do solo desempenha um papel crucial no ciclo de vida das plantas, afetando uma série de processos, desde a germinação até o pleno desenvolvimento. A saúde e produtividade das culturas são altamente influenciadas pelas variações térmicas do solo, que impactam diretamente na absorção de nutrientes pelas raízes (Cortez et al., 2015; Ribas et al., 2015).

A temperatura do solo tem um impacto abrangente nas interações entre o solo e as plantas, incluindo a germinação das sementes e a capacidade das raízes em absorver água e nutrientes. Na agricultura convencional, é importante reconhecer os efeitos diretos da radiação solar no solo para garantir estoques adequados de matéria orgânica essenciais à atividade microbiana. Isso pode ser alcançado incorporando resíduos orgânicos, usando palhadas e implementando rotação de culturas (Gasparim et al., 2005).

A superfície do solo desempenha um papel fundamental na regulação da energia térmica nos ecossistemas terrestres, independentemente de estar coberta ou não. A troca de energia na superfície do solo combinada com a baixa propagação de calor para camadas mais profundas resulta em variações térmicas restritas às camadas superficiais. É crucial adotar estratégias como o uso de cobertura morta para controlar essas variações térmicas (Gasparim et al., 2005).

A cobertura vegetal tem um efeito refrescante no perfil do solo em comparação com o solo exposto. A densidade da cobertura está diretamente relacionada à redução da temperatura, e durante o verão, especialmente em camadas rasas, a temperatura média mensal é mais alta no solo desnudo, mas isso se inverte próximo ao inverno. Essa prática é essencial, principalmente nos períodos mais quentes do ano, para manter condições ideais para a atividade microbiana (Oliveira; Borrozzino, 2018).

Pesquisas detalhadas mostram que o uso de cobertura vegetal do solo,

especialmente com palha de Braquiaria, desempenha um papel importante na regulação térmica do solo. Essa cobertura diminui a variação de temperatura em até 5,8°C e também ajuda na retenção de umidade no solo cultivado. Estratégias de manejo como o uso de cobertura morta não só têm impactos positivos na temperatura do solo, mas também proporcionam condições ambientais favoráveis ao crescimento das plantas, contribuindo assim para a sustentabilidade e eficiência agrícola (Vieira et al., 2020).

2.2.4. Influência das Plantas Daninhas

A cultura da alface se destaca como uma cultura importante em sistemas de cultivo orgânico, porém, sua produtividade pode ser afetada significativamente pela presença de plantas invasoras. Essa interferência apresenta um desafio particular, já que as plantas invasoras competem diretamente com a cultura por recursos essenciais, como água, luz e nutrientes (Giancotti; Machado; Yamauti, 2010).

A existência de plantas invasoras é um problema comum enfrentado no cultivo da alface e em várias outras espécies, podendo levar a reduções consideráveis na produtividade, chegando a atingir entre 30% e 45%, especialmente nos estágios iniciais do desenvolvimento da cultura (Camargo; Martinez, 2020). Esses desafios destacam a necessidade de abordagens inovadoras para promover um cultivo mais sustentável e eficiente.

No contexto agrícola atual, há uma crescente busca por práticas mais sustentáveis motivada pela demanda por alimentos livres de substâncias químicas. Nesse sentido, estratégias inovadoras ganham destaque e a utilização de cobertura vegetal surge como uma aliada valiosa na supressão das plantas invasoras. A cobertura vegetal desempenha um papel fundamental ao gerar efeitos físicos e químicos através de uma camada protetora (Barbosa et al., 2018).

Estudos revelam que a introdução de vegetação adicional tem o efeito significativo de reduzir a quantidade de plantas daninhas restantes, trazendo vantagens extras, como a redução dos custos relacionados ao trabalho manual para remover ervas daninhas nos canteiros. Essa abordagem não apenas ajuda a suprimir as plantas indesejadas, mas também promove uma gestão mais eficiente dos recursos disponíveis, seguindo os princípios da agricultura sustentável (Favarato; Souza; Guarçoni, 2017).

2.2.5. Cobertura do Solo

É essencial diversificar estratégias e é aí que técnicas como o mulching se mostram promissoras alternativas, apesar das limitações que possuem (Barros; Cavalcante, 2021).

Tanto o mulching sintético quanto o orgânico têm se mostrado eficazes para um cultivo sustentável ao proporcionar benefícios como controle de plantas daninhas, retenção de umidade e melhoria da qualidade do solo (Barros; Cavalcante, 2021). No entanto, a adoção dessas práticas enfrenta obstáculos como a dificuldade em adquirir o mulching sintético devido à sua espessura suscetível a danos e os desafios relacionados ao seu descarte após o uso. No caso do mulching orgânico, as complexidades na obtenção desse material juntamente com a facilidade em se decompor no solo e os custos associados à mão-de-obra para seu manejo são fatores que influenciam nos custos de produção.

Apesar das limitações mencionadas, é notável que a prática do mulching tem um potencial promissor para a agricultura sustentável em geral (Barros; Cavalcante, 2021). Embora tanto o mulching orgânico quanto o sintético sejam amplamente utilizados, especialmente em regiões de clima temperado, sua adoção ainda é limitada em áreas de clima tropical. Essa situação ressalta a importância de divulgar essas técnicas entre os agricultores, aumentando a conscientização sobre os benefícios associados às práticas sustentáveis (Barros; Cavalcante, 2021).

O manejo do ambiente agrícola desempenha um papel crucial no desenvolvimento das espécies cultivadas. Em regiões com clima quente como o Nordeste brasileiro caracterizado pela irregularidade na distribuição das chuvas e altas temperaturas a evapotranspiração elevada pode levar a um desequilíbrio hídrico negativo. No contexto mencionado, a gestão da irrigação e a aplicação de técnicas para reduzir as perdas de água são cruciais para garantir uma produção eficiente (Santos et al., 2009).

Porém, em regiões com clima frio, como o Sul do país, a temperatura se torna um fator limitante importante, o que destaca a necessidade de técnicas específicas para promover o crescimento das culturas (Barros; Cavalcante, 2021).

Diante dos desafios relacionados ao manejo excessivo do solo na produção de vegetais, práticas como o uso de cobertura morta (mulching) e a aplicação de fertilizantes orgânicos têm se destacado. O mulching cria uma camada protetora na superfície do solo usando materiais orgânicos ou inorgânicos. Essa camada protege tanto as plantas quanto o

solo contra os efeitos adversos do clima e oferece uma solução eficaz para minimizar problemas causados pela movimentação intensa do solo que podem levar à sua deterioração e erosão (Resende et al., 2005).

Manter a qualidade do solo é essencial para garantir a sustentabilidade dos agricultores familiares. Em particular, os microrganismos presentes no solo que desempenham um papel vital e são altamente sensíveis às mudanças na qualidade do solo causadas por alterações no uso da terra e nas práticas de manejo (Lopes et al., 2012).

Preservar a atividade desses microrganismos não só é benéfico para a saúde do solo, mas também promove a liberação eficiente de nutrientes para as plantas (Ziech et al., 2014).

2.2.6. Microrganismos do Solo

O solo é uma matriz complexa de biodiversidade, abrigo para grupos microbianos que desempenham um papel essencial nos ciclos biogeoquímicos, participando ativamente dos processos de decomposição e mineralização dos resíduos. Esses grupos são afetados por vários distúrbios, e seu estudo proporciona informações valiosas sobre como as perturbações podem afetar a funcionalidade do solo (Cavalcante et al., 2023). Usar esses grupos como indicadores do estresse do solo e adotar práticas adequadas de manejo são estratégias cruciais para a gestão e monitoramento das áreas, com o objetivo de prevenir a degradação do solo, que se tornou uma necessidade cada vez mais urgente (Cavalcante et al., 2023).

Ao explorar a biodiversidade do solo, descobrimos um amplo domínio de microrganismos, entre os quais aqueles que interagem com as plantas surgem como agentes fundamentais para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Goi; Souza, 2023). A diversidade microbiana desempenha um papel crucial na manutenção das funções do solo, especialmente os grupos especializados na ciclagem biogeoquímica e envolvidos nos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica (Cavalcante et al., 2023).

Tendo como principal fonte de nutrientes e minerais para os microrganismos, as plantas e animais mortos contribuem para o acúmulo de matéria orgânica, a qual é decomposta pelos microrganismos. Em solos com elevado teor de matéria orgânica, diversos microrganismos estão associados ao sistema radicular das plantas, sendo capazes de

repelir, inibir ou até mesmo causar a morte dos fitonematoides, conforme observado por Oliveira et al. (2019).

Diante dos desafios ambientais e da necessidade de reduzir os impactos negativos, diversas estratégias têm sido propostas. Uma delas destaca-se pela utilização da microbiota presente no solo. Essa abordagem não só estimula o crescimento das plantas, mas também contribui para o controle de doenças, pragas e até mesmo para a decomposição de substâncias estranhas ao ambiente natural, por meio da biorremediação (Botelho; Brasil, 2023).

Tendo os estudos como principal ferramenta para compreender as complexas interações entre as plantas e a microbiota, os mecanismos que promovem benefícios mútuos, estabelecem ferramentas biotecnológicas eficazes em sistemas agrícolas sustentáveis (Botelho; Brasil, 2023).

Como à liberação de fósforo (P) no solo, a microbiota desempenha um papel crucial. Microrganismos específicos mineralizam e solubilizam fosfatos, afetando diretamente a disponibilidade desse nutriente essencial para o crescimento das plantas (Richardson, 2001).

Outro ponto importante é o impacto indireto das rizobactérias no crescimento vegetal. Sua capacidade de produzir metabólitos secundários que inibem o crescimento de patógenos de plantas oferece uma camada adicional de proteção às plantas, contribuindo para sua saúde e desenvolvimento vigoroso nas culturas (Botelho; Brasil, 2023).

2.3. COBERTURA VEGETAL

2.3.1. Capim Braquiaria

A Braquiaria se destaca devido à sua relação C/N relativamente alta, desempenhando um papel fundamental na manutenção e persistência da cobertura do solo. Essa característica retarda a decomposição da matéria orgânica, garantindo uma proteção duradoura, principalmente em regiões com clima mais quente. No entanto, em climas tropicais quentes e chuvosos, pesquisas indicam que a rápida decomposição da vegetação pode limitar a manutenção da cobertura do solo ao longo do tempo, o que expõe o solo a temperaturas mais altas e riscos de perda de nutrientes (Carvalho, 2018).

Destacando-se por produzir uma quantidade considerável de biomassa ao

longo do ano, a Braquiaria resulta em uma generosa cobertura vegetal do solo. De acordo com Bernardes (2003), o gênero Braquiaria é conhecido por sua capacidade de cobrir rapidamente o solo e tem sido amplamente utilizado como forrageira para produção de massa em sistemas de plantio direto. Em um estudo realizado por Resende et al. (2015), foi observado que a combinação entre cobertura morta no solo e irrigação resultou em uma retenção média de água de cerca de 60%, demonstrando os benefícios dessas práticas quando a relação C/N é alta.

No contexto do cultivo de hortaliças, utilizar cobertura morta sobre o solo traz vantagens significativas. Resende et al. (2005) constatou que essa prática é especialmente vantajosa para o cultivo de vegetais durante o verão. Os resultados indicaram uma diminuição significativa da temperatura do solo, chegando a 3,5°C. Além disso, houve um aumento perceptível na retenção de umidade em até 2,3%, quando comparado ao grupo controle, evidenciando melhorias visíveis no desenvolvimento das plantas.

Outro fator importante é que a perda de fertilidade do solo está diretamente relacionada à diminuição dos níveis de matéria orgânica (MO) no solo - um elemento fundamental para a manutenção da qualidade do solo. Práticas agrícolas que priorizam o revolvimento excessivo do solo e negligenciam sua cobertura resultam em baixa contribuição de resíduos orgânicos para o sistema e podem levar à perda de MO na agricultura intensiva. Portanto, adotar estratégias que promovam a cobertura do solo, como usar Braquiaria, torna-se uma abordagem essencial para preservar a fertilidade do solo e garantir práticas agrícolas sustentáveis (Carvalho, 2018).

3. ARTIGO A: AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO MANEJO DO SOLO COM *Urochloa decumbens* NA PRODUÇÃO ORGÂNICA DE ALFACE CRESPA ROXA EM DUAS SAFRAS CONSECUTIVAS

RESUMO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é amplamente cultivada no Brasil, especialmente em suas variedades de folhas crespas, mas enfrenta desafios devido a condições adversas como temperatura, umidade e chuva. Este estudo teve como objetivo avaliar o impacto das práticas de manejo do solo na produção de alface em duas safras consecutivas, utilizando a Braquiaria para incorporação e cobertura morta. A aplicação de mulching e incorporação vegetal com Braquiaria trouxe benefícios significativos, como controle do crescimento de ervas daninhas e criação de condições ideais para o crescimento saudável das plantas. O estudo enfatizou a qualidade do solo através de indicadores químicos e biológicos, testando quatro diferentes métodos de manejo do solo: controle; solo coberto com mulching de Braquiaria; solo com palha de Braquiaria incorporada; e solo com mulching e incorporação de Braquiaria. Os resultados mostraram que a incorporação de Braquiaria teve um impacto positivo no peso seco das partes aéreas e das raízes da alface. Na segunda safra, os canteiros com incorporação de Braquiaria tiveram maior produção de alface, enquanto os canteiros sem Braquiaria mostraram redução na produção. O monitoramento da temperatura do solo revelou que os canteiros com cobertura mantiveram temperaturas mais estáveis, mostrando a eficácia dessa prática na regulação térmica do solo. Além disso, a presença do mulching teve um impacto positivo na comunidade microbiana do solo, indicado pelo aumento do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (CBMS). Quanto aos parâmetros químicos e à presença de plantas daninhas, os resultados mostraram aumento dos níveis de potássio ao final das duas safras e redução na densidade populacional de ervas daninhas. Portanto, o uso de Braquiaria como cobertura e incorporação no solo resultou em melhorias significativas no cultivo de alface crespa roxa.

Palavras-chave: Mulching. Regulação térmica. Biomassa microbiana. Manejo do solo. *Urochloa*.

ABSTRACT

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is widely cultivated in Brazil, especially in its curly leaf varieties, but it faces challenges due to adverse conditions such as temperature, humidity, and rain. This study aimed to evaluate the impact of soil management practices on lettuce production over two consecutive seasons, using Braquiaria for incorporation and mulching. The application of mulching and plant incorporation with Braquiaria brought significant benefits, such as

controlling weed growth and creating ideal conditions for healthy plant growth. The study emphasized soil quality through chemical and biological indicators, testing four different soil management methods: control; soil covered with Braquiaria mulch; soil with incorporated Braquiaria straw; and soil with both mulch and incorporated Braquiaria. The results showed that Braquiaria incorporation had a positive impact on the dry weight of both the aerial parts and the roots of the lettuce. In the second season, the beds with Braquiaria incorporation had higher lettuce production, while the beds without Braquiaria showed a reduction in production. Soil temperature monitoring revealed that the covered beds maintained more stable temperatures, demonstrating the effectiveness of this practice in soil thermal regulation. Additionally, the presence of mulch had a positive impact on the soil microbial community, indicated by the increase in Soil Microbial Biomass Carbon (SMBC). Regarding chemical parameters and weed presence, the results showed an increase in potassium levels at the end of the two seasons and a reduction in weed population density. Therefore, the use of Braquiaria as soil cover and incorporation resulted in significant improvements in the cultivation of curly purple lettuce.

Key-words: Mulching. Thermal regulation. Microbial biomass. Soil management. Urochloa.

3.1. INTRODUÇÃO

A alface, cientificamente conhecida como *L. sativa*, é uma hortaliça da família Asteraceae. Ela possui um caule pequeno e não ramificado, e suas folhas podem ser lisas ou crespas, apresentando uma variedade de cores. No Brasil, as alfaces de folhas crespas são amplamente cultivadas em todas as regiões do país ao longo do ano (Bonett et al., 2019).

O crescimento e desenvolvimento da alface são afetados por vários fatores ambientais, como temperaturas elevadas e chuvas intensas. Esses elementos têm um impacto direto nas características da planta (da Costa Júnior et al, 2021). Embora o cultivo de alface seja praticado em todo o país, os agricultores enfrentam desafios decorrentes das condições adversas, como temperatura, umidade do ar e precipitação pluvial. Esses fatores podem influenciar tanto a qualidade quanto a quantidade da cultura (Nascimento et al., 2021).

As condições climáticas representam um desafio significativo para a produção agrícola em geral e têm impacto direto nas práticas dos agricultores (Sena et al., 2023).

Recentemente tem se dado destaque à cobertura do solo devido aos seus benefícios para a agricultura. Além de reduzir a compactação do solo e controlar plantas daninhas, ela também mantém condições ideais de temperatura e umidade para o crescimento saudável das plantas. Essa proteção pode ser feita usando materiais naturais, como cascas,

resíduos de plantas, capim, silagem, ou usando finas camadas de polietileno, conhecido como “mulching” (Bester et al, 2020).

A presença de cobertura no solo resultou em uma redução observada na ocorrência de plantas invasoras (Bester et al., 2020). A aplicação de cobertura morta tem como objetivo aumentar a fertilidade do solo tropical ao influenciar fatores como matéria orgânica, profundidade das raízes, cobertura do solo e diversidade biológica. A longo prazo, essas práticas podem contribuir para um uso mais eficiente da água e reduzir a incidência de pragas e doenças do solo (Nasser et al., 2022).

Esse manejo também busca aumentar a quantidade de restos vegetais provenientes de diferentes culturas agrícolas para criar uma cobertura vegetal mais eficaz e evitar a perda de nutrientes no solo por lixiviação (Rocha et al., 2022). A qualidade do solo é fundamental para o bom funcionamento do ecossistema ao garantir a produtividade biológica, a preservação ambiental e a saúde das plantas e animais (Rocha et al., 2022). Além dos indicadores biológicos e físicos, os indicadores químicos desempenham um papel importante na avaliação da qualidade do solo ao fornecer uma visão abrangente da saúde e vitalidade desse ambiente (Araújo et al., 2012; Raiesi; Beheshti, 2014).

3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1. Local

Este trabalho foi realizado no ano agrícola de 2023, na área do Núcleo de Estudos de Agroecologia e Territórios (NEAT), da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) localizada 23° 6'35.44"S de latitude, 50°21'45.26"O de longitude e, com altitude média de 445 m e Nitossolos Vermelhos Eutroféricos. Sendo esta área manejada anteriormente por um longo período no cultivo orgânico, principalmente o cultivo de hortaliças, seu solo encontra-se com boas qualidades físicas e nutricionais como: pH em CaCl₂ 5,43; H⁺+Al⁺³ 4,02, H⁺ 4,02, Al⁺³ 0, K⁺ 0,9, Ca⁺² 5,94, Mg⁺² 2,67 cmolc/dm³; M.O. 24,68, C 14,34, N 1,23 g/dm³; Fósforo (Mehlich-1) 21,22 mg/dm³; Micronutrientes Cu 14,35, Zn 4,39, Fe 30,26, Mn 47,93 mg/dm³.

3.2.2. Delineamento

O ensaio foi conduzido em blocos casualizados com quatro repetições, os tratamentos: Testemunha (sem manejo de Braquiaria), solo coberto com "mulching" de palha de Braquiaria (espessura 10 cm), solo incorporado com palha de Braquiaria na dose de 3% (V/V), solo incorporado com palha de Braquiaria na dose de 3% (V/V) mais cobertura com "mulching" de palha de Braquiaria (espessura 10 cm). Cada tratamento contou com 4 repetições de 1,2 x 2,7 X 0,20 m e 24 plantas de alface por repetição no espaçamento de 30 x 30 cm.

3.2.3. Preparo da área

O Preparo da área se iniciou com o uso de subsolador para descompactação do solo e em seguida gradagem para a quebra dos torrões, utilizou-se de encanteirador para produzir os canteiros, os quais foram finalizados com auxílio de enxada, chegando nas proporções de 1,2 x 2,7 X 0,20 m (Figura 3.1).



Figura 3. 1. Preparo do Solo

3.2.4. Coleta e processamento da Braquiaria

A Braquiaria foi coletada na área do campus da Universidade Estadual do Norte do Paraná com o uso roçadeira motorizada manual e posterior trituração com uso de triturador elétrico, a incorporação da *U. decumbens* se deu pelo método manual com o uso de enxada (Figura 3.2).

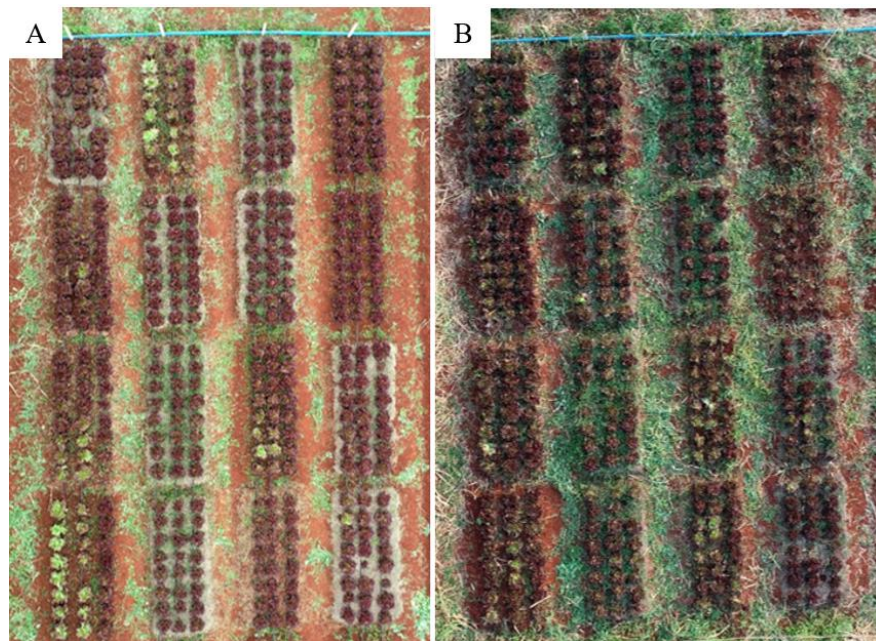


Figura 3. 2. A: Cultivos de Alface Primeiro Safra e; B: Segunda Safra.

3.2.5. Sistema de irrigação

A irrigação se deu por sistema de gotejo com um furo por planta e realizando duas regas por dia, sendo de manhã e final de tarde (Figura 3.3).



Figura 3. 3. A: Preparo da Cobertura; B: Irrigação e; C: Compra de Mudas de Alface Crespa Roxa

3.2.6. Aferição de temperatura do solo

Foi realizado a aferição da temperatura do solo duas vezes ao dia (Figura 3.4), sendo uma no período da manhã e outra no período da tarde, ambas antes de realizar a rega. A aferição se deu com o uso do termômetro digital do tipo haste, sendo feita a aferição em três pontos de cada unidade experimental aguardando o tempo de estabilização da temperatura de dez segundos para uma nova tomada de temperatura, sendo realizada na profundidade de aproximadamente 10 cm (Ribas et al., 2015). Também foi aferido a temperatura do ambiente com uso de termômetro digital, sendo posicionado no centro do experimento por um tempo de 15 minutos.



Figura 3. 4. Aferição de temperatura do solo.

3.2.7. Análises do solo e carbono da biomassa microbiana

Para o solo foi realizado três períodos de coletas, após o preparo dos canteiros, ao final do primeiro ciclo e ao final do segundo ciclo. Realizou-se a coleta na profundidade de 10 cm em três pontos de cada unidade experimental, formando assim uma amostra composta de cada unidade. Para a análise de micro e macro nutrientes, na primeira coleta realizou apenas uma amostra composta da área total do experimento. Analisou-se as

propriedades químicas do solo e também o carbono da biomassa microbiana. As Análises química dos nutrientes foi realizada em laboratório comercial e a análise do carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) foi realizada no laboratório de microbiologia de solos da Universidade Estadual do Norte do Paraná.

O carbono da biomassa microbiana do solo foi avaliado pelo método proposto por Vance, Brookes e Jenkinson (1987), via fumigação-extração das amostras. As amostras de solo de cada uma das áreas foram separadas e pesadas em 20 g com e sem fumigação, permanecendo no escuro sob temperatura de 25 ± 2 °C por 24 horas.

Para extração do carbono microbiano, foram adicionados nas amostras 50 mL de sulfato de potássio (K_2SO_4) a 0,5 M, agitando-se por 30 minutos a 220 rpm. Em seguida, as amostras foram filtradas, 4 mL foram retirados do sobrenadante, adicionando-se 1 mL de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) 0,066 M, 5 mL de ácido sulfúrico P.A (H_2SO_4) e 5 mL de ácido orto-fosfórico (H_3PO_4) 85%. Após o resfriamento, 35 mL de água deionizada e difenilamina (C_6H_5)₂NH 1% foram adicionados às amostras.

O sulfato ferroso amoniacal [$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$] a 0,033 M foi usado para fazer a titulação, sendo o ponto de viragem a mudança da cor púrpura para a cor verde. Para obtenção do carbono de biomassa microbiana de cada amostra, foi realizada a subtração entre os teores de carbono do solo fumigado e não fumigado.

3.2.8. Avaliação de Plantas Daninhas

As plantas daninhas foram identificadas as espécies e quantificada sua ocorrência. Tendo como unidade de estudo uma área de 25 x 25 cm² em três pontos de cada unidade experimental (Ferreira et al., 2013).

3.2.9. Condução do experimento

As mudas de alface crespa roxa foram adquiridas em viveiro comercial e transplantadas para os canteiros com aproximadamente 10 cm de altura (Figura 3.3C). O experimento iniciou-se em 16-05-2023 e terminou a primeira safra em 07-07-2023, no mesmo

dia 07-07-2023 ocorreu o plantio da segunda safra no mesmo local sem manejar os canteiros, e finalizou-se em 26-08-2023 abrangendo as estações de outono e inverno (Figura 3.2B). No final de cada safra as plantas foram arrancadas com as raízes, separou-se a raiz da parte aérea e ambas as partes foram armazenadas em sacos de papel e levadas a estufa de secagem, onde permaneceram 72 horas a 70 °C para se aferir o peso seco. Adaptado de Ferreira et al. (2013) e Souza et al. (2006).

3.2.10. Análises estatísticas:

Os dados foram submetidos a testes prévios de normalidade, pelo teste de Shapiro-wilk e Homocedasticidade pelo teste de Levene (ou Barlett test). Após constatado a Normalidade ($p > 0.05$ para ambas as áreas) e Homocedasticidade ($p > 0.05$), foi utilizado uma Análise de Variância ANOVA a 95% de significância para avaliar a diferença de produtividade. Os dados foram analisados pelo Software Rstudio (R CORE TEAM, 2023).

3.3. Resultados e Discussão

A avaliação da massa seca da parte aérea na primeira safra não evidenciou diferenças significativas entre os tratamentos, indicando que nenhum dos manejos influenciou no desenvolvimento inicial da cultura de alface (Figura 3.5). Isso demonstra que, independentemente do tratamento aplicado, a área experimental apresentava uma homogeneidade no que diz respeito ao crescimento da alface durante este período inicial (Figura 3.5).

Na segunda safra, no entanto, notou-se uma diferença entre os tratamentos. O tratamento 4 apresentou uma redução significativa na massa seca da parte aérea em comparação aos demais tratamentos. Ziech et al. (2014) encontrou resultados semelhantes em suas pesquisas com cobertura de aveia, onde na primeira safra da cultura da alface não foi influenciada pelos diferentes manejos de cobertura do solo, porém, na segunda safra, o manejo de incorporação da palhada resultou em maior estabilidade e aumento de produção (Figura 3.5).

Levando a pensar que a cobertura do solo, por palhada, é um dos fatores essenciais para o sucesso das grandes culturas, devido a manutenção da palhada no solo e sua posterior decomposição serem variáveis importantes na ciclagem de nutrientes (Santos et al., 2023). Os resíduos vegetais contêm macro e micronutrientes em formas orgânicas lábeis que podem ficar disponíveis para posterior cultivo por meio da mineralização (Oliveira, 2020).

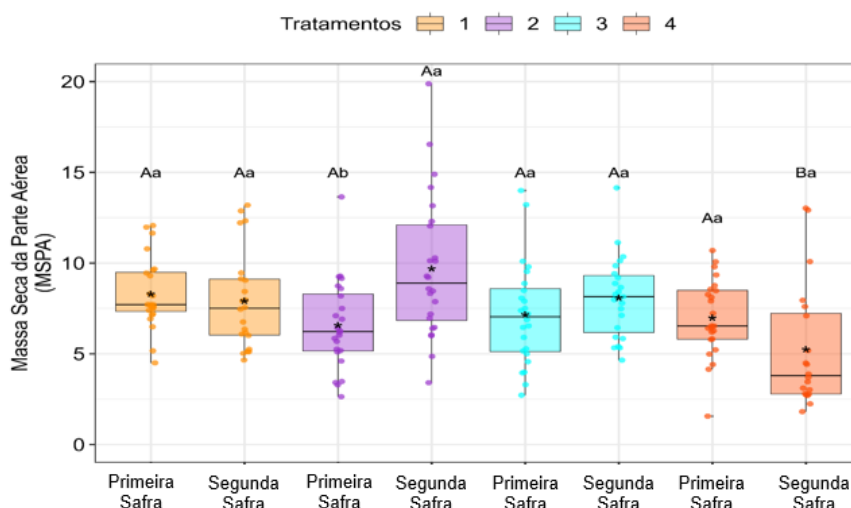


Figura 3.5. Dados da massa seca da parte aérea, tratamento 1 = solo coberto com "mulching" de palha de Braquiaria (espessura 10 cm), tratamento 2 = solo incorporado com palha de Braquiaria na dose de 3% (V/V), tratamento 3 = solo incorporado com palha de Braquiaria na dose de 3% (V/V) mais cobertura com "mulching" de palha de Braquiaria (espessura 10 cm) e tratamento 4 = testemunha. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo ANOVA e Teste Tukey (com $p < 0.05$), médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste-t (com $p < 0.05$).

Sendo responsável pela mineralização a biomassa microbiana é um compartimento que libera rapidamente os nutrientes às plantas através do processo de mineralização dos resíduos e morte dos organismos, sendo assim o uso de compostos orgânicos incrementa a biomassa microbiana devido ao aumento nas proporções de carbono e nitrogênio lábeis, estimulando diretamente a microbiota do solo (Ferrazza et al., 2024).

Especificamente na segunda safra, foi possível perceber um aumento da massa seca da parte aérea da alface no tratamento 2 em relação à primeira safra. Por outro lado, os tratamentos 1 e 3 se mantiveram sem apresentar diferenças significativas entre as safras, enquanto o tratamento 4 apresentou uma redução na massa seca das folhas, evidenciando uma diminuição na produção (Figura 3.5).

Um dos fatores que podem explicar essa redução é o estresse térmico que causa danos significativos às proteínas, perturbando sua síntese e dobramento, alterando a atividade das enzimas e danificando membranas e estruturas celulares por oxidação maciça (Hasanuzzaman et al., 2013). Afetando também a divisão e diferenciação celular, reduzindo o

crescimento e desenvolvimento das plantas (Qi et al., 2020; Liu et al., 2022).

Na análise da massa seca da raiz na primeira e segunda safra, não foram observadas diferenças entre os tratamentos (Figura 3.6). No entanto, ao comparar a primeira safra com a segunda, constatou-se que apenas o tratamento 3 não apresentou variação significativa entre as duas safras.

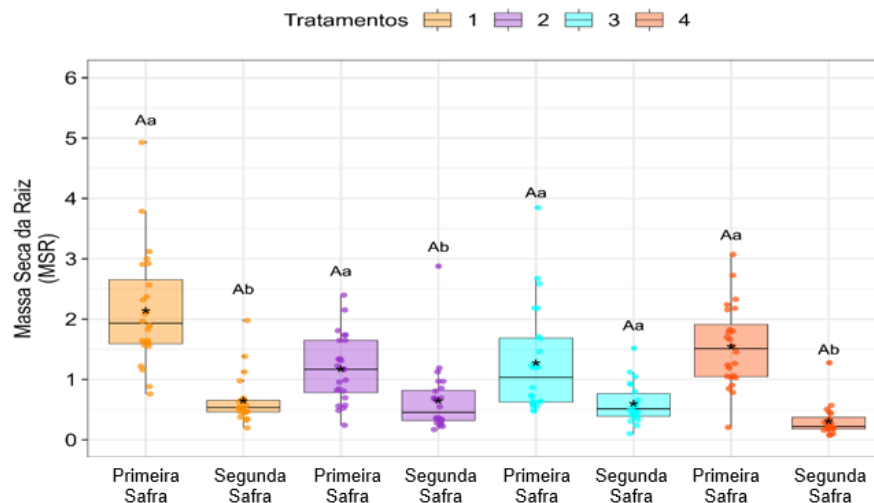


Figura 3.6. Dados da massa seca da raiz, tratamento 1 = solo coberto com "mulching" de palha de Braquiaria (espessura 10 cm), tratamento 2 = solo incorporado com palha de Braquiaria na dose de 3% (V/V), tratamento 3 = solo incorporado com palha de Braquiaria na dose de 3% (V/V) mais cobertura com "mulching" de palha de Braquiaria (espessura 10 cm) e tratamento 4 = testemunha. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo ANOVA e Teste Tukey (com $p < 0.05$), médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste-t (com $p < 0.05$).

Os resultados indicam que a incorporação de Braquiaria proporcionou maior estabilidade na massa seca da raiz entre as safras, ao contrário dos tratamentos com menor quantidade Braquiaria ou sem o manejo com Braquiaria, devido apresentarem redução significativa da massa da raiz na segunda safra. Isso pode ser explicado pela capacidade do manejo de Braquiaria em melhorar a retenção de umidade do solo, e em regular a temperatura do solo, criando um ambiente mais favorável para o desenvolvimento radicular (Mkhabela; Dlamini; Manyatsi, 2019).

As temperaturas do solo entre 15°C e 20°C são ideais para o crescimento radicular de alface, melhorando a absorção de água e nutrientes. Temperaturas do solo muito baixas ou muito altas podem inibir o crescimento radicular, resultando em menor eficiência na absorção de nutrientes e água, além de afetar a saúde geral da planta (González-García et al., 2023). O estresse térmico pode causar danos significativos às proteínas, perturbando sua síntese e dobramento, alterando a atividade das enzimas e danificando membranas e estruturas celulares por oxidação maciça (Hasanuzzaman et al., 2013). Além disso, o estresse térmico

afeta a divisão e diferenciação celular, reduzindo o crescimento e desenvolvimento das plantas (Qi et al., 2020; Liu et al., 2022).

Mostrando que a utilização do manejo com Braquiaria, é benéfico para a manutenção da umidade do solo e a regulação da temperatura, resultando em um desenvolvimento radicular mais robusto e uma maior estabilidade na massa seca das raízes de alface.

Na primeira safra, período da manhã, o tratamento 4 apresentou a média de temperatura mais baixa ($\pm 17\text{ }^\circ\text{C}$) semelhante a temperatura média do ambiente ($\pm 17,5\text{ }^\circ\text{C}$), enquanto o tratamento 3 teve a média mais alta ($\pm 19\text{ }^\circ\text{C}$). Resultado semelhante ao de Rodrigues et al. (2018), onde o solo sem cobertura apresentava temperaturas menores em comparação ao solo com cobertura. Os tratamentos 1 e 2 não apresentaram diferenças entre si mantendo temperaturas médias maiores que o tratamento 1 e menores que o tratamento 3. (Figura 3.7A).

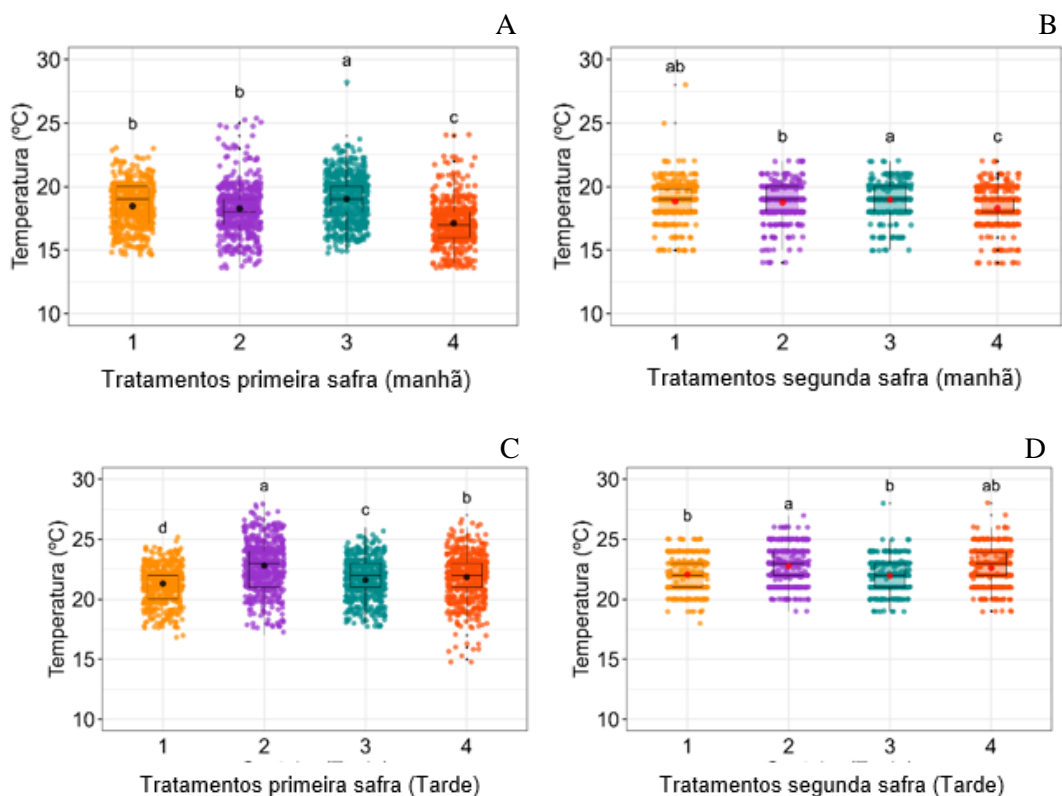


Figura 3.7. Dados da temperatura do solo no período da manhã (A e B) e tarde (C e D), tratamento 1 = solo coberto com "mulching" de palha de Braquiaria (espessura 10 cm), tratamento 2 = solo incorporado com palha de Braquiaria na dose de 3% (V/V), tratamento 3 = solo incorporado com palha de Braquiaria na dose de 3% (V/V) mais cobertura com "mulching" de palha de Braquiaria (espessura 10 cm) e tratamento 4 = testemunha. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo ANOVA e Teste Tukey (com $p < 0.05$).

Na segunda safra, pela manhã, as características térmicas dos canteiros

mantiveram-se semelhantes ao primeiro cultivo (Figura 3.7B). Observou-se um aumento na temperatura média do canteiro 4 (± 18 °C) podendo relacionar com as temperaturas do ambiente estarem mais altas que na primeira safra ($\pm 20,2$ °C). Nos demais tratamentos com manejo de capim Braquiaria manteve-se a estabilidade.

Durante o período da tarde, na primeira safra, também houve diferença entre todos os tratamentos (Figura 3.7C), com maiores temperaturas na respectiva sequência de tratamentos 2, 4, 3 e 1. Destacando que os tratamentos sem cobertura se aproximaram da temperatura do ambiente ($\pm 22,4$ °C). Com aumento de temperatura nos tratamentos sem cobertura se associa que a cobertura mantém às temperaturas mais baixas ocasionando melhores condições para o aumento da massa de matéria seca das plantas de alface (Ferreira et al., 2013).

Similar a primeira safra quando manejado a incorporação e a cobertura simultaneamente, na segunda safra, a temperatura do solo manteve-se mais baixa evidenciando maior estabilidade da temperatura com este manejo. O tratamento 4 e 2 sem manejo de capim Braquiaria mostrou médias mais altas de temperatura que o solo com cobertura, temperaturas estas próximas da temperatura ambiente ($\pm 24,6$ °C). Mostrando assim que a cobertura com material orgânico reduz a temperatura do solo em comparação ao solo sem cobertura, isolando eficazmente e reduzindo as oscilações diárias da temperatura do solo (MENESES et al., 2016) (Figura 3.7D).

A avaliação da massa seca da alface mostrou diferenças entre os tratamentos, Sabri et al. (2018) relatou que a alface cultivada em solo com temperaturas dentro da faixa ideal para a cultura proporciona condições mais favoráveis para o desenvolvimento da alface, apresentando maior peso fresco, altura, comprimento da raiz e número de folhas.

Sabri et al. (2018) demonstraram que o manejo para controle da temperatura do solo é uma técnica promissora para o cultivo de culturas temperadas em climas tropicais. Sha'arani et al. (2021) observou em seu estudo que rabanetes cultivados em solo resfriado apresentaram maior peso e comprimento das raízes, produzindo produtos de melhor qualidade, as temperaturas elevadas do solo podem reduzir a atividade metabólica e a produção celular, afetando negativamente o crescimento das raízes.

Outros processos também são afetados, Carotti et al. (2021) destacaram que a temperatura da zona radicular influencia os processos relacionados à água e à eficiência do uso da luz para a fotossíntese. Altas temperaturas na zona radicular aumentam a ocorrência de queimadura na ponta das plantas. Sendo assim a alface que é uma cultura de estação fria com

temperatura ótima da raiz de 19°C, as temperaturas mais altas podem causar problemas como amargor, espigamento e queimadura de ponta, que podem ser mitigados mantendo temperaturas ideais na zona radicular (Gheshm; Brown, 2020).

Com isso destaca a importância do manejo para alcançar a temperatura ideal do solo para cada cultura, destacando também que as oscilações de temperatura revelaram alterações nas propriedades químicas do solo que podem influenciar o crescimento das culturas de raízes (Sabri et al., 2018; Sha'arani et al., 2021).

Análises químicas foram realizadas para os seguintes fatores: pH em CaCl₂, H⁺⁺Al⁺³, H⁺, Al⁺³, K⁺, Ca⁺², Mg⁺², M.O., C, N, Fósforo (Mehlich-1), Cu, Zn, Fe e Mn. Porém apenas o Potássio K⁺ mostrou diferença entre as duas safras.

Os valores de potássio (K⁺) ao final das duas safras de cultivo mostraram uma correlação positiva entre a quantidade de Braquiaria nos canteiros e os níveis de potássio no solo. No tratamento 1, a média de K⁺ aumentou de 1,11 cmolc/dm³ na primeira safra para 1,29 cmolc/dm³ na segunda safra. O tratamento 2 também apresentou um aumento, embora menos expressivo, de 1,32 cmolc/dm³ para 1,36 cmolc/dm³. O tratamento 3 apresentou o maior crescimento, com uma média de 1,24 cmolc/dm³ na primeira safra, atingindo 1,54 cmolc/dm³ ao final da segunda safra. Em contraste, o canteiro sem manejo de Braquiaria manteve sua média de K⁺ estável durante as duas safras (Tabela 3.1).

Tabela 3.1. Análise de Potássio após a 1ª. safra e após 2ª safra.

Tratamento	1ª. Colheita cmolc/dm ³	2ª. Colheita cmolc/dm ³
Tratamento 1	1,11 AB	1,29 A
Tratamento 2	1,32 A	1,36 A
Tratamento 3	1,24 A	1,54 A
Tratamento 4	0,77 B	0,79 B
CV (%)	17,47	12,84

Dados: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de Variação

Esses resultados corroboram com Dias (2020), que destacou que plantas forrageiras utilizadas para produção de biomassa extraem grandes quantidades de potássio do solo, resultando em uma maior concentração desse nutriente na biomassa. Isso beneficia culturas subsequentes devido à maior disponibilidade residual de K no solo. Os agentes decompositores de palha podem acelerar a degradação da palha e promover a liberação melhorada de nutrientes, como N, P e K, necessários às plantas, esses agentes contêm diferentes composições microbianas, incluindo leveduras, fungos, bactérias e esporos de

bacilos, que decompõem a palha em matéria orgânica e nutrientes (Gao et al., 2023).

Mas para melhor eficiência dos agentes decompositores alguns fatores como a temperatura ideal do solo são fundamentais, sendo um dos principais fatores que influenciam propriedades como germinação de sementes, emergência de mudas, crescimento das raízes e disponibilidade de nutrientes (Onwuka; Mang, 2018; Sha'arani et al., 2021). Desta forma variações nutricionais podem indicar uma influência significativa da temperatura do solo na decomposição da matéria orgânica e mineralização de nutrientes, afetando assim a disponibilidade de matéria orgânica do solo (MOS), macronutrientes (TN, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Zn e Cu) (Onwuka; Mang, 2018; Sha'arani et al., 2021).

Além da temperatura do solo a umidade do solo também desempenha um papel crucial na decomposição da palha, pois o aumento da umidade do solo pode acelerar a decomposição da palha, relacionando a taxa de decomposição da palha com o aumento da umidade (Gao et al., 2023). Outro fator evidenciado por Gao et al. (2023) foi que a palha é mais facilmente decomposta sob condições anaeróbicas, mostrando que é mais propício à decomposição da palha por meio de enterramento.

Antes do plantio da primeira safra não foram encontradas diferenças entre os diferentes tratamentos em relação ao Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (CBMS). Isso indica que a área estava bastante homogênea nesse aspecto. No entanto, após a primeira safra, foi observado que os tratamentos manejados com incorporação de Braquiaria (tratamento 2 e 3) apresentou uma maior quantidade de biomassa microbiana em comparação aos outros tratamentos. Na segunda safra, houve um aumento na biomassa microbiana, mantendo-se semelhante as diferenças entre tratamentos obtidas na primeira safra.

É interessante observar que o CBMS aumentou proporcionalmente à presença crescente de Braquiaria no solo, o que indica que a presença de mulching de Braquiaria beneficia a comunidade microbiana presente (Tabela 3.2). Essa conclusão está de acordo com as descobertas feitas por Alves et al. (2011), que também constataram uma média mais alta de CBMS ao avaliar diferentes sistemas de manejo e utilizando Braquiaria.

Indicando que altos teores de CBMS estão diretamente relacionados à disponibilidade de nutrientes e à presença de microrganismos no solo, já que os nutrientes imobilizados pela biomassa microbiana estão em uma forma mais facilmente acessível para as culturas (Shimizu et al., 2022). Ferreira et al. (2007), em seu estudo sobre a dinâmica do carbono da biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo ao longo do ano, obteve resultados semelhantes, sendo que após a perturbação do solo o CBMS atingiu um pico de 184,30 mg kg⁻¹ de C-CO₂, mas diminuiu para 158,4 mg kg⁻¹ de C-CO₂ após um

período de descanso, porém ao cultivar soja (*Glycine max* L.), o CBMS aumentou novamente e atingiu 189,31 mg kg⁻¹ de C-CO₂ nos canteiros com manejo de Braquiaria, o CBMS foi estimulado positivamente, resultando em melhor estabilidade e aumento do índice.

Tabela 3.2. Teor do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (CBMS) no início do experimento, após a 1^a. safra e após 2^a. safra.

Tratamento	Inicial	Final 1 ^a safra	Final 2 ^a safra
Tratamento 1	105,08 A	67,49 B	87,24 AB
Tratamento 2	101,62 A	92,48 A	94,97 AB
Tratamento 3	103,49 A	96,14 A	100,45 A
Tratamento 4	105,25 A	65,65 B	79,97 B
CV (%)	8,44	10,25	9,22

Dados: Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de Variação

O capim Braquiaria disponibilizou nutrientes e consequentemente estimulou os microrganismos do solo, que aumentaram sua população liberando macro e micronutrientes para as plantas de alface. A decomposição das plantas em cobertura favorece a ciclagem de nutrientes, a agregação, o armazenamento da água, manutenção ou incremento dos teores de matéria orgânica do solo Ferrazza et al. (2024). Com o uso de compostos orgânicos a biomassa microbiana é incrementada devido ao aumento nas proporções de carbono e nitrogênio lábeis, estimulando diretamente a microbiota do solo, microbiota essa constitui a biomassa microbiana funcional atuando como um compartimento que libera rapidamente os nutrientes às plantas, pelo processo de mineralização dos resíduos e morte dos organismos (Oliveira, 2020).

Desta forma as enzimas do solo derivadas de microrganismos são importantes para a qualidade do solo, pois estão envolvidas na catalisação de várias reações e processos metabólicos como a metabolização e transformação de grandes moléculas da matéria orgânica em monômeros, fornecendo assim os recursos energéticos e nutricionais necessários as plantas (Wang et al., 2020).

A cobertura do solo aumenta significativamente as concentrações de carbono orgânico do solo, o potencial de mineralização do carbono e a composição da comunidade microbiana do solo, além disso, com a temperatura adequada do solo pode-se alterar o sequestro de carbono do solo, alterando as relações entre a respiração do solo, a comunidade microbiana (Fu et al., 2020). A temperatura e umidade do solo são fatores críticos que influenciam a decomposição da matéria orgânica e a mineralização de nutrientes, impactando diretamente a saúde do solo e o crescimento das plantas, com manejo adequado

desses fatores pode-se alcançar uma agricultura mais sustentável e produtiva (Fu et al., 2020).

Com as menores densidades populacionais de plantas daninhas o tratamento 3 obteve a melhor eficiência na redução dos números de plantas daninhas nas duas safras. Seguindo a sequência de eficiência de controle o tratamento 1 na primeira safra se igualou ao tratamento 3, porém na segunda safra seu rendimento foi um pouco menor se igualando ao tratamento dois. Acredita-se que a maior eficiência de controle está relacionada ao uso de mulching de Braquiaria (Tabela). Sendo que a cobertura do solo influencia no desempenho da cultura do alface, uma vez que estas promovem uniformidade na umidade do solo, temperaturas estáveis e proporciona a ausência de matocompetição (Gastl Filho et al., 2021).

Com apenas incorporação de Braquiaria o tratamento 2 obteve a menor taxa de eficiência de controle de plantas daninhas entre os tratamentos com manejo de Braquiaria, já o tratamento 4 sem manejo de Braquiaria expressou a maior densidade populacional. Resultado semelhante ao de Hirata et al. (2019) onde a palha de Braquiaria exerceu elevado controle da comunidade infestante (581,2 pls m⁻² - sem palha e 8,3 pls m⁻² - com palha), observando assim que a palha como cobertura morta é uma ferramenta eficaz no manejo integrado de plantas daninhas sem interferir na produtividade da cultura e com potencial de controle da densidade da comunidade infestante de aproximadamente 98,6%

As principais espécies de daninhas encontradas foram: *Amanrathus* spp (Caruru), *Eleusine indica* (L.) Gaertn (ELEIN) (Pé de galinha), *Gnaphalium coarctatum* Willd (Macela), *Commelina benghalensis* L (Trapoeraba), *Coronopus didymus* (L.) Smith (Mastruço), *Soliva pterosperma* (Juss.) Less, *Parthenium hysterophorus* L (Losna branca) e *Alternanthera tenella* Colla. Com a aferição da frequência das plantas daninhas, observou-se que no tratamento 1 na primeira safra destacou a presença de *C. rotundus* (193 plantas) e *Amanrathus* spp (45 plantas), já na segunda safra manteve o destaque para *Amanrathus* spp (Figura 3.4.5 A e B).

No tratamento 2 primeira safra o diferencial foi a maior média de *Amanrathus* spp (103 plantas) entre os demais tratamentos, similar ao de Camargo e Martinez (2020), que tanto em solo descoberto como nas coberturas com poda de grama e serragem, *Amaranthus* spp foi dominante, apresentando densidade relativa, abundância relativa e índice de valor de importância superior às demais. Entretanto, no presente estudo este valor reduziu para 55 plantas na segunda safra, mostrando melhor eficiência do manejo com Braquiaria (Tabela 3.3).

O tratamento 3 primeira safra obteve a maior frequência média de *C. rotundus* (406 plantas), mas também registrou a menor média de *Amanrathus* spp (10 plantas),

com esse número médio subindo para 15 plantas na segunda safra. Destacando a sinergia do manejo incorporação mais mulching de Braquiaria (Tabela 3.3).

Com o maior número de espécies, o tratamento 4 primeira safra se destaca pela alta frequência de *C. rotundus* (321 plantas), *S. pterosperma* (89 plantas), *C. didymus* (79 plantas), *Amanrathus* spp (73 plantas) e *Eleusine indica* (38 plantas). No segundo cultivo ocorreu também *G. coarctatum* (55 plantas), *P. hysterothorus* (25 plantas) e *A. tenella* (26 plantas) (Tabela 3.3).

Deste modo com base nos estudos de Riva et al. (2023), foi observado que as espécies *Oxalis latifolia*, *Coronopus didymus* e *Amaranthus hybridus* causaram os maiores danos devido à densidade de infestação, essa condição resultou em uma significativa redução de até 50% na área foliar e no número de folhas por planta de alface. Estes impactos destacam a influência negativa dessas espécies no desenvolvimento das plantas estudadas.

Tabela 3.3. Densidade populacional de plantas daninhas após a 1ª. safra e após 2ª safra.

Tratamento	1ª. Colheita	2ª. Colheita
	Média N de Plantas	Média N de Plantas
Tratamento 1	21,25 A	26,75 AB
Tratamento 2	55,25 B	37,25 AB
Tratamento 3	8,00 A	11,75 A
Tratamento 4	90,00 C	43,50 B
CV (%)	32,28	45,79

Dados: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de Variação.

3.4. CONCLUSÕES GERAIS

Em conclusão, o manejo feito com incorporação e mulching de Braquiaria influenciou positivamente a quantidade de matéria seca da parte aérea em relação a testemunha e também propiciou estabilidade para a massa seca da raiz, garantiu maior estabilidade da temperatura do solo, maior quantidade de Potássio, maior CBMS e reduziu a densidade populacional de plantas daninhas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, T. DOS S. et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, p. 341–347, jun. 2011.
- ANJOS, J. C. R. DOS et al. Armazenamento de água em Plintossolo Argilúvico cultivado com cana-de-açúcar sob níveis de palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 464–473, jun. 2017.
- AQUINO, C. R. DE et al. Produção e tolerância ao pendoamento de alface-romana em diferentes ambientes. **Revista Ceres**, v. 61, p. 558–566, ago. 2014.
- ARAÚJO, E. A. DE et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, n. 1, p. 187–206, 26 jul. 2012.
- BARBOSA, J. DE A. et al. Manejo da mucuna-preta na supressão de plantas daninhas na cultura da alface-crespa. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 2, p. 13–18, 5 jul. 2018.
- BARROS, J. A. S.; CAVALCANTE, M. O uso do Mulching no cultivo de alface: uma Revisão de Literatura. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 4, p. 3796–3810, 2021.
- BERNARDES, L. F. [UNESP. **Semeadura de capim braquiária em pós-emergência da cultura do milho para obtenção de cobertura morta em sistema de plantio direto**. Jaboticabal - SP: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 23 jun. 2003.
- BESTER, A. U. et al. **Influências da cobertura do solo em alface (*Lactuca sativa* L.) produzida em sistema de base agroecológica**. Cadernos de Agroecologia. **Anais...** Em: ANAIS DO XI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA. São Cristóvão, Sergipe: 13 set. 2020. Disponível em: <<https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/4296>>. Acesso em: 12 ago. 2024
- BONETT, L. P. et al. Produtividade da alface cv. Isabela® sob aplicação de fertilizantes líquidos. **Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215**, v. 15, n. 4, p. 74–81, 13 ago. 2019.
- BOTELHO, G. R.; BRASIL, M. DA S. Rizobactérias: uma visão geral da importância para plantas e agrossistemas. **AMBIENTES EM MOVIMENTO**, v. 3, n. 1, p. 22 a 46–22 46, 24 ago. 2023.
- CAMARGO, L. A. A.; MARTINEZ, A. L. A. Cobertura morta no manejo de plantas daninhas em alface. **Global Science & Technology**, v. 13, n. 1, 2020.
- CAROTTI, L. et al. Plant Factories Are Heating Up: Hunting for the Best Combination of Light Intensity, Air Temperature and Root-Zone Temperature in Lettuce Production. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 592171, 28 jan. 2021.
- CARVALHO, J. E. B. **Manejo de solo de tabuleiros costeiros visando maior armazenamento de água**. Anais do VII Simpósio do Papaya Brasileiro. **Anais...** Em: VII SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO PRODUÇÃO E SUSTENTABILIDADE HÍDRICA. Vitória-ES: Papaya Brasil, 2018. Disponível em:

<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1095674/1/TEXTOPALESTRAPA PAYABRASIL2018.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2024

CAVALCANTE, F. G. et al. Grupos Funcionais do Solo: Papel das Comunidades Microbianas Especializadas na Ciclagem de Nutrientes e Sensores de Distúrbios Ambientais. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 15, n. 9, p. 8676–8698, 14 set. 2023.

CORTEZ, J. W. et al. Umidade e temperatura de argissolo amarelo em sistemas de preparo e estádios de desenvolvimento do milho. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 699–710, ago. 2015.

DIAS, M. B. DE C. **Forrageiras dos gêneros *Braquiaria* e *Panicum maximum* na integração lavoura-pecuária**. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias - Agronomia)—Campus Rio Verde: Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2020.

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L. DE; GUARÇONI, R. G. Efeitos múltiplos da cobertura morta do solo em cultivo orgânico de cenoura. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 7, n. 2, p. 24–30, 28 jun. 2017.

FERRAZZA, S. R. et al. Cultivo de alface americana com o uso de biofertilizantes sobre coberturas vegetais. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 28, n. 1, p. 138–143, 4 jun. 2024.

FERREIRA, E. A. B. et al. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1625–1635, dez. 2007.

FERREIRA, I. C. P. V. et al. Cobertura morta e adubação orgânica na produção de alface e supressão de plantas daninhas. **Revista Ceres**, v. 60, p. 582–588, ago. 2013.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa-MG, Brasil: Ed. UFV, 2008.

FU, X. et al. Increasing temperature can modify the effect of straw mulching on soil C fractions, soil respiration, and microbial community composition. **PLOS ONE**, v. 15, n. 8, p. e0237245, 11 ago. 2020.

GAO, X. et al. A novel fungal agent for straw returning to enhance straw decomposition and nutrients release. **Environmental Technology & Innovation**, v. 30, p. 103064, 1 maio 2023.

GASPARIM, E. et al. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 1, p. 107–115, 11 abr. 2005.

GASTL FILHO, J. et al. Desempenho agrônomo de alface orgânica em função da cobertura do solo. **Revista Agroecossistemas**, v. 12, n. 2, p. 51–68, 9 fev. 2021.

GHESHM, R.; BROWN, R. N. The Effects of Black and White Plastic Mulch on Soil Temperature and Yield of Crisphead Lettuce in Southern New England. **HortTechnology**, v. 30, n. 6, p. 781–788, dez. 2020.

GIANCOTTI, P. R. F.; MACHADO, M. H.; YAMAUTI, M. S. Período total de prevenção a interferência das plantas daninhas na cultura da alface cultivar Solaris. **Semina: Ciências**

Agrária, v. 31, p. 1299–1304, 2010.

GOI, S. R.; SOUZA, F. A. DE. Diversidade de microrganismos do solo. **Floresta e Ambiente**, v. 13, p. 46–65, 30 out. 2023.

GONZÁLEZ-GARCÍA, M. P. et al. Temperature changes in the root ecosystem affect plant functionality. **Plant Communications**, v. 4, n. 3, 2023.

HARA, A. et al. Estrutura espacial do armazenamento de água no solo na presença de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 2, p. 3358–3368, 27 maio 2019.

HASANUZZAMAN, M. et al. Physiological, Biochemical, and Molecular Mechanisms of Heat Stress Tolerance in Plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, n. 5, p. 9643–9684, maio 2013.

HASEGAWA, M. M. et al. Avaliação da produção de alface (*Lactuca sativa* L.) sob distintos sistemas de irrigação utilizando energia fotovoltaica. **Revista Técnico-Científica**, n. 32, 2023.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. A. Tipos de alface cultivados no Brasil. **Embrapa Hortaliças- Comunicação Técnica 75**, p. 1–7, 2009.

HIRATA, A. C. S. et al. Cultivares de Couve-Flor Associados a Palha de *Urochloa decumbens* no Manejo Integrado de Plantas Daninhas. **Planta Daninha**, v. 37, p. e019212770, 4 nov. 2019.

LEMOS FILHO, L. C. DE A.; BASSOI, L. H.; FARIA, M. A. DE. Variabilidade espacial e estabilidade temporal do armazenamento de água em solo arenoso cultivado com videiras irrigadas. 2016.

LEVIDOW, L. et al. Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices. **Agricultural Water Management**, v. 146, p. 84–94, dez. 2014.

LIU, Y. et al. Plastic mulch debris in rhizosphere: Interactions with soil-microbe-plant systems. **Science of The Total Environment**, v. 807, p. 151435, 10 fev. 2022.

LOPES, H. S. S. et al. Biomassa microbiana e matéria orgânica em solo de Caatinga, cultivado com melão na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ceres**, v. 59, p. 565–570, ago. 2012.

LOPES, P. R. et al. Uma análise as consequências da cafeicultura convencional e as opções de modelos sustentáveis de produção–agricultura orgânica e agroflorestal. **REDD–Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, v. 8, n. 1, p. 1–38, 2014.

MALDONADE, I. R. et al. **Manual de boas práticas agrícolas na produção de alface**. Documentos 142 ed. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2014.

MENESES, N. B. et al. Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo. **REVISTA AGRO@MBIENTE ON-LINE**, v. 10, n. 2, p. 123, 19 jul. 2016.

- MKHABELA, K. T.; DLAMINI, M. V.; MANYATSI, A. M. The effect of mulching on soil moisture retention and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Intl. J. Environ. Agr. Res.**, v. 5, n. 9, p. 59, 2019.
- MONTEIRO NETO, J. L. L. et al. Tipos de coberturas de solo no cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) sob as condições climáticas de Boa Vista, Roraima. **Boletim do Museu Integrado de Roraima (Online)**, v. 8, n. 02, p. 47–52, 2014.
- MONTENEGRO, A. A. A. et al. Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall. **CATENA**, v. 109, p. 139–149, 1 out. 2013.
- NASCIMENTO, A. S. D. et al. Desempenho produtivo e bioquímico de alface crespa sob diferentes ambientes de cultivo. **Scientia Plena**, v. 17, n. 11, 11 dez. 2021.
- NASSER, M. D. et al. Termofosfato e Cobertura Morta na Produtividade e Qualidade de Frutíferas Cultivadas na Alta Paulista. **Revista Internacional de Ciências**, v. 11, n. 3, p. 334–345, 4 jan. 2022.
- NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A. Estratégias agroecológicas para incrementar la resiliencia. **Rev. Agroecología Leisa**, v. 28, n. 2, p. 14–17, 2012.
- OLIVEIRA, D. DE; BORROZZINO, E. Temperatura do solo sob três condições de cobertura em Londrina, Paranavaí e Guarapuava, no estado do Paraná. **Agrometeoros**, v. 26, n. 1, 21 dez. 2018.
- OLIVEIRA, K. C. L. DE et al. Biological Management of *Pratylenchus brachyurus* in Soybean Crops. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 041–051, mar. 2019.
- OLIVEIRA, J. S. et al. Avaliação de extratos das espécies *Helianthus annuus*, *Braquiariabrizanthae* *Sorghum bicolor* com potencial alelopático para uso como herbicida natural. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v. 17, n. 3, p. 379–384, set. 2015.
- OLIVEIRA, M. W. **Produtividade e partição da matéria seca em dois híbridos de milho, na segunda safra**. Anais Congresso Internacional da Agroindústria. **Anais...Recife**, PE: 2020.
- ONWUKA, B.; MANG, B. Effects of soil temperature on some soil properties and plant growth. **Adv. Plants Agric. Res.**, v. 8, n. 1, p. 34–37, 2018.
- PUTTI, F. F. **Análise dos indicadores biométricos e nutricionais da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) irrigada com água tratada magneticamente utilizando modelagem fuzzy**. Tese (Dourado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)—Botucatu, SP: Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp – Campus de Botucatu, 2015.
- QI, Y. et al. Effects of plastic mulch film residues on wheat rhizosphere and soil properties. **Journal of Hazardous Materials**, v. 387, p. 121711, 5 abr. 2020.
- R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. [s.l.] R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2023.
- RAIESI, F.; BEHESHTI, A. Soil C turnover, microbial biomass and respiration, and enzymatic activities following rangeland conversion to wheat–alfalfa cropping in a semi-arid

- climate. **Environmental Earth Sciences**, v. 72, n. 12, p. 5073–5088, 1 dez. 2014.
- RESENDE, F. V. et al. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 100–105, fev. 2005.
- RESENDE, R. S. et al. Efeito da cobertura morta no padrão de distribuição de água em microaspersão. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 9, n. 5, p. 278–286, 30 out. 2015.
- RIBAS, G. G. et al. Temperatura do solo afetada pela irrigação e por diferentes coberturas. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 817–828, out. 2015.
- RICHARDSON, A. E. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. **Functional Plant Biology**, v. 28, n. 9, p. 897–906, 2001.
- RIVA, N. B. DA et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da alface. **Horticultura Brasileira**, v. 41, p. e2566, 30 jun. 2023.
- ROCHA, A. F. B. et al. Indicadores de Qualidade do Solo em Sistemas Agroecológicos no Cerrado Mineiro. **Sociedade & Natureza**, v. 34, p. e62940, 22 abr. 2022.
- RODRIGUES, G. A. et al. Oscilações da temperatura do solo em função de quantidades de palha e horários ao longo do dia. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 1, p. 293–304, 2018.
- SABRI, N. S. A. et al. Importance of Soil Temperature for the Growth of Temperate Crops under a Tropical Climate and Functional Role of Soil Microbial Diversity. **Microbes and Environments**, v. 33, n. 2, p. 144–150, 2018.
- SANTOS, D. DE F. et al. Potassium cycling by *Braquiaria decumbens*, used as a ground cover plant. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 11, p. 19962–19979, 14 nov. 2023.
- SANTOS, C. L. DOS et al. Desempenho de cultivares de alface tipo crespa sob altas temperaturas em Cáceres-MT. **Agrarian**, v. 2, n. 3, p. 87–98, 2009.
- SANTOS, J. O. et al. A evolução da agricultura orgânica. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 35–41, 2013.
- SEABRA JUNIOR, S. et al. Cultivo de alface em Cáceres MT: perspectivas e desafios. **Revista Conexão UEPG**, v. 8, n. 1, p. 130–137, 2012.
- SENA, E. O. L. P. et al. Concentração dos nutrientes e temperatura como fatores limitantes no cultivo hidropônico. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 21, n. 10, p. 15418–15440, 5 out. 2023.
- SHA'ARANI, S. et al. **A Soil-cooling Approach Supporting the Growth of Temperate Root Crops under a Tropical Climate**. Japanese Society for Tropical Agriculture, , 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.11248/jsta.65.146>>. Acesso em: 12 ago. 2024
- SHIMIZU, G. D. et al. Alterações químicas e microbiológicas do solo mediada por diferentes coberturas vegetais em pomar de laranja 'Natal'. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 43, n. 1,

p. 331–350, 10 jan. 2022.

SIQUEIRA, G. M.; VIEIRA, S. R.; CAMARGO, M. B. P. DE. Spatial variability of water storage and daily average water loss on a cultivated soil under no tillage in Campinas, São Paulo State. **Bragantia**, v. 67, p. 213–223, 2008.

SOUZA FILHO, A. P. DA S. Biodefensivos: Alternativa aos Herbicidas. Em: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. DE O. (Eds.). **Recurso solo - propriedades e usos**. 1ª ed. ed. São Carlos - SP: Editora Cubo, 2015. p. 751–762.

SOUZA, L. S. et al. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Braquiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Planta Daninha**, v. 24, p. 657–668, dez. 2006.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. Microbial biomass measurements in forest soils: Determination of *kC* values and tests of hypotheses to explain the failure of the chloroform fumigation-incubation method in acid soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 689–696, 1 jan. 1987.

VIEIRA, F. F. et al. Temperatura e umidade do solo em função do uso de cobertura morta no cultivo de milho. **Científica**, v. 48, n. 3, p. 188–199, 8 set. 2020.

VILELA, G. F. et al. **Agricultura orgânica no Brasil: um estudo sobre o Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos**. [s.l.] Campinas, SP: Embrapa Territorial, 2019., 2019.

WANG, Y. et al. Mulching practices alter soil microbial functional diversity and benefit to soil quality in orchards on the Loess Plateau. **Journal of Environmental Management**, v. 271, p. 110985, 1 out. 2020.

ZIECH, A. R. D. et al. 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, set. 2014.